3e JAARGANG
NUMMER 8

AUGUSTUS
1936

DE INGENIEUR 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.

Commissie van Toezicht:
jhr. ir. H. S. van Lennep,
ir. Ch. F. van Haeften,
P. J. Graaff.

Commissie van Redactie:
Voorzitter: prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh;
Leden: ir. E. E. Hens,
dr. ir. Tan Sin Hok.

Prijs per jaargang: *f* 20,— Afzonderlijke nummers: *f* 2,—
Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Hoogeschoolweg 3, Bandoeng.
Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng.
Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum.

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Continue invloedsstangenveelhoeken voor het moment en de dwarskracht bij portaalsystemen, door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh. — Theorie der plaatselijke plastische vormveranderingen in dikke stalen staven, door prof. ir. P. P. Bijlaard. — Over de toepassing van hooge vakwerken, door ir. W. J. van der Eb. — *Berichten van allerlei aard:* Normalisatie. — *Boekbespreking.* — *Personalia.* — *Kon. Instituut van Ingenieurs:* Bestuursmededeelingen.

Continue invloedsstangenveelhoeken voor het moment en de dwarskracht bij portaalsystemen

door

prof. ir. C. G. J. VREEDENBURGH.

Door de invloedsstangenveelhoeken in continuen vorm te beschouwen, kan hun constructie *belangrijk worden vereenvoudigd.*

Tevens volgt hieruit een eenvoudig grafostatisch bewijs voor de juistheid der constructie van het momentenverloop in een veld met behulp der vaste punten, bij toepassing van een fictieve moment- c.q. dwarskracht-verbinding, zooals dit is uiteengezet in het artikel: „Bepaling van invloedsstangenveelhoeken voor portaalsystemen", voorkomende in dit tijdschrift No. 10 — 1935.

In het opstel van schrijver dezes, voorkomende in dit tijdschrift No. 10 — 1935, (lit. 3) [1]) werd uiteengezet, hoe invloedsstangenveelhoeken voor het moment en de dwarskracht in een veld van een portaalsysteem kunnen worden geteekend met behulp van een fictieve moment (scharnier)-verbinding c.q. een dwarskracht (glijd)-verbinding.

De hierbij verkregen invloedsstangenveelhoeken zijn *niet continue,* zooals b.v. uit de *figuren 7* en *17* van genoemd artikel kan blijken.

Een *continue* invloedsstangenveelhoek voor het *moment* in doorsnede *S* van het portaal *ABCD — EFG* volgens *fig. 1* kan op de volgende wijze worden verkregen.

Men geve het linker gedeelte *AS* van het portaal, inclusief de stijlen *AE* en *BF,* eerst een initiale oneindig kleine draaiing $\delta\varphi$ en passe dan het beginsel van den virtueelen arbeid toe, echter zoodanig dat *de hoekverdraaiing* $\delta\varphi$ *weer wordt opgeheven,* de bovenregel dus weer een continue verloop heeft gekregen. Dan geldt ook hier:

$$M = P \cdot \frac{\delta y}{\delta \varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

waarbij δy de verticale verplaatsing is van den bovenregel (lit. 2). Daar in de grafostatica het beginsel van superpositie exact is vervuld, verandert de waarde van het differentiaalquotiënt $\frac{\delta y}{\delta \varphi}$ niet, wanneer men het portaal in plaats van de oneindig kleine draaiing $\delta\varphi$ een eindige hoek φ laat knikken, mits men dezen hoek slechts meet door zijn orthogonale waarde.

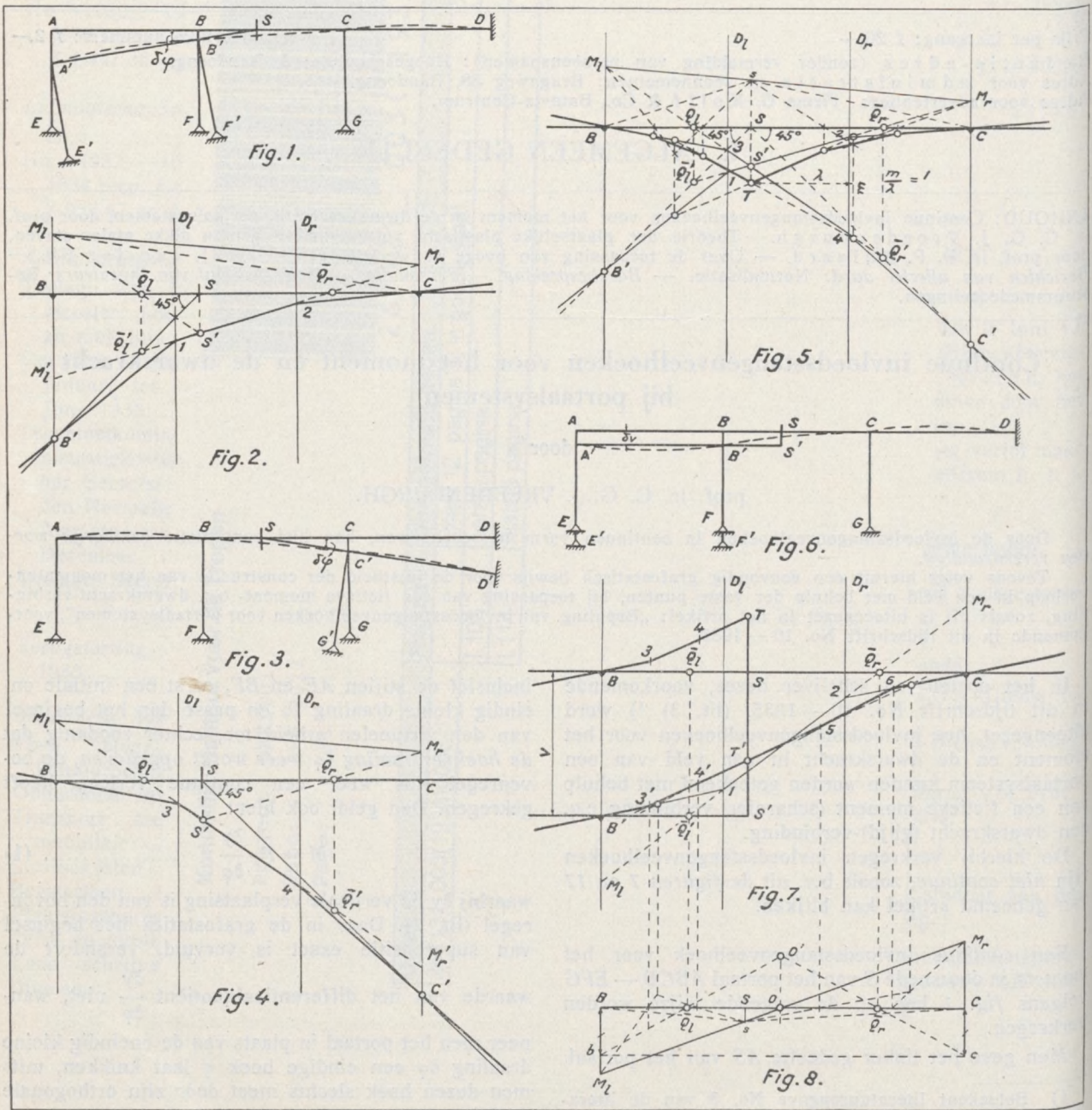
1) Beteekent literatuuropgave No. 3 van de literatuurlijst achterin.

In *fig. 2* is alleen het middelste veld *BC* van het portaal voorgesteld met een eindige hoekverdraaiing van 45°, waarvan de orthogonale waarde in dit geval blijkbaar gelijk is aan 1. De vaste punten van het oorspronkelijk veld *BC* zijn resp. $\bar{Q}_l$ en $\bar{Q}_r$. Construeert men nu op de gewone wijze (lit. 1) de vaste punten van het gedraaid linker gedeelte *A'S* van het portaal, dan zal men gemakkelijk vinden, dat het linker vast punt $\bar{Q}'_l$ van het geknikte veld *B'SC, op B'S komt te liggen verticaal onder* $\bar{Q}_l$. Wanneer de knik in den bovenregel door de beide in *S* werkende momenten is opgeheven, is de elastische stangenveelhoek voor veld *B'C* nu gemakkelijk te teekenen. Immers geldt dat in een onbelast veld van een continuën ligger, de middelste stang van den elastischen stangenveelhoek steeds gaat door de beide vaste punten van het veld (verg. b.v. de *figuren 2* t.m. *5* van lit. 3).

Alzoo valt in fig. 2 de stang 1 — 2 langs de verbindingslijn der vaste punten $\bar{Q}'_l$ *en* $\bar{Q}_r$ *van het geknikte portaal.* De elastische stangenveelhoek van het middelste veld wordt dus *B'12C*.

Het is duidelijk, dat de verhouding der momenten links en rechts van het veld wordt gegeven door de verhouding der stukken $B'M'_l$ en CM_r.

Neemt men op stang 1 —2 het punt *S'* verticaal onder *S* en trekt men $S'\bar{Q}_l$, die de verticaal door *B* in M_l snijdt, dan is blijkbaar $BM_l = B'M'_l$, zoodat het trapezium BM_lM_rC op een bepaalde schaal voorstelt het momentenverloop in veld *B'C*, dus ook het momentenverloop in *BC*, wanneer in het niet geknikte portaal in *S* een scharnier (momentenverbinding)



wordt aangebracht met twee momenten M (*fig. 1b* in lit. 2).

In de lijnen $S'\overline{Q}_l M_l$ en $S'Q_r M_r$ herkent men de constructielijnen volgens de *figuren 9* en *10* van meergenoemd artikel in *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 10 — 1935. Het hier gegeven bewijs van de juistheid der constructie is echter heel wat eenvoudiger!

Natuurlijk is het ook mogelijk, de initiale knik voor het verkrijgen van een continuen elastischen stangenveelhoek, aan te brengen als in *fig. 3* is aangegeven, waarbij het rechter gedeelte SCD met de stijl CG is gedraaid. De hierbij behoorende elastische stangenveelhoek is in *fig. 4* geteekend. Waar hoek φ hier eveneens 45° is gekozen, wordt het momententrapezium $BM_l M_r C$ dus op dezelfde schaal gevonden als in *fig. 2*.

In *fig. 5* zijn de elastische stangenveelhoeken volgens *fig. 2* en *fig. 4* op elkaar gesuperponeerd, terwijl voor beide stangenveelhoeken het juiste punt T der elastische lijn verticaal onder S is geconstrueerd, door het momententrapezium onder te verdeelen in $SBM_l s$ en $SCM_r s$.

Men kan nu om practische redenen, van ieder der beide elastische stangenveelhoeken in *fig. 5*, alleen het gedeelte gebruiken, behoorende bij het horizontaal gebleven deel van den bovenregel van het portaal. Na onderverdeeling van de trapezia $SBM_l s$ en $SCM_r s$ in driehoeken krijgt men dan de met een dikkere lijn getrokken takken BT en TC. Ongetwijfeld is deze constructie eenvoudiger dan die volgens *fig. 7* van lit. 3, doordat de bepaling der secundaire vaste punten $\overline{V}_l$ en $\overline{V}_r$ achterwege kan blijven evenals de berekening der stukken door de stangen van verschillende verticalen afgesneden. Verder wordt nog het voordeel verkregen, dat de invloedsstangenveelhoek *dadelijk kan worden gevonden met een vooraf gewenschte orthogonale waarde van* φ *m.a.w. op een vooraf gewenschte schaal.*

Daar in de *figuren 2* en *4* de orthogonale waarde van φ gelijk 1 werd gekozen, heeft men dus ook in *fig. 5*, dat $\frac{m}{\lambda} = 1$ en geldt voor de invloeds*lijn* eenvoudig:

$$M = P \cdot y \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Ook voor de bepaling van den invloedsstangenveelhoek voor de *dwarskracht* in een veld, geeft de continue stangenveelhoek vereenvoudiging.

Vooraf dient te worden opgemerkt, dat de dwarskracht in de doorsnede S van het portaal volgens *fig. 6*, ook op eenvoudige wijze kan worden afgeleid uit de *som van de verticale componenten* E_v *en* F_v *der scharnier-reacties* E *en* F.

Immers bevindt de last P zich rechts van S, dan is $D = E_v + F_v$ en is de last P links van S gekomen dan is $D = E_v + F_v - P$. Nu kan de invloedslijn voor $E_v + F_v$ worden gevonden, door de steunpunten E en F *beide* een *zelfde* oneindig kleine verticale verplaatsing δv, b.v. naar beneden, te geven (lit. 2). Men heeft dan:

$$E_v + F_v = P \cdot \frac{\delta y}{\delta v} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

waarbij δy weer is de bijbehoorende verticale verplaatsing van den bovenregel.

Ook hier verandert de waarde van het differentiaalquotiënt niet, wanneer men de steunpunten een *eindige* verticale verplaatsing y geeft, mits men de zakkingen y slechts grafostatisch bepaalt.

Alzoo kan de invloedslijn voor $E_v + F_v$ worden verkregen, door de elastische lijn te construeeren voor den bovenregel, wanneer de scharnieren E en F beide een willekeurig, doch zelfde bedrag v te laag zijn gelegen.

De elastische stangenveelhoek voor het middelste veld BC is in *fig. 7* geteekend. Bepaalt men het linker vaste punt $\overline{Q}'_l$ van het veld $B'C$, dan vindt men dat dit op de horizontale lijn door B' is gelegen, verticaal onder het vaste punt Q_l van het oorspronkelijk veld BC. De middelste stang 1 — 2 is dan dadelijk te teekenen, omdat deze ook weer langs de verbindingslijn $\overline{Q}'_l Q_r$ moet vallen, waarna de invloedsstangenveelhoek $B'12C$ bekend is. De invloedsstangenveelhoek voor de dwarskracht in S kan dan onmiddellijk worden gevonden, door de sluitlijn $B'S'SC$ te trekken met een sprong volgens $S'S$.

De verhouding der momenten links en rechts van het veld $B'C$ wordt, zooals men dadelijk zal inzien, afgezien van het teeken gegeven door:

$$\frac{B'M_l}{CM_r} = \frac{B\overline{Q}_l}{CQ_r}$$

In *fig. 8* is het momentenverloop geteekend, waarbij in O een momentnulpunt optreedt. De ligging hiervan wordt blijkbaar bepaald door de verhouding:

$$\frac{BO}{CO} = \frac{BM_l}{CM_r} = \frac{B'M_l}{CM_r} = \frac{B\overline{Q}_l}{CQ_r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Hiermede is tevens de constructie bewezen, volgens *fig. 9* van lit. 3 voor het verkrijgen van het momentnulpunt bij toepassing van een dwarskrachtverbinding. Men ziet n.l. dadelijk in, dat door het trekken der constructielijnen bQ_l en cQ_r in *fig. 8*, waarbij $Bb = Cc$ en door projectie van het snijpunt O' op BC, voor $\frac{BO}{CO}$ de juiste verhouding volgens (4) wordt verkregen.

Door onderverdeeling van het momentenvlak eerst in de trapezia $SBM_l s$ en $SCM_r s$ en daarna ieder trapezium weer in twee driehoeken, is in *fig. 7* de stangenveelhoek $B'3'4'T'56C$ verkregen. Verplaatst men de sluitlijn $B'S'$ naar BS, dan krijgt men den invloedsstangenveelhoek, zooals die in *fig. 17* van lit. 3 werd geconstrueerd.

Ook hier geeft de beschouwingswijze met den continuen stangenveelhoek een belangrijke vereenvoudiging, doordat de secundaire vaste punten V_l en $\overline{V}_r$ niet meer behoeven te worden bepaald, terwijl ook de stukken, door de stangen van verschillende verticalen afgesneden, niet meer behoeven te worden berekend. Verder kan de schaal van teekening, welke bepaald wordt door den afstand $v = SS' = TT'$, weer tevoren worden vastgesteld.

In plaats van de boven gegeven beschouwingswijze, kan men natuurlijk ook den continuen invloedsstangenveelhoek voor de dwarskracht ontstaan denken, door een in S aangebrachte dwarskrachtverbinding eerst een bedrag v uit elkaar te schuiven door de scharnieren E en F beide een bedrag v te laten zakken, waarna de doorsneden S en S' door twee krachten weer naar elkaar toe worden gebracht.

Literatuur.

1. Vreedenburgh en Gerrits, „Over de grafische berekening van statisch onbepaalde liggers en portaalsystemen met niet verschuifbare knooppunten, met behulp van den elastischen stangenveelhoek", *De Waterstaats-Ingenieur* No. 3 — 1929.
2. Vreedenburgh, „Bepaling van invloedslijnen met behulp van de methode der fictieve verbindingen", *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 6 — 1934.
3. Vreedenburgh, „Bepaling van invloedsstangenveelhoeken voor portaalsystemen", *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 10 — 1935.

Theorie der plaatselijke plastische vormveranderingen in dikke stalen staven

door

prof. ir. P. P. BIJLAARD.

Uitgaande van de vloeivoorwaarde van den begrensden gedaanteveranderingsarbeid wordt aangetoond, dat bij *dikke* staven *smalle* plaatselijke plastische vervormingen zullen moeten optreden in de vlakken van de maximum schuifspanning, omdat die vlakken ook volgens deze vloeivoorwaarde den minsten weerstand daartegen bezitten. Als de vloeigrens bij zuiveren trek σ_v wordt genoemd, zal daartoe de schuifspanning in die vlakken $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$ moeten bedragen.

De grenskromme der voor plaatselijk vloeien van zgn. dikke staven (of platen) benoodigde hoofdspanningscombinaties is bij vlakke spanningstoestanden een aan de grenskromme van Huber-v. Mises-Hencky omschreven zeshoek (*lijn 1* in *fig. 8*). Uit het verschil tusschen weerstand tegen plaatselijk vloeien (*lijn 1* in *fig. 8*) en gelijkmatig vloeien (*lijn 3* in *fig. 8*) wordt het verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens bij dikke staven verklaard. Voor plaatselijk vloeien van dunne platen geldt gedeeltelijk *lijn 1* en gedeeltelijk *lijn 3*, zooals in *fig. 8* door *lijn 2* is voorgesteld en ook afzonderlijk in *fig. 12* is aangegeven. Deze grenskromme geldt dus bij dunne platen voor de bovenste vloeigrens en waarschijnlijk ook voor de proportionaliteitsgrens. Dit laatste wordt door de in *fig. 12* door cirkeltjes aangegeven proeven van Becker bevestigd.

1. Inleiding.

In verschillende voorafgaande verhandelingen [1]) werd een theorie ontwikkeld voor de plaatselijke plastische vervormingen in stalen platen, waarbij kon worden aangenomen dat ook in de plastische vervormingsstrooken de vlakken evenwijdig aan het breede vlak van de plaat spanningsloos bleven, dus steeds vlakke spanningstoestanden optraden. Deze theorie bleek ook een bruikbaren grondslag te vormen voor het verklaren van verschillende geologische verschijnselen [2]). Hierbij ontstaan b.v. bij een-assigen trek of druk plastische vervormingsstrooken onder 55° met de richting van de trek- of drukkracht.

Nu is het een bekend feit, dat bij ronde of vierkante stalen staven de vloeilijnen, dus de plastische vervormingsstrooken, bij een-assigen trek of druk gelegen zijn in vlakken, die een hoek van ongeveer 45° met de staafas maken, dus ongeveer in de vlakken van de maximum schuifspanning [3]). Men neemt daarom veelal aan dat bij het zgn. „schichtenweisen Flieszen", het plaatselijk vloeien in de vloeilijnen dus, de hypothese der begrensde schuifspanning, die van Coulomb-Mohr-Guest geldig zou zijn, vooral ook omdat door Lode werd gevonden, dat bij uitgegloeid vloeistaal de middelste hoofdspanning in dit gebied vrijwel geen invloed heeft. Hij zegt hierover [4]):

> „Während dieses schichtenweisen Flieszen verhalten die Eisenkörper sich so, als ob ihre Flieszbedingung von der der begrenzten Schubspannung zu der der begrenzten Gestältänderungsenergie heranreifte".

Zou echter voor dit strooksgewijze vloeien werkelijk de max. schuifspanning maatgevend zijn, dan zouden b.v. bij zuivere trekspanning alle onder 45° met de staafas gelegen vlakken in dezelfde conditie zijn. Bij een rechthoekige staaf, waarvan de breedte groot is t.o.v. de dikte, zouden dan op het breede vlak van de staaf de vloeilijnen, zijnde de snijlijnen van de schuifvlakken met dit breede vlak, hoeken met de as moeten maken, die alle mogelijke waarden tusschen 45° en 90° zouden kunnen hebben. In werkelijkheid maken daar echter de vloeilijnen steeds hoeken van ongeveer 55° met de as, hetgeen zooals vroeger werd aangetoond, precies in overeenstem-

1) Bijlaard: *De Ingenieur* Nos. 8 en 37 — 1931 en No. 23 — 1933 (zie ook de bespreking van dit artikel in *Zentralblatt für Mechanik* 1933 S. 202 door Nemenyi) en *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 6 — 1935.

2) Bijlaard: *De Ingenieur* Nos. 11 en 12 — 1935 en Nos. 4 en 7 — 1936.

3) Nadai: Der bildsame Zustand der Werkstoffe. S. 61.

4) Lode: Der Einflusz der mittleren Hauptspannung auf das Flieszen der Metalle. *Forschungsarbeiten V. D. I.* Heft 303.

ming is met hetgeen volgens de hypothese van den begrensden gedaanteveranderingsarbeid, die van Huber-v. Mises-Hencky, te verwachten zou zijn [5]).

Ook zou men bij meegeven in de vlakken der max. schuifspanning verwachten mogen, dat werkelijk een glijding langs deze vlakken plaats vond. Bij meegeven in vlakken loodrecht op het voorvlak *ABCD* of V_z van de in *fig. 1* aangegeven vierkante staaf, zou dan in een plastisch vervormde strook *EFG* ($\beta = 45°$) geen neiging bestaan om in richting *FG*, de Z-richting, korter te worden, immers de in die strook gelegen vlakken zouden over elkaar glijden in de richting *EF* en zouden in de richting *FG* even lang blijven. In werkelijkheid treedt echter wel een verkorting in de richting *FG* op; een doorsnede volgens het vlak V_y ziet er n.l. uit als in *fig. 2* is aangegeven [6]). Deze wijze van vervorming wijst er op, dat geen glijding plaats heeft langs de vlakken der max. schuifspanning, maar dat de plastische vervorming quasi-isotroop geschiedt, waardoor contractie in de richting *FG* ontstaat. Deze quasi-isotrope plastische vervorming wijst er juist op, dat ook bij het plaatselijk vloeien de vloeivoorwaarde van den begrensden gedaanteveranderingsarbeid geldt [7]). Bij mijn proeven met plaatselijk verzwakte stalen platen vond ik trouwens ook, dat de plastische vervormingen vanaf het begin quasi-isotroop geschieden [7]). Voor de geldigheid van de vloeivoorwaarde van den gedaanteveranderingsarbeid bij de eerste plastische vervormingen pleiten ook de proeven van het National Physical Laboratory [8]), waarbij de geldigheid daarvan ook bij vermoeidheidsproeven werd bewezen, immers de vermoeidheidsbreuken zijn een gevolg van kleine plastische vervormingen. Ook Roš constateerde juist in het gebied van de vloeigrens een bijna volkomen overeenstemming met de vloeivoorwaarde van den gedaanteveranderingsarbeid [9]). Een bevredigende verklaring voor de richting der vervormingsstrooken in dikke staven en de verdere daarbij optredende verschijnselen voor het geval, dat de vloeivoorwaarde van den begrensden gedaanteveranderingsarbeid geldig is, ontbreekt echter nog.

2. Verklaring voor de richting der vloeilijnen in dikke staven bij geldigheid van de vloeivoorwaarde van den begrensden gedaanteveranderingsarbeid.

Deze verklaring kan op dezelfde wijze worden gegeven als voor het optreden van de vloeilijnen in dunne platen [10]), zooals reeds vroeger werd medegedeeld [11]). Het zullen n.l. ook hier de vlakken moeten zijn met den minsten weerstand tegen plaatselijke plastische vervorming. Hoewel er volgens de vloeivoorwaarde van Huber-v. Mises-Hencky geen vlakken zijn die, wat de plastische vervorming betreft, een speciale positie innemen, zooals bij de hypothese van Coulomb-Mohr-Guest de vlakken van de maximum schuifspanning, kan toch ook hier worden aangetoond, dat voor bepaalde vlakken de weerstand tegen plaatselijke plastische vervorming een minimum wordt.

Stel dat in een getrokken staaf plaatselijke plastische vervorming optreedt in een vlak *EFG*, V_x genoemd, staande loodrecht op het voorvlak V_z van de staaf, en een willekeurigen hoek β met het normale vlak makend (*fig. 1*). Nu zal niet alleen, zooals bij een dunne plaat, de contractie in de richting *EF* door het aangrenzende niet plastisch vervormde materiaal belemmerd worden, maar ook de contractie in de richting *FG*, althans wanneer de dikte d_v van de vervormingsstrook (nog) klein is t.o.v. de lengten *EF* en *FG*. Voor de vervormingsstrook gelden dus, daar de elastische vormveranderingen tegenover de plastische verwaarloosd mogen worden, bij de in *fig. 1* aangegeven coördinaatassen de voorwaarden:

$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{M} - \frac{\sigma_x}{2 \cdot M} - \frac{\sigma_z}{2 \cdot M} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{M} - \frac{\sigma_x}{2 \cdot M} - \frac{\sigma_y}{2 \cdot M} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

waarin M de gemiddelde modulus der plastische vervorming voorstelt (vroeger E genoemd).

Uit verg. (1) en (2) volgt:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

In *fig. 3* is de spanningstoestand in de vervormingsstrook in het $\sigma - \tau$ diagram door cirkels van Mohr voorgesteld. Alvorens daar belangrijke plastische vervormingen optreden, zal de schuine spanning $\mu = \sqrt{\sigma_x^2 + \tau_x^2}$ (zie ook *fig. 1*) op het plastisch vervormde vlak V_x, waarin σ_x werkt, dus zoover moeten aangroeien, dat aan de vloeivoorwaarde:

$$(\rho_1 - \rho_2)^2 + (\rho_2 - \rho_3)^2 + (\rho_3 - \rho_1)^2 = 2 \cdot \sigma_v^2 \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

voldaan is. Volgens *fig. 3* zijn de hoofdspanningen ρ_1, ρ_2 en ρ_3 uit te drukken in de schuifspanning τ_x op V_x, n.l.:

$$\rho_1 = \sigma_z + \tau_x,\ \rho_2 = \sigma_z - \tau_x,\ \rho_3 = \sigma_z \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

waaruit na invulling in verg. (4) volgt:

$$\tau_x = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Dit kan ook direct worden ingezien, immers van den in *fig. 3* aangegeven spanningstoestand is de deviator precies gelijk aan die voor zuivere schuifspanning, zoodat ook de max. schuifspanning τ_x evenveel zal mogen bedragen als daar, n.l. $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v = 0{,}577 \cdot \sigma_v$.

Alvorens volgens een bepaald vlak V_x plaatselijke plastische vervormingen optreden, zal de schuifspanning τ_x op dat vlak dus moeten aangroeien tot $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$ *en zal de daarop werkende schuine spanning*

---

5) Bijlaard: *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 6 — 1935.

6) Nadai: l.c. Abb. 58a.

7) Bijlaard: *De Ingenieur* No. 23 — 1933.

8) *Engineering* van 12 Juli 1935 p. 44; zie ook noot 22 van mijn artikel in *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 11 — 1935.

9) Roš: Mechanicacongres Zürich. 1926 p. 315.

10) Bijlaard: *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 6 — 1935.

11) Bijlaard: *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 4 — 1936, noot 8.

$\mu = \sqrt{\sigma_x^2 + \tau_x^2}$ *dus moeten aangroeien tot ze één van de lijnen* $\tau = \pm \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$ *bereikt. Deze lijnen vormen dus de grenskromme voor* μ. *Voor den zich daarbij in de vervormingsstrook instellenden spanningstoestand raakt de buitenste spanningscirkel aan deze grenskromme in het punt, waar deze door den vector* μ *gesneden wordt, terwijl de middelste hoofdspanning het gemiddelde is van de beide uiterste (fig. 3).*

Daar het er niet op aan komt of de schuine spanning μ *ontstaat als gevolg van een zuiveren trek in de staaf, zooals in fig. 1 is verondersteld, dan wel als gevolg van een willekeurigen anderen homogenen spanningstoestand, geldt het bovenstaande algemeen voor elken willekeurigen homogenen spanningstoestand, die oorspronkelijk in de staaf mocht heerschen.*

Ter vergelijking is in *fig. 4* de vroeger [12]) afgeleide grenskromme geteekend, die geldt voor de schuine spanning μ, die op loodrecht op het spanningslooze vlak gelegen doorsneden van door vlakke spanningstoestanden belaste zgn. dunne stalen platen moet werken, alvorens daarin plaatselijke plastische vervormingen optreden, en is tevens de spanningscirkel ρ_1 ρ_2 geteekend van den zich daarbij instellenden vlakken spanningstoestand.

Daar volgens verg. (6) *plaatselijk vloeien volgens een bepaald vlak mogelijk is, als de schuifspanning in dat vlak een bepaalde waarde, n.l.* $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$, *bereikt, spreekt het vanzelf, dat de plaatselijke plastische vervorming zal optreden in de vlakken met de max. schuifspanning, in dezelfde vlakken dus, waarin volgens de hypothese van Coulomb-Mohr-Guest de glijvlakken zouden ontstaan.* Bij zuiveren trek, waarvoor in *fig. 5* de bij de vloeigrens σ_v gelegen spanningscirkel is aangegeven (getrokken), treden dus de plaatselijke vervormingen op in de vlakken V_x en V_y, die een hoek van 45° met het normale vlak maken, waarbij de schuine spanningen μ en μ' dus zullen moeten aangroeien tot de grenskromme $\tau = \pm \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$ en zich in de plastisch vervormde strooken de in *fig. 5* gestippeld geteekende spanningstoestand in zal stellen.

Dat in een op trek belaste dikke staaf de vervormingsvlakken 45° met het normale vlak en met de staafas zullen insluiten, is ook in te zien zonder van de vloeivoorwaarde gebruik te maken. In de richting van de snijlijn tusschen het vervormingsvlak en het normale vlak (in *fig. 1* de *Z*-richting) wordt de contractie in ieder geval belemmerd. Dus $\varepsilon_z = 0$. Als de plastische vervorming in de strook nu verder niet belemmerd werd, zouden ook voor de vervormingsstrook de richtingen *T* en *U* (*fig. 1*) hoofdspanningsrichtingen blijven, waarvoor de plastische rekken ε_t en ε_u genoemd worden. Wegens het constant blijven van het volume bij de plastische vervorming is nu $\varepsilon_t + \varepsilon_u + \varepsilon_z = 0$, zoodat $\varepsilon_u = -\varepsilon_t$.

12) Bijlaard: *De Ingenieur* No. 37 — 1931.

De plastische rek in de richting *EF*, de *Y*-richting, is dan:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_u \cdot \cos^2\beta + \varepsilon_t \cdot \cos^2(90° - \beta) = \varepsilon_t \cdot (\sin^2\beta - \cos^2\beta) \quad \ldots\ldots\ldots\

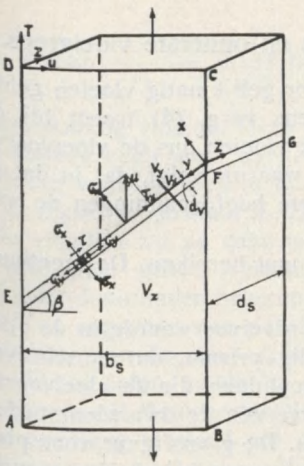


Fig. 1.

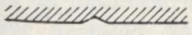


Fig. 2.

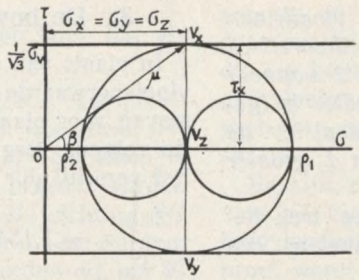


Fig. 3.

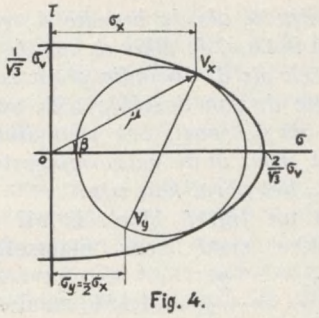


Fig. 4.

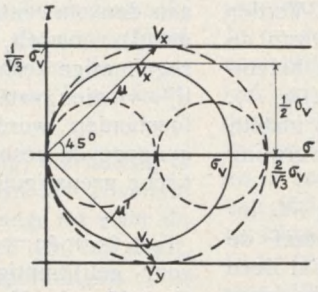


Fig. 5.

Fig. 6.

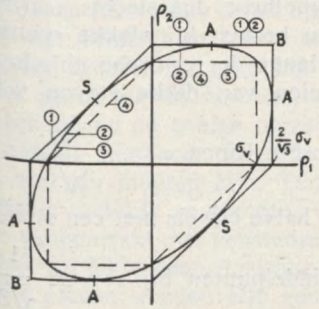


Fig. 8.

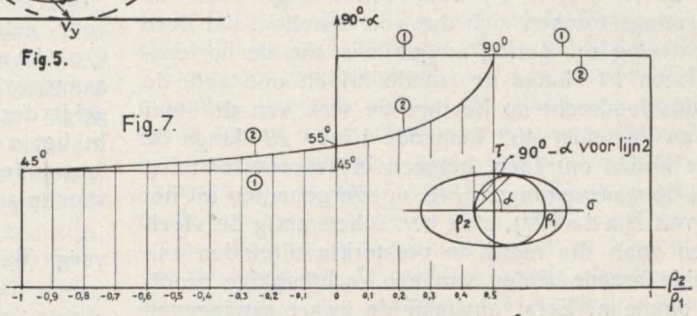


Fig. 7.

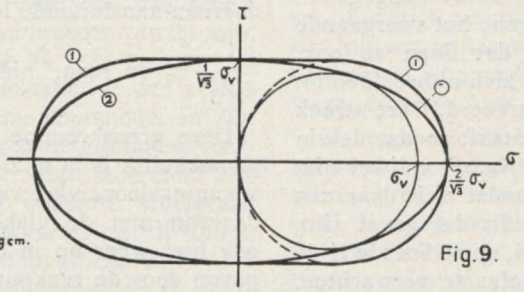


Fig. 9.

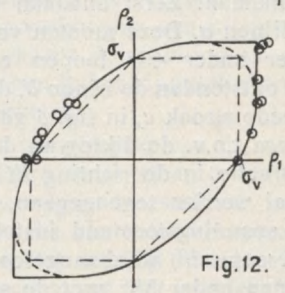


Fig. 12.

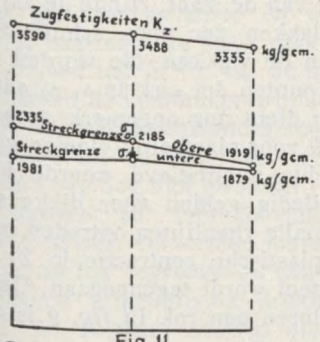


Fig. 11.

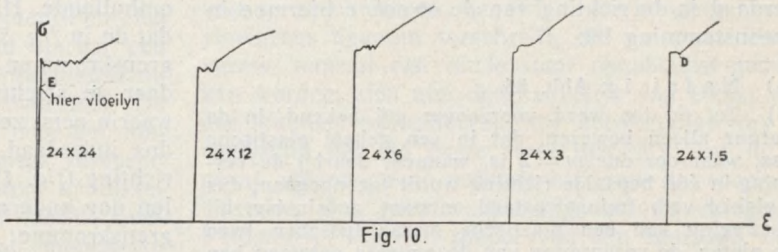


Fig. 10.

Fig. 1 *Op trek belaste dikke staaf met smalle plaatselijke plastische vervormingsstrook.*

Fig. 2 *Doorsnede volgens vlak V_y over de vloeilijn EF.*

Fig. 3 *Grenskromme voor de schuine spanning μ, die in een bepaald vlak benoodigd is voor plaatselijke plastische vervorming van zeer dikke staven, en de zich daarbij in de vervormingsstrook instellende spanningstoestand.*

Fig. 4 *Grenskromme voor de schuine spanning μ, die in loodrecht op het vlak van de plaat gelegen doorsneden benoodigd is voor plaatselijke plastische vervorming van dunne platen, en de spanningscirkel $\rho_1 \rho_2$ van den zich daarbij in de vervormingsstrook instellenden spanningstoestand.*

Fig. 5 *Spanningscirkels voor zuiveren trek bij gelijkmatig vloeien (getrokken) en de zich bij plaatselijke plastische vervorming in de vervormingsstrook instellende spanningstoestand (gestippeld).*

Fig. 6 *De beide breede zijden van een rechthoekige staaf met daarin voorkomende vloeilijnen volgens N a d a i .*

Fig. 7 *Grafische voorstelling van den hoek $90° - \alpha$, die de vervormingsstrooken in het buitenvlak van de plaat bij vlakke spanningstoestanden zullen maken met de richting van de grootste hoofdspanning ρ_1. Lijn 1 geldt voor smalle vloeilijnen in dikke platen, lijn 2 voor vloeilijnen waarvan de breedte grooter is dan de dikte van de plaat, voor zgn. dunne platen.*

Fig. 8 *Grensfiguren der critische hoofdspanningscombinaties $\rho_1 \rho_2$ voor vlakke spanningstoestanden. Lijn 1 geldt voor plaatselijk vloeien bij zgn. dikke staven, lijn 2 voor plaatselijk vloeien bij zgn. dunne platen en lijn 3 voor gelijkmatig vloeien. Lijn 4 stelt de hypothese van M o h r - C o u l o m b - G u e s t voor.*

Fig. 9 *Omhullenden der critische spanningscirkels $\rho_1 \rho_2$. Lijn 1 geldt voor plaatselijk vloeien van zgn. dikke staven, lijn 2 voor plaatselijk vloeien van zgn. dunne platen en voor gelijkmatig vloeien.*

Fig. 10 *Spanning-rek diagrammen voor staven van resp. 24×24, 24×12, 24×6, 24×3 en $24 \times 1{,}5$ mm².*

Fig. 11 *Afhankelijkheid van de hoogte van bovenste en onderste vloeigrens van de doorsnede volgens B a c h .*

Fig. 12 *Grenskromme voor de bij de proportionaliteitsgrens gelegen hoofdspanningscombinaties $\rho_1 \rho_2$ bij vlakke spanningstoestanden. De cirkeltjes geven de door B e c k e r proefondervindelijk bepaalde waarden aan.*

gemeen lijn 1, als de breedte d_v van de vloeilijnen nog klein is t.o.v. de dikte d_s van de plaat (theoretisch zelfs alleen als d_s oneindig groot is), lijn 2 wanneer de breedte d_v van dezelfde orde van grootte is (geworden) als d_s, zooals ook voor dikke platen, b.v. de aardkorst, waar in de vervormingsstrooken d_v grooter is dan d_s, het geval kan zijn.

Zooals uit *fig. 5* bleek is bij een op trek belaste dikke staaf voor plaatselijk vloeien een $\frac{\sigma_v}{\sqrt{3}} : \frac{\sigma_v}{2} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}154$ maal zoo groote trekkracht noodig als voor vloeien als één geheel. Verder volgt uit het voorgaande, dat de verhooging van de benoodigde trekkracht een gevolg is van de belemmering van het vloeien in de richting *FG* (*fig. 1*), terwijl de vervormingsstrook zich vanzelf zoo instelt, dat in de richting *EF* (*fig. 1*) de plastische vervorming niet belemmerd wordt.

Daar alleen de belemmering in de richting *FG* invloed heeft, zullen bij een rechthoekige staaf de vervormingsstrooken zich dus zoo instellen, dat deze belemmering zoo gering mogelijk is, dus de horizontale lijnen *FG* langs de smalle zijden ontstaan, de *Z*-as dus loodrecht op het breede vlak van de staaf staat en de onder 45° loopende lijnen *EF* langs de breede zijden optreden, hetgeen in overeenstemming is met de waarnemingen. *Fig. 6*, overgenomen uit het boek van N a d a i [14]), stelt b.v. schetsmatig de vloeifiguren voor, die nabij de versterkte uiteinden aan de beide breede zijden van een rechthoekige proefstaaf ontstaan. Eerst ontstaan de zwart aangegeven *dunne* lijnen *a*. Deze moeten volgens het voorgaande ongeveer onder 45° loopen en dat doen ze ook. Daarna ontstonden de lijnen *b*, die zich uitbreidden tot een breede strook *c*, in *fig. 6* geharceerd. Deze strook *c* is *breed* t.o.v. de dikte van de staaf, zoodat daarin de contractie in de richting *FG* (*fig. 1*) vrijwel niet meer zal worden tegengegaan, zoodat zich daar een vlakke spanningstoestand instelt. In dat geval zijn, zooals vroeger [10]) werd aangetoond, op de breede zijde vloeilijnen onder 55° met de staafas te verwachten. Inderdaad is de richting van de strook *c* hiermee in overeenstemming [15]).

14) N a d a i: l.c. Abb. 55.

15) Tot nu toe werd, voorzoover mij bekend, in de literatuur alleen bewezen, dat in een geheel plastische massa, waarvoor dus $m = 2$ is, wanneer daarbij de vervorming in één bepaalde richting wordt tegengegaan, dus een vlakke vervormingstoestand ontstaat, zooals b.v. bij de beweging van een plastische massa tusschen twee ruwe platen, de vervorming van deze massa ontstaan kan worden gedacht als een glijding langs de vlakken der maximum schuifspanning, zie:

H e n c k y: Uber einige statisch bestimmte Fälle des Gleichgewichts in plastischen Körpern. *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*. H. 4 — 1923.

N a d a i: Der bildsame Zustand der Werkstoffe. S. 139.

N a d a i: Zur Theorie plastischer Zustände. *Mechanica-congres Stockholm* 1930.

Hieruit volgde echter niet zonder meer, dat de plaatselijke plastische vervormingen in een oorspronkelijk slechts elastisch vervormd lichaam, waarvan de vervorming in geen enkele richting wordt tegengegaan, ook langs de vlakken der maximum schuifspanning moeten optreden. Ook het verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens werd hierbij niet verklaard.

3. De bovenste en onderste vloeigrens.

In plaats van de voor gelijkmatig vloeien geldende vloeivoorwaarde volgens verg. (4) treedt bij dikke staven voor plaatselijk vloeien dus de vloeivoorwaarde volgens verg. (6), waaruit volgt, dat in dat geval het verschil der uiterste hoofdspanningen de waarde $\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v = 1{,}154 \cdot \sigma_v$ moet bereiken. De meetkundige interpretatie van deze vloeivoorwaarde in de $\rho_1\ \rho_2\ \rho_3$ ruimte is een zeszijdig prisma, dat omschreven is aan den omwentelingscylinder, die de vloeivoorwaarde (4) voorstelt, en waarvan de dwarsdoorsnede een regelmatige zeshoek is. De grensfiguur voor plaatselijk vloeien van dikke staven bij vlakke spanningstoestanden wordt volgens verg. (6) de in *fig. 8* aangegeven zeshoek, die omschreven is aan de elliptische grensfiguur:

$$\rho_1^2 + \rho_2^2 - \rho_1 \cdot \rho_2 - \sigma_v^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

voor gelijkmatig vloeien. De grensfiguur volgens C o u l o m b - M o h r - G u e s t is daar gestippeld aangegeven. Voor het „schichtenweisen Fliesen" geldt deze laatste hypothese dus slechts *schijnbaar*. In het $\sigma - \tau$ diagram bestaat bij vlakke spanningstoestanden de omhullende der critische cirkels $\rho_1\ \rho_2$ voor plaatselijk vloeien van dikke staven volgens verg. (6) uit twee rechte lijnen $\tau = \pm \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$ met daaraan aansluitende halve cirkels met een straal van $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$ en resp. middelpunten bij $\sigma = \pm \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$.

Deze grenskromme is in *fig. 9* geteekend. Zooals gemakkelijk is in te zien, treden de vloeilijnen in het spanningslooze vlak van de staaf, zijnde de snijlijnen daarvan met de vlakken der max. schuifspanning, ook hier weer op in de vlakken, die worden aangegeven door de raakpunten der cirkels $\rho_1\ \rho_2$ aan deze omhullende. Hierbij dient nog opgemerkt te worden, dat de in *fig. 8* en *9* voor plaatselijk vloeien gegeven grenskrommen slechts qualitatieve waarde hebben, daar ze slechts volledig gelden voor dikke staven, waarin eerst zeer smalle vloeilijnen optreden, waarbij dus inderdaad de plastische contractie in *Z*- en *Y*-richting (*fig. 1*) geheel wordt tegengegaan. Ook spelen nog andere factoren een rol. In *fig. 9* is ook de grenskromme:

$$3 \cdot \sigma^2 + 12 \cdot \tau^2 - 4 \cdot \sigma_v^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

van de cirkels $\rho_1\ \rho_2$ voor gelijkmatig vloeien aangegeven. In *fig. 9* is de grenskromme voor gelijkmatig vloeien tevens de grenskromme, die voor plaatselijk vloeien in dunne platen geldt. In *fig. 8* geldt echter voor plaatselijk vloeien in dunne platen (zie *noot 13*) over de gedeelten *ASA* de ellips en over de gedeelten *ABA* de omgeschreven zeshoek.

Uit *fig. 8* en ook uit *fig. 9*, waar de getrokken cirkel geldt voor zuiveren trek bij gelijkmatig vloeien en de gestippelde voor plaatselijk vloeien bij dikke staven, blijkt, dat bij zuiveren trek de vloeigrens voor plaat-

selijk vloeien $\frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}154$ maal zoo hoog ligt als voor gelijkmatig vloeien. Deze vloeigrens voor plaatselijk vloeien geldt meer bepaald voor het geval, dat de breedte van de vloeilijn d_v (*fig. 1*) zeer klein is t.o.v. de dikte van de staaf d_s. Bij het breeder worden van de vloeilijn zal de contractie in de richting *FG* daar niet meer geheel verhinderd kunnen worden, het vloeien dus minder belemmerd worden en, als de breedte d_v ongeveer van dezelfde orde van grootte als de dikte van de staaf d_s wordt, zal de spanning σ_z tot bij nul dalen, zoodat in de vervormingsstrook, die zich vanzelf flauwer instelt (*fig. 6*), een vrijwel vlakke spanningstoestand zal optreden en de vloeigrens, zoolang nog geen „Verfestigung" optreedt, weer tot bij σ_v zal dalen.

Het is nu duidelijk, dat de spanning, die noodig is voor het *ontstaan* van een vloeilijn, de *bovenste vloeigrens* voorstelt, en dat de spanning, tot waar de vloeispanning bij het verder uitbreiden daarvan daalt, de *onderste vloeigrens* is. Daar de spanningen σ_z in dikte richting, waardoor het vloeien belemmerd wordt, [16]) grooter zullen zijn naarmate de staafdikte d_s grooter is (t.o.v. d_v), is het duidelijk, dat bij dikke staven het verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens grooter zal zijn dan bij dunnere, terwijl bij zeer dunne staven, als tenminste het hier geschetste mechanisme de eenige oorzaak daarvan zou zijn, het verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens nul zou moeten zijn. Teneinde een en ander proefondervindelijk te toetsen, werd een stel proefstaven aangemaakt met constante breedte van 24 mm, waarvan de dikte resp. bedroeg 24, 12, 6, 3 en 1,5 mm. De staven werden alle gemaakt uit een zelfde staaf vloeistaal met kwadratische doorsnede. In *fig. 10* zijn de verkregen spanning-rek diagrammen voorgesteld, waaruit duidelijk blijkt, dat inderdaad het verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens grooter is naarmate de staaf dikker is en bij dunne staven vrijwel nul is [17]). Bij de staaf van 24 × 1,5 mm² ontstond de spanningsvermindering bij *D*, doordat twee op eenigen afstand gelegen vloeilijnen zich verbreedden tot daartusschen tenslotte slechts een dunne dam van nog niet plastisch vervormd materiaal, onder ongeveer 55° met de staafas, overbleef. De door het plastisch vervormde materiaal door het contraheeren op het begrenzende nog elastisch vervormde materiaal uitgeoefende drukkrachten in dikterichting van de staaf werden hierdoor slechts over een kleine doorsnede verdeeld, zoodat belangrijke drukspanningen in dikterichting ontstonden, waardoor volgens de vloeivoorwaarde van den begrensden gedaanteveranderingsarbeid — trouwens ook volgens die der begrensde schuifspanning — de weerstand tegen vloeien werd verlaagd. Hier was dus wel van een verlaging, maar niet van een verhooging van σ_v sprake.

Er zijn echter ook nog andere factoren, die het verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens beïnvloeden, zooals de snelheid, waarmede de trekproef wordt doorgevoerd, de wijze van overgang van het prismatische middengedeelte van de proefstaaf naar de versterkte uiteinden, de bevestiging in de beproevingsmachine, vertragingsverschijnselen, e.d. [18]). In de door Bach genomen proeven met staven van verschillenden vorm, die waarschijnlijk vrij snel getrokken werden, komt het verschil tusschen dikke en dunne staven dan ook nog beter tot uiting, zooals in de aan Bach ontleende *fig. 11* is te zien (elke waarde is een gemiddelde van drie) [19]). Volgens proeven van Körber en Pomp bedroeg b.v. het verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens bij staven 18 × 18 mm², 25 × 12,5 mm² en 36 × 9 mm² resp. max. 400 kg/cm², 250 kg/cm² en 160 kg/cm² [20]).

Door ongelijkmatigheid van het materiaal is het mogelijk, dat ook voordat de vloeigrens bereikt is rééds één of meer vloeilijnen ontstaan, die zich dan bij die lage spanning niet verder voortzetten. Zoo ontstond bij de staaf van 24 × 24 mm² (*fig. 10*) reeds een dunne vloeilijn bij *E*, zooals ook duidelijk uit het diagram is te zien. Wanneer na het bereiken van de vloeigrens de reeds gevormde vloeilijnen zich bij gelijkblijvende spanning niet verder voortzetten, zal na eenige spanningsverhooging een nieuwe vloeilijn kunnen ontstaan, waarna de spanning weer daalt, hetgeen de schommelingen in het bij de vloeigrens gelegen diagram kan verklaren.

Als regel wordt het terugloopen van de spanning bij de vloeigrens verklaard als ontstaan door het plotseling breken van een bros bestanddeel van het staal [21]). Uit hetgeen Bach opmerkt betreffende de afhankelijkheid van het verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens van het staafprofiel [22]), valt te concludeeren, dat hij de verhooging van de vloeigrens daaraan toeschrijft, dat de verschillende vezels, waaruit een ronde staaf opgebouwd gedacht kan worden, zich niet onafhankelijk van elkaar zouden kunnen contraheeren, bij gelijkmatige rek en contractie van de *heele* staaf dus. M.i. zal in dat geval echter geen verhindering van de contractie optreden, dus geen verhooging van de vloeigrens. Frémont schrijft, zonder van een bepaalde vloeivoorwaarde uit te gaan, het verschijnsel toe aan het

16) Daar het vloeien alleen in dikterichting belemmerd wordt, zou ook bij aanname van deze quasi-isotrope vervorming bij geldigheid van de vloeivoorwaarden Coulomb-Mohr-Guest de vloeigrens niet boven σ_v verhoogd worden, immers de daardoor ontstane kleinere hoofdtrekspanning in dikterichting verhoogt dan volgens *fig. 8* de vloeigrens niet. Bij plastische vervorming door glijding langs de vlakken der max. schuifspanning zou natuurlijk evenmin verhooging optreden.

17) De staven werden aangemaakt en beproefd in het Laboratorium voor Materiaalonderzoek te Bandoeng. Het verschil in vloeigrens tusschen de verschillende staven is aan ongelijkmatigheid van het materiaal toe te schrijven.

18) Zie b.v. Körber. Das Problem der Streckgrenze. *Congres voor Materiaalonderzoek, Amsterdam.* 1927.

19) Bach: Elastizität und Festigkeit, S. 164, Fig. 22.

20) Körber und Pomp: Einflusz der Form des Probestabes, der Art der Einspannung, der Versuchsgeschwindigkeit und der Prüfmaschine auf die Lage der oberen und unteren Streckgrenze von Stahl. *Mitteilungen Kaiser Wilhelm Institut für Eisenforschung, Düsseldorf,* 1934.

21) Kuntze und Sachs: Zur Kentnis der Streckgrenze von Stahl. *Zeitschrift V. D. I.* 1928. S. 1011.

22) Bach: l.c. § 9.

feit, dat het plastisch vervormde en contraheerende materiaal in een vloeilijn op het naastliggende nog elastisch vervormde materiaal drukkrachten in dwarsrichting uitoefent, waardoor de vloeigrens daarvan verlaagd wordt [23]). Dit verschijnsel werd door mij in versterkte mate waargenomen bij het proefstaafje van 24 × 1,5 mm² bij *D* (*fig. 10*), omdat daar slechts een smalle dam van elastisch vervormd materiaal overbleef om die drukkrachten op te nemen. Hiertoe moesten de vloeilijnen zich echter eerst verbreeden, zoodat het diagram eerst horizontaal liep. Bij het ontstaan van een bij de bovenste vloeigrens behoorende vloeilijn is daarnaast nog voldoende elastisch vervormd materiaal aanwezig, zoodat dan deze drukkrachten minder groote spanningen zullen opwekken. Als dit de oorzaak van het verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens zou zijn, zou geen verhooging, maar een verlaging van de vloeigrens σ_v, geldende voor gelijkmatig vloeien, optreden en zou dus de onderste vloeigrens bij dikke staven lager moeten zijn dan bij dunne, terwijl de bovenste vloeigrens constant gelijk aan σ_v zou zijn. Dit is echter niet het geval. Zooals uit *fig. 11* blijkt is juist de onderste vloeigrens vrijwel onafhankelijk van de doorsnede, terwijl de bovenste vloeigrens bij dikke staven hooger ligt dan bij dunne, hetgeen juist erop wijst, dat de oorzaak gezocht moet worden in de verhindering van de contractie bij de eerste plaatselijke plastische vervorming, zooals in het voorgaande werd aangegeven. Ook wijst de afhankelijkheid van de doorsnede erop, dat het terugvallen van de spanning niet zonder meer door het breken van een bros bestanddeel verklaard kan worden. Wel kan het feit, dat het staal de eigenschap van plaatselijk vloeien vertoont, hier misschien aan worden toegeschreven.

Wanneer de in dit artikel voor de vloeigrensverhooging aangegeven oorzaak de eenige zou zijn, wat men uit de proeven met dunne staven wel geneigd zou zijn te denken, zou het $\tau - \gamma$ diagram van een op zuivere schuif belaste staaf geen verschil tusschen de bovenste en onderste vloeigrens moeten vertoonen, zooals direct uit *fig. 8* en *9* te zien is. De reden hiervoor is, dat hier bij plaatselijk vloeien volgens de vlakken der max. schuifspanning geen contractie optreedt, omdat de op die vlakken werkende normaalspanning σ gelijk nul is. De contractie wordt dan vanzelf niet belemmerd, de vloeigrens bij plaatselijk vloeien dus niet verhoogd. Volgens een door Bach opgenomen diagram van een gewrongen rondijzeren staaf vertoont inderdaad het diagram, waarbij als abcissen de hoekverdraaiingen zijn uitgezet en als ordinaten de wringmomenten, bij de vloeigrens een volkomen horizontaal verloopend gedeelte, dus geen verschil tusschen bovenste en onderste vloeigrens, terwijl bij een trekstaaf uit het zelfde materiaal de bovenste vloeigrens 5% hooger is dan de onderste [24]). In verband met de onzekerheid, die nog bestaat over de wetten, die voor het vloeien bij ongelijkmatige spanningsverdeeling gelden, zou een wringdiagram van een dunne buis, dat mij op het oogenblik niet ter beschikking staat, nog een betere vergelijking mogelijk maken. Dat Lode bij vergelijking van de vloeischuifspanning met de vloeitrekspanning vond, dat bij het begin der plastische vervorming de middelste hoofdspanning vrijwel geen invloed had, zou volgens *fig. 8* en *9* voor dikke staven goed in overeenstemming zijn met de vloeivoorwaarden voor plaatselijk vloeien. Hij gebruikte echter dunne buizen. Een mogelijke verklaring zou dan kunnen zijn, dat bij trek een beweging van de eene vloeilijn (die bij een buis spiraalsgewijze zal willen loopen) begrenzende deelen in de vloeirichting daar waarschijnlijk niet zoo gemakkelijk zal kunnen plaats hebben. In dat geval zal, zooals vroeger werd uitgelegd, de weerstand tegen trek max. tot $\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$ verhoogd kunnen worden [25]), dus de daarbij optredende max. schuifspanning tot $\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$, welke ook optreedt bij zuivere schuif, zoodat dan inderdaad de middelste hoofdspanning geen invloed zou hebben. In hoeverre een dergelijke vermindering van de beweging zal optreden is echter lastig te zeggen. De meer nauwkeurige proeven van Roš [9]) kloppen trouwens precies met de gewone vloeivoorwaarde van Huber-v. Mises-Hencky, die ook volgens het voorgaande in dat gebied voor dunne platen moet gelden.

In *fig. 12* is nog eens de hier afgeleide kromme voor het plaatselijk vloeien van dunne platen geteekend, welke ook reeds in *fig. 8* is opgenomen. Deze geldt dus voor de bovenste vloeigrens en waarschijnlijk ook wel voor de *proportionaliteitsgrens*, waar het plotseling meegeven, dat bij de bovenste vloeigrens plaats vindt, wordt voorbereid. Proeven met stalen buizen, die op de proportionaliteitsgrens betrekking hebben, zijn door Becker genomen [26]). Ze zijn in *fig. 12* door cirkeltjes aangegeven. Ze worden door de nieuwe kromme zeer goed benaderd.

23) Frémont: La cause de la formation du palier dans l'essai de traction des aciers doux. *Le Génie Civil* No. 8 Tome 82. 1923.

24) Bach: l.c. S. 384.

25) Bijlaard: *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 11 — 1935, blz. I. 155.

26) Becker: The strength and stiffness of steel under biaxial loading. *University of Illinois. Bulletin* No. 85, 1916.

Over de toepassing van hooge vakwerken.

Van terzijde vernam ondergeteekende, dat het geval *A* uit zijn artikel „Eenige trillingsproblemen in den bruggenbouw", gepubliceerd in *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 6 — 1936, den mogelijken indruk kan wekken, dat hij geen voorstander zou zijn van het toepassen van hooge vakwerkbruggen. Om misverstand te voorkomen wil steller mededeelen, dat zulks geenszins in de bedoeling ligt, integendeel, dat hij juist een groot voorstander is van het in de practijk toepassen van groote hoofdliggerhoogten. Bij een juiste interpretatie van de in het artikel genoemde factoren, die de werkelijkheid ten gunste beïnvloe-

den, kan men onmogelijk tot de conclusie komen, dat daarin een werkelijk nadeel gelegen zou zijn. De quaestie is alleen, dat een serieus constructeur zich van alles zoo goed mogelijk rekenschap heeft te geven. Het is steller bekend, dat prof. Bijlaard, naar aanleiding van wiens onderzoekingen over de economie van hooge vakwerken bij de S.S. tot de toepassing daarvan is overgegaan, toen zelf ook aan deze resonantie-mogelijkheden gedacht heeft en daarmee rekening heeft gehouden.

Wordt bij vakwerkstaven met een soort halve inklemming gerekend, dan kan schattenderwijs (een nauwkeurige bepaling vormt een probleem op zich zelf) het trillingsgetal $1\frac{1}{2} \times$ zoo groot genomen worden dan voor het geval van scharnieren op de uiteinden, dus:

$$\gamma = 1{,}5 \cdot \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot E \cdot I}{p}}$$

als $p =$ gewicht der staaf per lengte-eenheid
$g =$ versnelling van de zwaartekracht,
of na eenige herleidingen:

$$\gamma = \frac{1{,}5 \cdot \pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot E}{\gamma}} \cdot \frac{1}{\lambda \cdot l} = \frac{1{,}25 \cdot 10^6}{\lambda \cdot l}$$ (l uitgedrukt in cm) als λ de slankheid van de staaf voorstelt en γ het s.g. van het materiaal.

De S.S.-voorschriften hebben beperkende bepalingen betreffende de max. toelaatbare slankheid (n.l. $\lambda_{max} = 150$). In dit geval is een samentreffen met een locomotief-frequentie alleen in uitzonderingsgevallen mogelijk. Bij lichtere belastingen en indien geen beperkingen bestaan betreffende de max. toelaatbare slankheid kan een samentreffen eerder plaats vinden. Trekverticalen (zgn. hangers), welke in den regel zeer licht geconstrueerd zijn, kunnen ook reeds in lage vakwerken mogelijkheden tot samentreffen bieden.

Het is hier wel de plaats om tevens een mededeeling te doen over de bij het bruggenbureau der S. S. verkregen resultaten bij het construeeren van bruggen met groote hoofdliggerhoogten. De nieuwe type bruggen, welke toegepast worden bij de verwisseling van de oude welijzeren bruggen in de S. S.-lijnen zijn alle hoog geconstrueerd. Hieronder volgt een *staat* van de verkregen besparingen.

Dagwijdte in m	Oud			Nieuw			Gewichtsbesparing in % t.o.v. oude ontwerpen
	Aantal velden	Hoogte / Lengte	Gewicht in t	Aantal velden	Hoogte / Lengte	Gewicht in t	
15	7 [1]	1/10	26,8	6	1/6	21,5	19,8
20	10	1/9	39,1	6	1/6	32,1	17,9
25	12	1/8	49,9	6	1/6	42,6	14,7
30	10	1/8	65,3	6	1/6	56,3	13,8
35,74	10	1/8	79,9	8	1/6	74,7	6,5
40	12	1/8	104,1	8	1/6	91,5	12,1
60	12	1/7	185,2	8	1/6	179,8	2,9
60	13 [2]	1/5	202,1	8 [3]	1/6	174,8	13,5

1) Plaatijzeren wandbrug. 2) Boogbrug met trekband systeem Haarman. 3) Vakwerkwandbrug met gebogen bovenrand.

In de nieuwe ontwerpen is tevens met een grootere boutverzwakking gerekend dan in de oude.

ir. W. J. van der Eb.

BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

Normalisatie.

Bij het Secretariaat van den Normalisatieraad — Bragaweg 38, Bandoeng — zijn verkrijgbaar gesteld de navolgende ter critiek gepubliceerde ontwerpnormaalbladen:

V 292: Fundatiebouten.
V 298: Scheepsonderdeelen, Scepters voor de binnenvaart.
V 799: Benamingen van electrotechnische artikelen. Smeltveiligheden en patroonhouders.
V 800: Idem. Patronen voor smeltveiligheden.

alsmede het gewijzigde normaalblad:

N 333: Symbolen voor eenheden (vierde druk)

en het herziene normaalvoorschrift in boekvorm:

N 1013: Keuringsvoorschriften voor bitumineuze bouwstoffen (K. V. B. B. 1930 — tweede druk 1936).

BOEKBESPREKING.

Korte statistiek van de openbare electriciteitsbedrijven in Nederlandsch-Indië over het jaar 1935.

Uitgave van het Departement van Verkeer en Waterstaat.

Formaat 21 × 29 cm², 15 blz. Prijs *f* 1,—.

In verband met de belangstelling, welke de gelijknamige jaarstatistieken over vorige jaren ook van buitenlandsche zijde mochten ondervinden en om tegemoet te komen aan den wensch om ze bruikbaarder te maken voor hen, die de Nederlandsche taal niet kennen, werd er toe overgegaan de statistiek over het bedrijfsjaar 1935 met benamingen in het Engelsch te doen verschijnen.

Gepubliceerd zijn verschillende gegevens betreffende 93 openbare electriciteitsbedrijven op *Java* en *Madoera*, 40 op *Sumatra*, 10 op *Borneo*, 12 op *Celebes* en 5 in de *Molukken* en op de kleine *Soenda-eilanden*. Deze gegevens bevatten het aantal kWh, dat werd opgewekt of betrokken van andere electrische centrales, de maximale belasting in kW en de aantallen

verbruikers, gerangschikt naar hun verschillenden aard.

In een drietal uitslaande tabellen zijn tenslotte voor 36 bedrijven nog meer gedetailleerde gegevens bijeengebracht over het verbruik, de tarieven en de financieele uitkomsten.

PERSONALIA.

Ir. J. H. Beckering, td. adj.-inspect. bij den dienst der opium- en zoutregie, is benoemd tot ingenieur bij de S. S.

Prof. ir. W. J. Th. Amons, hoofdambt. van buitenl. verlof terugverwacht, is herbenoemd tot hoofd van het Lab. voor Materiaalonderzoek bij de afd. Nijverheid van het dept. van E. Z.

Aan ir. G. Wilson, ingenieur bij den Prov. Wat. van W.-Java, is wegens negen-jarigen dienst elf maanden verlof naar Europa verleend, ing. 16 Sept. 1936.

Ir. L. Wiechers en K. H. Fronius, ambt. op non-act., zijn herbenoemd tot ingenieurs bij 's Lands Waterstaat en resp. toegevoegd aan den Direct. v. d. haven Soerabaia en ter besch. gest. van den Prov. Wat. van M.-Java.

Irs. A Veldman en B. L. Dessauvagie, td. wnd. ingenieurs bij de S. S., zijn benoemd tot ingenieur bij dien dienst.

Ir. H. K. van Zijll de Jong is met ingang van 17 Juni 1936 werkzaamgesteld als sectie-ingenieur van de sectie Semarang der Prov. Wat. Afd. „Serang" in de plaats van ir. P. K. de Jager, die met buitenl. verlof is vertrokken.

Ir. H. G. Poortman is overgeplaatst van het hoofdkant. van den Prov. Wat. van M.-Java naar idem van de Prov. Wat. Afd. „Serang".

Dr. ir. F. J. Faber en dr. P. M. Roggeveen, ingenieurs bij de B. P. M., zijn resp. uit Europa aangekomen en geplaatst te Tjepoe, en van Tjepoe met Europ. verlof vertrokken.

Ir. M. Valkenburg, hoofdingenieur bij 's Lands Waterstaat t/b v. d. Prov. Wat. van Oost-Java, is voor den duur van het aan ir. Lammers verleend buitenl. verlof tewerkgesteld als hoofd van den Prov. Wat. van O.-Java.

Ir. H. W. Dumont, idem, is benoemd tot hoofd van het 1e Distr. v. d. Prov. Wat. van O.-Java.

Ir. H. J. Privé, idem, is geplaatst op het hoofdkantoor v. d. Prov. Wat. van O.-Java.

Aan ir. M. F. van Egmond, ingenieur bij den P. T. T.-dienst, is wegens zeven-jarigen dienst negen maanden verlof naar Europa verleend, ing. 1 Mei 1937.

Ir. J. G. Bosma, ingenieur bij de S. S., is overgeplaatst van Djember naar Madioen.

O. J. C. Indra, idem, idem van Madioen naar Manggarai en belast met de functie van chef der werkplaats aldaar.

F. G. J. Rauch, idem, idem van Manggarai naar Bandoeng.

Ir. J. H. Beckering, idem, is belast met de functie van adj. chef der 3e afd. te Djember.

Ir. J. G. Boerma, idem, idem van chef der werkplaats te Madioen.

Ir. Th. J. Marks, ambt. b. w. d., is benoemd tot leeraar bij de K. E. S. te Soerabaia.

Ir. C. G. van Nieuwenhuizen, idem, idem bij de A. M. S. (afd. B) te Djocjakarta.

Ir. R. Roosseno Soerjohadikoesoemo, is td. werkz. gesteld als daggelder en geplaatst op het dept. van V. & W.

Ir. A. J. J. M. Bijvoet, ambt. b. w. d., is benoemd tot leeraar bij de H. B. S.-A. M. S. te Malang.

Irs. J. Kleinsmiede en A. G. G. Schot, ingenieurs bij de B. P. M., zijn na ommekomst van Eur. verlof geplaatst resp. te Pladjoe en te P. Brandan.

Dr. ir. H. A. Stheeman, idem, is van Pladjoe vertrokken met verlof naar Europa.

Ir. J. J. J. van Wiechen, idem, is overgeplaatst van P. Brandan naar Pladjoe.

Ir. R. Engelberts, idem, is overgeplaatst van P. Brandan naar Tjepoe.

Ir. H. J. E. M. Hamer, idem, is van Balikpapan met Eur. verlof vertrokken.

Irs. A. W. Tiedemann en J. Chr. d'Arnaud Gerkens, idem, zijn uit Europa h.t.l. aangekomen en geplaatst te Bandjermasin.

Aan ir. E. C. Demmink, administrateur der Oost-Java Stoomtram-Mij. te Soerabaia, is met ing. van 26 Mei 1936 acht maanden verlof naar Europa verleend.

Aan ir. F. J. Ferdinandus, ingenieur bij den P. T. T.-dienst, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. 16 Dec. 1936.

Aan ir. E. Krijthe, ingenieur bij de S. S., idem, ing. 1 Dec. 1936.

Irs. L. O. Croes en W. F. Eysvoogel, ambt. op non-act., zijn herbenoemd tot ingenieur bij 's Lands Waterstaat en toegevoegd resp. aan den Resident van Bali en Lombok en aan den Gouverneur van Celebes en O.

Ir. C. Ch. Barentz, ingenieur bij de S. S., is overgeplaatst van Bandoeng naar Soerabaia (kant. chef Explotatie).

Ir. H. A. Molen, ambt. op wachtgeld, is tijd. werkz. gest. op het dept. van V. en W.

Ir. E. Kühr, ingenieur voor de Landsgebouwen, is ter besch. gest. van de prov. W.-Java.

Ir. H. A. Breuning, ambt. op non-act., is herbenoemd tot ingenieur voor de Landsgebouwen en geplaatst op het dept. van V. en W.

KON. INST. VAN INGENIEURS.
Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

Aangenomen nieuwe leden.

De in nummer 6 van dezen jaargang voorgestelde nieuwe leden zijn aangenomen.

3e JAARGANG
NUMMER 8

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

AUGUSTUS
1936

III. ELECTROTECHNIEK EN WERKTUIGBOUW.

INHOUD: Een uitstapje naar de stratosfeer, door dr. ir. G. Otten. — Exhaustonderzoek bij locomotieven der S. S., door ir. P. de Gruyter w.i. — Varia.

Een uitstapje naar de stratosfeer

door

dr. ir. G. OTTEN A. F. R. Ae. S.,

kapitein bij de Militaire Luchtvaartafdeeling te Bandoeng.

Voordracht, gehouden voor den Kring Bandoeng van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs op den 22sten Juni 1936.

Voor den aanvang der voordracht brengt spreker allereerst dank aan de Royal Aeronautical Society te Londen voor de welwillende wijze, waarop dit Instituut gegevens verschafte voor deze voordracht en de zorg op zich nam voor het doen vervaardigen van lantaarnplaatjes van een aantal in het archief van de Society aanwezige foto's.

Wanneer we een twintig jaar terugtreden, dan komen we in een tijd, dat het woord stratosfeer practisch alleen maar bekend was bij meteorologen, dus bij enkele menschen, die het weer bestudeerden. Van de stratosfeer zelve wist eigenlijk niemand iets, terwijl ook van de atmosfeer op enkele duizenden meters hoogte slechts weinig bekend was. Voordien waren in luchtballons sommige onderzoekers opgestegen; hiervan hadden enkele hun leven verloren bij een poging om hooger te komen dan ongeveer 9 000 m en anderen waren teruggekomen met angstwekkende verhalen omtrent het gevaar van het verkeeren in de atmosfeer op groote hoogte, een gevolg van de moeilijkheden, die zij hadden gehad met de ademhaling door de ijlheid der lucht en de intense koude.

Thans is de toestand geheel veranderd en zijn zelfs voor de jeugd cosmische straling, terugkaatsing van radiogolven, stratosfeerproblemen of andere vraagstukken, welke op de hoogere luchtlagen betrekking hebben, normale onderwerpen geworden, terwijl toch in wezen van al deze zaken nog slechts weinig bekend is en het grootste verschil met den toestand van 20 jaar geleden alleen gelegen is in het feit, dat er nu onderzoekers in de stratosfeer geweest zijn, die hun bevindingen hebben kunnen mededeelen.

Gaan we nog een stap verder in den tijd terug om na te gaan, hoe de stratosfeer ontdekt is, dan zien we, dat reeds vóór 1749 een zekere Dr. Wilson uit Glasgow vliegers opliet, waaraan thermometers hingen om de temperatuursafname op groote hoogte te meten. Het spreekt van zelf, dat ook toen reeds bekend was, dat naarmate men hooger komt de temperatuur daalt; men stelde zich echter voor, dat men maar een betrekkelijk gering aantal km's behoefde te stijgen om te komen tot de absolute koude in de ruimte buiten de atmosfeer.

De eerste ballon werd in 1783 opgelaten. De piloot was een Franschman, Pilâtre de Rozier genaamd. Hij bereikte met zijn vriend Markies d'Arlandes een hoogte van ongeveer 100 m en bleef daar ongeveer 9 minuten. Toch waren zij niet de eerste ballonvaarders, want kort te voren was dezelfde Montgolfière opgestegen met een schaap, een eend en een haan. Even fanatiek als de menschen vóór den wereldoorlog waren voor vliegtuigen, waren ze na de opstijging van de Rozier voor ballons. Men was geweldig enthousiast en de hoogten, die de ballons bereikten, stegen zeer snel, vooral, nadat de vulling met warme lucht vervangen was door een met waterstof.

In 1804 bereikte de welbekende Fransche scheikundige Gay Lussac een hoogte van ruim 7 000 m, waarbij door hem onderweg de temperaturen werden gemeten.

In 1862 werd door twee Engelschen Coxwell en Glaisher een hoogte van ruim 8 500 m bereikt; beiden hadden daarbij echter het bewustzijn verloren.

Dertien jaren later, dus in 1875, bereikte Gaston Tissandier met twee assistenten een hoogte van 9 000 m. Ook zij verloren alle drie het bewustzijn en hoewel Gaston in leven bleef, stierven zijn beide metgezellen.

De meeste last op groote hoogte veroorzaakte hierbij de tengevolge van het gebrek aan zuurstof ontstane moeilijkheid met de ademhaling, met als gevolg een gevoel van groote moeheid in de ledematen. Uit de gegevens van vorige onderzoekers kenden Gaston en zijn metgezellen de gevaren, die verbonden waren aan deze tochten, en daarom hadden zij cylinders met zuurstof meegenomen. Toen zij ze wilden gebruiken bleken de mannen daartoe echter door moeheid reeds niet meer in staat te zijn.

In 1901 steeg Berson met een assistent op. Zij bereikten een hoogte van meer dan 10 000 m. Ook deze mannen verloren beiden het bewustzijn.

Nadien zijn nog verscheidene ballons opgestegen, doch de tochten hadden weinig meer tot resultaat, dan dat steeds weer bewezen werd, dat er werkelijke gevaren voor den mensch bestaan bij het stijgen naar groote hoogte.

Het was in het begin van deze eeuw, dat de belangrijke ontdekking van de stratosfeer plaats vond, welke geschiedde door Teisserene de Bort en Assman, die regelmatig ballons met instrumenten oplieten. Het spreekt van zelf, dat met deze ballons veel grootere hoogten konden worden bereikt dan met de ballons, die met onderzoekers opstegen, terwijl er verder weinig risico aan verbonden was. Sommige van deze ballons bereikten een hoogte van ruim 32 km. De Bort en Assman kwamen tot de merkwaardige ontdekking, dat de temperatuur niet voortdurend met de hoogte afneemt, doch dat er een zekere grens is, waarboven de temperatuur vrijwel constant blijft. Gaat men van beneden naar boven, dan neemt de temperatuur in de horizontale lagen, die op elkaar volgen, regelmatig af, doch op een bepaalde hoogte, welke ruwweg is gelegen op 9 tot 18 km, zijn de lagen, waarin temperatuurwisselingen plaats vinden, van horizontale in verticale veranderd, zoodat bij een verder stijgen in eenzelfde laag de temperatuur constant blijft.

Het gedeelte van de atmosfeer, waarin die verandering tot stand gekomen is, noemt men de stratosfeer. Het gedeelte van de atmosfeer beneden de stratosfeer noemt men de troposfeer en het gedeelte er tusschen, waarin de overgang tot stand komt, wordt wel de tropopause genoemd.

De gemiddelde dikte van de troposfeer, waarin het temperatuursverloop regelmatig is, bedraagt ongeveer 11 km, terwijl de dikte van de laag tusschen de stratosfeer en de troposfeer ongeveer 3 à 4 km bedraagt. De stratosfeer zelve strekt zich verder uit tot ruim 30 km en meer boven de aarde, hetgeen dus beteekent dat zij 15 km of meer dik is. Boven de stratosfeer bevindt zich de upperstratosfeer, een gebied, dat misschien in hoofdzaak bestaat uit waterstof en helium.

Aanvankelijk meende men, dat de stratosfeer geheel stil was. Deze meening bleek al spoedig onjuist te zijn. Tijdens de vlucht van den „Explorer II" werd op 22 000 m hoogte een windsnelheid van ongeveer 65 km/h waargenomen, doch daarvoor, in 1933 waren door Commander op lagere hoogten reeds windsnelheden van meer dan 100 km/h genoteerd.

Een van de merkwaardigste dingen op groote hoogte is nog, dat de lucht geheel droog en stofvrij is. Monsters van lucht, genomen op hoogten van 16 tot 18 km toonen in het geheel geen vocht aan. Er zijn geen wolken in de stratosfeer. Alle dagen is er zon, er is geen regen en de zon schijnt uit een hemel, die als donker purper of als bijna zwart beschreven wordt. Drie vierde gedeelte van het geheele gewicht van de atmosfeer ligt onder de stratosfeer.

De temperaturen in de stratosfeer zijn zeer laag. Het merkwaardige is hierbij, dat de temperatuur naar de polen toeneemt en afneemt naar den equator. De gemiddelde temperatuur bedraagt ongeveer –55° C. De onderzoekers in de Russische stratosfeerballon, die een hoogte van ruim 16 000 m bereikten, namen een temperatuur waar van –55° C., terwijl ook Prof. Piccard een zelfde temperatuur waarnam op ongeveer een zelfde hoogte.

Toch is de temperatuur in de stratosfeer niet constant. Zij varieert vrij sterk, maar men neemt een gemiddelde temperatuur aan, zooals ook in Nederland een gemiddelde winter- en zomertemperatuur wordt aangenomen. De laagste temperatuur, die over een groot oppervlak gemeten werd, werd waargenomen in December 1913 op verschillende plaatsen aan den equator; zij was bijna –90° C. De allerlaagste temperatuur werd iets daarvoor op 5 November te Batavia door dr. van Bemmelen gemeten en bedroeg –92° C op 17 000 m hoogte, terwijl op 30 km hoogte de temperatuur weder –55° C bedroeg.

Prof. Boerema gaf in zijn voordracht in Oct. 1935 te Batavia op, dat in Indië de temperatuur tot op ongeveer 17 km hoogte afneemt tot ongeveer –85° C., en daarna weer stijgt tot –55° C. Op 24 km hoogte bedraagt ze –60° C. Men ziet, dat er dus een groot gebied is, waarin niet geldt, hoe hooger hoe kouder, doch hoe hooger hoe warmer, alhoewel de „warmte" hier natuurlijk wel eenigszins betrekkelijk is. Doch ook het betrekkelijk zijn van deze „warmte" wordt bestreden. Zoo meent de bekende Britsche hoogleeraar Prof. Hill in zijn voordracht op 4 December 1935, gehouden voor de Royal Society of Arts te Londen, dat de jongste onderzoekingen uitwezen, dat het wel zeer waarschijnlijk is, dat op een hoogte van 50 km de temperatuur overeenstemt met die op de aarde en de temperatuur op 300 km zoo hoog is, dat er koper smelt. Is deze meening, welke echter nog lang niet algemeen wordt aanvaard, juist, dan zou men dus vliegende op zeer groote hoogte gevaar loopen een tweede Icarus te worden.

Internationaal is als standaard aangenomen, dat de stratosfeer op een hoogte van 10 769 m begint. De temperatuur neemt daarbij in de troposfeer regelmatig tot –55° C. af en blijft vervolgens in de stratosfeer constant.

Het spreekt van zelf, dat het niet mogelijk is in deze koude te verkeeren, zonder dat alle mogelijke voorzorgen genomen zijn om warm te blijven. De afweermaatregelen tegen de koude bestaan als regel in het electrisch verwarmen van de zeer zware kleedingstukken, tenzij verbleven wordt in speciale cockpits of gondels, die ingericht zijn om warm te blijven.

De stratosfeeronderzoekers kunnen zich echter gemakkelijker beschermen tegen de intense koude dan tegen de ijlheid van de lucht.

Op een hoogte van ruim 16 km bedraagt de luchtdruk n.l. al niet meer dan een tiende van dien hier aan de oppervlakte van de aarde. Indien iemand met een vrij groote snelheid naar die hoogte zou gaan zonder speciaal beschermd te zijn, zou zijn bloed tengevolge van de luchtbellen, die daarin ontstaan, op zooiets als frambozenlimonade gaan lijken, terwijl de aderen door den hoogen druk van binnen ten opzichte van den lagen druk daar buiten zouden barsten. Een andere moeilijkheid is, zooals reeds genoemd, de ademhaling. Ondersteld, dat op die hoogte de normale ademhaling nog mogelijk zoude zijn, dan ontvangt men toch in de longen per ademhaling

slechts een tiende gedeelte van de hoeveelheid lucht, die men op aarde per keer inademt, en men zou dus zijn ademhaling op die hoogte 10-voudig moeten versnellen om dezelfde hoeveelheid zuurstof te krijgen. Dit is natuurlijk niet mogelijk.

Hierom wordt door stratosfeeronderzoekers en piloten, die op groote hoogte vliegen, steeds zuurstof meegenomen. Wanneer echter hoogten boven de 15 km bereikt worden, dan moet bovendien de gewone gondel van een ballon vervangen worden door een hermetisch gesloten gondel, of moet gevlogen worden in een cockpit, waarin de luchtdruk van binnen bewaard blijft.

Het is juist vijf jaar geleden, in Mei 1931, dat Prof. Piccard zijn eerste beroemde tocht naar de stratosfeer deed. Er waren toen veel menschen, die dachten, dat hij gek was, maar in de vijf jaren, die hierop gevolgd zijn, is de exploratie van de stratosfeer sterk ter hand genomen en thans worden vooral de mogelijkheden onderzocht om deze sfeer dienstbaar te maken aan het menschdom.

Na Piccard zijn opgestegen de Russische en de Amerikaansche stratosfeerballons, terwijl in verscheidene landen plannen bestaan of uitgewerkt worden om vliegtuigen te bouwen geschikt voor het vliegen op groote hoogte, met geheel gesloten cabines en speciale motoren.

Een tocht naar de stratosfeer is echter niet zoo eenvoudig en vrij kostbaar, daar de stratosfeerballons zeer groot moeten zijn. Zij zijn veel grooter dan gewone ballons. Piccard's ballon had een inhoud van een half millioen cubic feet of ongeveer 14 000 m^3, terwijl de Amerikaansche stratosfeerballon „The Explorer I" een inhoud van 3 millioen cubic feet of rond 85 000 m^3 had en dus grooter was dan de meeste, tijdens den oorlog gebouwde Zeppelins; de „Explorer II", waarmede op den 4den Nov. 1935 het wereldhoogterecord werd behaald door Capt. Stevens en Capt. Anderson, zijnde 72 395 feet of ongeveer 22 025 m, had nog een iets grooteren inhoud en wel van 3 700 000 cubic feet of ruim 100 000 m^3.

Voor het omhulsel van den ballon van de „Explorer I" was meer dan 9 000 vierkante meters stof noodig. Het linnen van dezen ballon bestond uit ongeveer 3 500 stukken, die door een speciale lijm van rubber op elkaar geplakt werden. De lengte van de naden bedroeg ongeveer 13 km of $2\frac{1}{2}$ uur gaans. De werklieden en de arbeidsters, die de naden plakten, droegen daarbij schoenen van linnen om de ballonstof niet te beschadigen.

Een groote gording van linnen omgaf den ballon en daaraan hing de gondel met behulp van een groot aantal reepen of touwen. Met de gondel er bij was de „Explorer I" 253 feet of 75 à 80 m hoog als hij geheel gevuld was en meer dan 300 feet of 90 m als hij zoover gevuld was, dat hij gereed was om te stijgen. De „Explorer I" woog meer dan $2\frac{1}{2}$ ton, hiervan woog het omhulsel alleen reeds twee ton. Piccard's eerste ballon had slechts een zesde van de grootte van den Amerikaanschen ballon en woog maar ongeveer 750 kg.

De „Explorer II" had gedeeltelijk gevuld een hoogte van een 30 verdiepingshuis, terwijl de doorsnede van den geheel gevulden ballon 192 feet of ongeveer 58 meter bedroeg. Indien de ballonstof gebruikt was geweest voor een circustent, dan zouden daarin 15 000 personen hebben kunnen plaats nemen.

Het vullen van zoo'n ballon is een zeer gevaarlijk werkje, daar er gedurende het vullen soms groote krachten op de touwen en op het omhulsel komen. Daarom geschiedt het vullen des nachts bij stil weer. Een klein beetje wind maakt al, dat de ballon geheel onhandelbaar wordt. Toen in 1934 een Russische ballon gevuld werd, werd deze plotseling opgeblazen en daarmede was het werk van maanden vernield. Precies hetzelfde gebeurde met een Amerikaanschen ballon in Juli 1935, terwijl ook de „Explorer II" nauwelijks aan het gevaar van een althans gedeeltelijke vernieling ontsnapt is.

Bij het vullen van laatstgenoemden ballon had n.l. nog een ongelukje plaats, dat gelukkig geen verstrekkende gevolgen had. Tengevolge van de groote koude was het ballonomhulsel minder elastisch geworden. Hierdoor was het mogelijk dat voor de monding van een der slangen, die helium waarmede de ballon gevuld werd, aanvoerden, door het gewicht van het omhulsel zelve een soort gaskamer ontstond, waarin een zeer groote druk geheerscht moet hebben. Een van de heeren van de Goodyear-fabriek zag de gasbel en schreeuwde tegen de menschen met de vulling belast dat ze moesten stoppen. De toevoer kon echter niet vlug genoeg afgesloten worden en zoo ontstond een scheur die 5 meter lang was in het omhulsel van den ballon en die slechts met groote moeite nog tijdig kon worden hersteld.

De ballons worden op den grond slechts gedeeltelijk met waterstof of helium gevuld. De vulling bedraagt slechts 1/10 tot 1/5 van de ruimte, die het gas op groote hoogte zal innemen. Zou een ballon op den grond geheel gevuld en afgesloten worden dan zou hij op enkele honderden meters hoogte reeds barsten.

De Amerikaansche „Explorer I" welke in Juli 1934 tot een hoogte van ongeveer 18 km gestegen is, werd bij de start voor ongeveer 1/10 van zijn inhoud met waterstof gevuld. De opwaartsche kracht bedroeg met die vulling ± 7 000 kg.

Om den ballon te vullen tot een tiende van zijn inhoud d.i. met 300 000 cubic feet waterstof, waren 1 500 cylinders noodig, waarvan het waterstofgas door linnen slangen, die met behulp van zandzakken naar beneden gehouden werden, naar den ballon werd geleid.

Voor het vullen werd de „Explorer I" op een zaagselring gelegd, die een diameter van 60 m en een dikte van 10 cm had. Deze zaagselring was bedekt met canvas, terwijl gedurende het vullen zelve de ballon werd vastgehouden met behulp van tui-touwen, die gemakkelijk losgelaten konden worden, wanneer de leider daartoe het teeken zou geven. Vlak na het loslaten van den „Explorer II" had een gebeurtenis plaats die noodlottige gevolgen had kunnen hebben. Toen kwam de ballon namelijk plotseling in een naar beneden strijkenden wind, waardoor de gondel bijna in de boomen van de „Black Hills" teruggedrukt was. Alleen door het electrisch afwerpen van een groote hoeveelheid fijn verdeeld lood konden de stratosfeerreizigers nog juist ontsnappen.

De gondels moeten licht, sterk en luchtdicht zijn. De gondel, die door Piccard gebruikt werd, was 7 feet of ruim 2 m in diameter en was slechts een zevende inch dik. De gondel van den „Explorer I" was iets meer dan 8 feet in diameter en ongeveer 1/4 inch dik. Het materiaal voor Belgische en Amerikaansche gondels was een magnesium of alluminium alliage, voor de Russische gondels werd roestvrij staal gebruikt.

Het spreekt van zelf, dat de ruimte in de gondels zeer klein is, daar de wanden geheel door instrumenten worden ingenomen. Om die instrumenten in geval van nood veilig te doen landen, worden bovendien kleine parachute's meegenomen.

De gondels zijn verder juist als bij stoomketels voorzien van mangaten of patrijspoorten, waardoor de onderzoekers in tijd van nood de gondel kunnen verlaten.

Doch niet alleen de vulling en de opstijging, ook de landing levert moeilijkheden op, daar de mogelijkheid altijd bestaat dat de gondel te pletter valt, zooals dit met de eerste gondel van Piccard is gebeurd. Kan men verder ballon en gondel bij de opstijging onder bewaking stellen, bij de landing heeft men er dikwijls groote moeite mede om de nieuwsgierige menigte op een afstand te houden. Vooral de souvenierzoekers zijn lastige menschen. Na de tocht met den „Explorer I" had Capt. Stevens zich even verkleed en zijn in de gondel gebruikte kleeding aan een lijn gehangen. Toen hij die kleeding later wilde meenemen, bleek dit niet meer noodig, want zelfs zijn onderkleeding was een goede buit van souvenierjagers geworden.

Een van de belangrijkste deelen van den ballon is wel de klep, waardoor de waterstof uit den ballon gelaten wordt. Van het werken van deze klep kan voor een groot gedeelte het leven van de bemanning afhangen. Wij moeten er aan denken, dat op zeer groote hoogte het onmogelijk is om de gondel te openen zonder dat de bemanning onmiddellijk het leven verliest. Toch moet deze klep, welke 90 m boven de gondel zit door de bemanning bediend kunnen worden. Bij de „Explorers" geschiedde dit met behulp van luchtdruk. De lucht werd daartoe geleid door een leiding, welke ongeveer 120 m lang was.

De meeste instrumenten die in de gondels meegevoerd worden, zijn vol automatisch. Ze werken electrisch en met filmen. Opgenomen worden de hoogte, de temperatuur, de cosmische straling en nog heel veel meer, kortom alles wat van belang is.

Daar de gondels slechts ruimte bieden aan de instrumenten en de piloten is het opstijgen naar de stratosfeer in zoo'n gondel geen benijdenswaardig werk. Piccard heeft het eenmaal zeer warm en eenmaal ontzettend koud gehad, doch ook andere moeilijkheden werden ondervonden.

Bij Piccard's eerste vlucht ontstond in de gondel een lek, bijna onmiddellijk nadat de ballon opgestegen was. Het gat waardoor de kostbare lucht ontsnapte werd dichtgestopt met bruin werk, een soort hennep, en vaseline, dat speciaal voor zulke ongemakken meegenomen was. Maar het gat was niet dicht, voordat Piccard met zijn assistent een hoogte van 15 km bereikt hadden. Gedurende dien tijd waren ze gedwongen groote hoeveelheden van hun reserve zuurstof te gebruiken om zich zelf in het leven te houden.

Op een ander tijdstip brak een instrument, dat een hoeveelheid kwikzilver bevatte. Nu vormt zooals bekend alluminium met kwikzilver een amalgaam, hetgeen gevaarlijk kon worden. Vermeld wordt, dat Piccard nog juist in staat was het gevallen metaal te verzamelen, voordat het zijn weg door den bodem van de gondel gevonden had.

Maar de meest spannende avonturen, welke ooit door stratosfeeronderzoekers zijn meegemaakt, die zijn blijven leven om het te kunnen vertellen, hebben wellicht plaats gevonden bij de daling van den „Explorer I". Toen deze ballon op een hoogte kwam van ongeveer 18 000 m werd door de stratosfeerreizigers plotseling een scheurend geluid gehoord. Capt. Stevens keek door een uitkijkgat naar buiten en zag een vrij groote scheur in het beneden gedeelte van den ballon. De drie onderzoekers sloegen het geval door de uitkijkgaten verder gade en zagen dat de scheur hoe langer hoe grooter werd. Majoor Kepner begon alvast den hefboom in handen te houden, welke de groote 80 feet parachute in werking moest stellen als de ballon plotseling geheel zou barsten. Zoo vlug ging het gelukkig niet. De ballon begon te dalen, eerst langzaam maar dan steeds vlugger. Gedurende al dien tijd was een vliegtuig bezig het ongeluk te fotografeeren en in den ballon bleef een van de onderzoekers kalm broadcasten wat er geschiedde.

Op ruim 6 500 m hoogte openden de drie mannen in den ballon hun patrijspoorten, klommen naar buiten naar den top van de gondel om de schade op te nemen. De scheur in den ballon was inmiddels zeer groot geworden en de opwaartsche druk van de lucht bij het snelle dalen vergrootte de scheur steeds meer, zoodat ook voortdurend meer waterstofgas ontsnapte. Zonder eenige waarschuwing kwam plotseling op een hoogte van 2 100 m het geheele ondergedeelte van den ballon naar beneden. Capt. Stevens klom toen kalm in de gondel terug en begon het nog resteerende lood, dat meegenomen was als ballast uit te gooien. De drie onderzoekers hadden hun parachutes aangedaan en op ongeveer 900 m besloten ze zich klaar te maken om van de gondel af te springen. Juist van te voren was tijdens de werkzaamheden de parachute van Capt. Anderson opengegaan. Hij hield de zijde toen onder de armen vast, wat echter nog al eenige moeite veroorzaakte. Mede hierom sprong Anderson het eerst, doch toen Anderson sprong, sprong ook de ballon uit elkaar en de gondel begon als een steen te vallen. Het spreekt van zelf dat ook de tweede man niet meer op de gondel bleef zitten, doch er toen ook meteen afsprong.

Capt. Stevens was nog in de gondel. Om er uit te komen, moest hij als het ware een luchtsprong maken. Het gelukte hem echter hals over kop door de patrijspoort naar buiten te springen. In die enkele spannende seconde was de gondel al weer 450 m gevallen. Stevens trok aan den ring van zijn parachute en deze opende zich, maar een gedeelte van het linnen van den ballon viel er boven op. Een nieuwe

seconde leek het of niets Stevens meer kon redden; toen kwam de parachute los en schoot onder het linnen van den ballon vandaan; Stevens was gered.

Alle drie mannen landden veilig en zagen onder het naar beneden komen met een geweldige knal de gondel stuk slaan tegen den grond. Bij de botsing werd de gondel totaal vernield, terwijl ook alle instrumenten die nog in de gondel aanwezig waren, stuksloegen en vele opnamen bedorven werden.

Vragen we ons af, waarvoor dienen deze stratosfeertochten en welk nut hebben zij tenslotte? Wat voor reden bestaat er om meer van de stratosfeer te willen weten? De redenen om meer van de stratosfeer te willen weten, zijn er vele. In de eerste plaats bestaat er een sterk vermoeden, dat voor een groot gedeelte het weer op aarde beheerscht wordt door den toestand in de stratosfeer, zoodat verwacht mag worden, dat met een betere kennis van de stratosfeer de meteorologen in staat zullen zijn hun weervoorspellingen belangrijk nauwkeuriger te doen, hetgeen natuurlijk vooral voor de intercontinentale luchtvaart van groot belang is.

Een andere reden waarom het stratosfeer-onderzoek gewenscht is, is om het mysterie van de cosmische straling op te lossen. Hoe hooger men komt, hoe krachtiger deze eigenaardige stralen zijn, waaruit van zelf volgt dat zij op groote hoogte gemakkelijker bestudeerd kunnen worden dan op lagere hoogte. Ook het aantal stralen wordt tot op zekere hoogte voortdurend grooter.

Piccard vond op 16 000 m hoogte 50 maal zooveel stralen als op het aardoppervlak. Stevens vond op 17 000 m 55 maal zooveel, doch op 22 000 m 40 maal zooveel als op dat oppervlak.

Bij de expeditie van den „Explorer II" werd een straal gevonden met een energie van honderd millioen electron volts.

In de hoogere luchtlagen werden verder gevonden zeer korte ultra-violette stralen, een sterke ionisatie en groote geleidbaarheid der lucht.

Bij de tocht met den „Explorer II" werd een groot aantal Californische fruitvliegen meegenomen, die op groote hoogte aan het bombardement van de cosmische stralen werden blootgesteld. Het bleek dat tengevolge van dit bombardement alle op drie na gedood werden. De drie teruggekomen fruitvliegen zijn thans dood, maar eenigen tijd geleden beschikte men reeds over 98 eieren en larven daarvan.

De kennis van de stratosfeer kan verder nog van belang zijn voor de radio, hetgeen nog een reden voor het onderzoek er van is.

Een ander onderzoek geldt het nagaan van de juistheid van de theorie van Svante Arrhenius. Na de tocht met den „Explorer II" bleek dat op 22 km hoogte nog sporen van levend organisme in de atmospheer aanwezig zijn. Gevonden werden 7 soorten van sporen, waarvan sommige plantenziekten veroorzaken. Van de 7 soorten konden hier op aarde 5 soorten heel goed ontwikkeld worden, 1 soort ontwikkelde zich tot een bepaalde limiet, terwijl de proeven met de 7de soort nog voortgezet worden. Sommige sporen heeft men 200 uren laten doorbrengen in een temperatuur van –78° C, zonder dat ze er eenige last van bleken te ondervinden.

Maar de voornaamste reden waarom het onderzoek van de stratosfeer zoo belangrijk wordt beschouwd, is wel dat het niet onmogelijk wordt geacht, dat daarin later zullen liggen de hoofdaders voor het groote intercontinentale luchtverkeer. Op groote hoogte is de luchtweerstand veel geringer dan op lagere hoogten, zoodat met een daartoe geschikten motor vrij en gemakkelijk en goedkoop snelheden van 600 tot 1 000 km per uur gehaald zullen kunnen worden.

Op deze omstandigheid hebben reeds vele onderzoekers gewezen en verschillende regeeringen en particuliere vliegindustrieën zijn thans bezig dit probleem nader te onderzoeken.

In Engeland, in Amerika, in Frankrijk, in Italië en in andere landen is een stille strijd gaande om de eerste te zijn, die gebruik zal maken van den grooten weg door de stratosfeer, het gebied van voortdurend helder weer en zonneschijn.

Velen dachten en anderen denken nu nog, dat voor de stratosfeer een nieuw type vliegtuig, gedreven door vuurpijlen of raketten in plaats van door een gewonen benzine- of ruwolie-motor, noodig is. Voor het raket-vliegtuig is wellicht een groote toekomst weggelegd, de ontwikkeling ervan verkeert echter nog wel zeer in haar kinderschoenen.

Toch gaat de techniek steeds verder naar een toekomst, waarin we met de snelheid van de zon, mijlen boven de wolken, zullen vliegen in een gebied van voortdurende zonneschijn.

Exhaustonderzoek bij locomotieven der S.S.

door

ir. P. DE GRUYTER, w.i.,

hoofd van het Proefbureau voor rollend materieel te Bandoeng.

In deel I wordt een overzicht gegeven van de uitgevoerde exhaustonderzoekingen, die gericht zijn op een belangrijke besparing in het brandstofverbruik van de locomotieven door aan te brengen constructieverbeteringen. Uitgeweid wordt over de beproeving van de 2C2 locomotief No. 1323. Aan de hand van dit meest gedetailleerde en bereids iets oudere onderzoek, is zoo volledig mogelijk de gedachtengang ontwikkeld, welke aan de in den beginne somtijds nog stap voor stap ingevoerde wijzigingen ten grondslag ligt. In deel II worden de resultaten van deze bijzondere experimenten behandeld, waarbij o.m. het probleem van de schoorsteenlengte opgelost is. Verder zijn duidelijke conclusies getrokken met betrekking tot de meest economische algemeene constructieverbeteringen. Dan worden instructieve mededeelingen gedaan over de zuinigste stookmethode met de nieuw ingevoerde lange

vuurbruggen, waarmede tevens de rookplaag te bestrijden is. In een aanhangsel zijn uitvoerige energieberekeningen overgelegd, die tot verdere gevolgtrekkingen leiden.

Het later verschijnende deel III zal een vergelijkende studie bevatten over alle tot heden verrichte onderzoekingen. Hieruit zijn constructieregels afgeleid voor het ontwerpen van de gunstigste rookkastverhoudingen bij de S. S.-locomotieven. In verband met haar belangrijkheid voor een juiste interpretatie van de metingen, wordt een uitstroomformule voor het exhaustmondstuk ontwikkeld. Overigens komen verspreid meerdere meetproblemen aan de orde. Tenslotte worden cijfers overgelegd van de bereikte besparingen in het brandstofverbruik en van de winst in het vermogen van de onderzochte machines, welke verkregen zijn zoowel met de rookkast-, als met de vuurkistwijzigingen.

Inleiding.

In No. 7 — 1935, blz. III. 53 — 74 van dit tijdschrift werd een kritisch overzicht gegeven van de elders verrichte exhaustonderzoekingen. In aansluiting op dat artikel zullen hierbeneden de door schrijver tot op heden bij de S. S. gehouden proefnemingen aan een gedetailleerde analyse worden onderworpen. Daarbij moet ter bekorting meerdere malen verwezen worden naar de inleidende beschouwingen; het Indische onderzoek is slechts een bescheiden voortzetting van den, in enkele gevallen zelfs monumentaal te noemen, arbeid der vroeger genoemde experimentators.

Dat ook op Java deze materie onder handen werd genomen, was vooral op grond van de jongste wetenschappelijke bijdragen op dit gebied, welke unaniem de conclusie inhielden, dat bij de bestaande exhaust-schoorsteenverhoudingen nog ingrijpende verbeteringen mogelijk zijn, die tot een merkbare besparing in het brandstofverbruik leiden. Tevens is hiermede het grensvermogen van de machine belangrijk op te voeren, waardoor de stoomlocomotief aan geschiktheid voor de moderne sneldiensten wint.

I. Overzicht der onderzoekingen.

Het Indische proefbureau heeft de uitvoerigste rookkastmetingen verricht met de *2C2 locomotief No. 1323*. Dit onderzoek beoogde voornamelijk het experimenteel tot oplossing brengen van het probleem der schoorsteenlengte, wat dringend noodzakelijk werd geacht, wilde men de zekerheid hebben, dat de meest effectieve schoorsteenvormen bij de successievelijk te wijzigen rookkastconstructies ingevoerd zouden worden.

Uit oude experimenten in 1927, bij de *1D+D Mallet-compound locomotief No.* 1260, met den oorspronkelijken langen schoorsteen met een slechts geringe afronding van den inloop (Amerikaansch model) en met een verkorten proefschoorsteen met zeer geleidelijk convergeerenden inloop (Oostenrijksch model), vielen nog geen zelfstandige conclusies te trekken. Het stoomhouden van den ketel onderging geen merkbare verandering bij het ongewijzigd gebleven bovenste schoorsteengedeelte, d.i. dus met behoud van dezelfde opening en hoogte. Verder waren met behulp van den toen toegepasten, tegen de rookkast van de locomotief geplaatsten, uit een remvacuummeter omgebouwden tegendrukmeter, die van uit de machinekamer slechts globaal afgelezen kon worden en van een normalen, in het machinistenhuis opgehangen watervacuummeter, alleen grove metingen te verrichten.

Echter gebaseerd op de reeds in het buitenland door vooraanstaande onderzoekers vastgestelde normen, kon het Indische proefbureau toch een schoorsteenlengte van 1 050 mm voor den nieuwen duplex-schoorsteen — met verdubbeling van de opening naar de buitenlucht — motiveeren (1935, blz. III. 73, *fig. 8*). De vrije doorlaat van den beproefden dubbelen exhaust bedroeg ca. 35% meer, dan van den oorspronkelijken enkelen exhaust. De hiermede in 1928 verkregen resultaten waren zeer bevredigend, alleen met de restrictie van de aan het slot van de vroegere beschouwingen gestipuleerde keuze van een te groote schoorsteenopening, in verband met de beschikbare bouwhoogte der constructie, welk euvel met breede keggen verholpen moest worden. De tijdens het onderzoek geconstateerde merkbare kolenbesparing heeft zich bij de gewijzigde locomotieven der series 1200/50 in het bedrijf bevestigd, terwijl tevens de belangrijke winst in het grensvermogen van de machines duidelijk tot uiting is gekomen.

De proeven met de locomotief No. 1260 waren ook een stimulans tot voortzetting van gelijksoortige experimenten met de andere S.S.-locomotieven. Op het onderzoek in 1933 met de 1D1 *tender-locomotieven Nos 1424* en *1418* wordt later teruggekomen. Te dezer plaatse zij alleen vermeld, dat daarbij beschikt werd over een gevoeligen en zelfregistreerenden tegendruk- en vacuummeter. Op grond van een analyse van de meetstrookjes van deze beiden, bleek zeer nauwkeurig het verband tusschen het rookkastvacuum en den exhausttegendruk bepaald te kunnen worden, waardoor nu ook voor het Indische proefbureau de mogelijkheid open kwam om door het eigen experiment den besten schoorsteenvorm vast te leggen.

Deze gelegenheid werd aangegrepen bij de hoogergenoemde *2C2 tender-locomotief No. 1323*, welke in April 1934 voor een algemeen onderzoek afgestaan was en daartoe met het instrumentarium van het proefbureau uitgerust werd. Een 12-tal ritten, dat einde April en in de eerste helft van Mei in den versnelden proeftreinloop Bandoeng-Weltevreden en omgekeerd met aangekoppeld meetrijtuig werd gemaakt, diende tevens voor het verzamelen van gegevens, benoodigd voor de opstelling van de belangrijkste ketelkarakteristieken van de locomotief in haar oorspronkelijken toestand. Het exhaustmondstuk bezat een middellijn van 125 mm met een wig van 15 mm breedte, d.i. een vrijen doorlaat van 104,5 cm^2.

In de tweede helft van Mei had de uitwerking dezer gegevens plaats. Gelijktijdig werd in de werkplaats Bandoeng de tevoren ongewijzigd gelaten machine voorzien van een nieuwen schoorsteen en het exhaustmondstuk zoo laag mogelijk gemonteerd; de vuurkist werd uitgerust met een langere, tegen de tubeplaat gesloten vuurbrug.

Als proefschoorsteen gebruikte men het in *fig. 1* geschetste korte model *A* met geleidelijk convergeerenden inloop. Het exhaustmondstuk werd echter — in afwijking van de figuur — 1 960 mm onder de schoorsteenopening geplaatst; dit was voorzien van een ring met een inwendigen diameter van 140 mm en met 4 aangelaschte kegjes van zoodanige afmetingen, dat een vrije doorlaat van 142 cm² aanwezig bleef. Genoemde verhoudingen werden ontworpen volgens de aan het slot van het inleidende artikel beschreven werkwijze (1935, blz. III. 72 — 73).

In Juni werd met de gewijzigde locomotief een eerste 8-tal meetritten op het proeftraject Poerwakarta-Padalarang uitgevoerd, waarbij het stoomhouden onbevredigend bleek. Op grond van een bewerking van het verzamelde materiaal achtte men ca. 100 mm hoogerplaatsing van het mondstuk gunstiger. De afstand h beneden de als grondslag aangenomen schoorsteenopening, met een middellijn d_m = 520 mm, was namelijk bepaald aan de hand van *fig. 1*, Abb. 24 (1935, blz. III. 61) en wel voor de exhaustmiddellijn d_1 = 140 mm met een koniciteit $x_m = 1 : 5{,}15$ van den fictieven kegel $(d_m - d_1) : h$, bij den exhaustdoorlaat f_1 van 142 cm². In verband met de grootere spreiding van den stoomstraal door de in de uitstroommonding aanwezige kegjes, mocht echter verwacht worden, dat de werkelijke stoomkegel den schoorsteen reeds te laag opvulde.

Men had natuurlijk afstand kunnen doen van deze wigjes en een exhaustring met een middellijn van ca. 135 mm met dezelfde, dan volle opening van 142 cm² toe kunnen passen. Er werd daarentegen prijs op gesteld om voor de definitieve wijzigingen de ringen met aangelaschte kegjes — en later te voorzien van een merk — te handhaven, waarmede paal en perk is te stellen aan de neiging van het depotpersoneel om naar goeddunken de mondstukken uit te boren en de meest uiteenloopende bruggen toe te passen, een neiging, die voor de bestaande meestal te hooge exhauststanden ten rechte aangekweekt werd, omdat het de eenvoudigste manier was gebleken om in zulke gevallen een voldoende schoorsteenvulling te verkrijgen. Wel in het bijzonder in deze materie moest het proefbureau een rigoreuse normalisatie nastreven.

De vermeend te lage exhauststand bij de eerste proefuitvoering werd verholpen door het tusschenvoegen van een 95 mm hoogere exhaustpijp, zie *fig. 1*. Tevens werd de vrije doorlaat van het mondstuk tot 150 cm² vergroot, bij een inwendige middellijn van den ring van 142 mm met 4 verkorte kegjes. Uit de resultaten van een 9-tal einde Juli verrichte meetritten viel te concludeeren, dat eenzelfde nog onbevredigende graad van stoomhouding werd bereikt als in den voorafgaanden toestand. Toch kon uit het feit, dat de zuigwerking voor beide gevallen practisch gelijkwaardig bleek, de gevolgtrekking gemaakt worden, dat de hoogere stand gunstiger was, daar deze met een ruimeren exhaustdoorlaat vrijwel hetzelfde effect opleverde.

Tenslotte kwam nu het probleem van de schoorsteenlengte aan de orde. Op grond van de proefuitkomsten met de locomotieven Nos 1260 en 1424/18 — voor de laatste werd bij de gewijzigde rookkastconstructie (schoorsteenlengte 1 100 mm) zelfs een verbetering ten opzichte van de oorspronkelijke stoomhouding geconstateerd met een tot 43% ruimeren vrijen doorlaat van het exhaustmondstuk — en gelet op de onderlinge ketelverhoudingen, was niet aan te nemen, dat voor de locomotief No. 1323 geen gelijkwaardige winst bereikbaar zou zijn. De onbevredigende stoomvorming bij de proefuitvoering moest geweten worden aan het eenigste afwijkende constructieonderdeel, in casu den sterk verkorten schoorsteen.

Om den invloed van de schoorsteenlengte op de exhaustwerking te kunnen bepalen, werden twee plaatijzeren schoorsteenverlengstukken aangemaakt, die met het reeds gemonteerde gietijzeren werkstuk samen te stellen waren tot de in *fig. 1* geschetste modellen *B* en *C*. Deze drie achtereenvolgens beproefde schoorsteenmodellen waren van de noodige

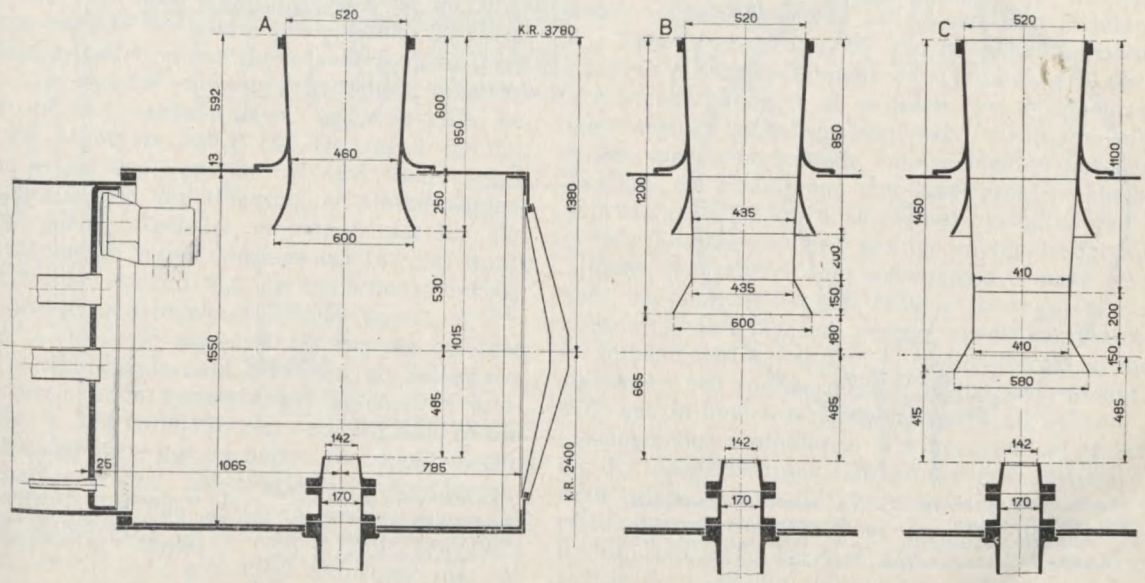


Fig. 1. Beproefde schoorsteenmodellen van verschillende lengten.

aanboringen voorzien, welke door pijpleidingen en gedeeltelijk rubberslangen verbonden werden met een viertal zijdelings van de rookkast opgestelde, met water gevulde *U*-buizen, om het vacuumverloop langs den schoorsteenwand te leeren kennen. Tevens werden in den schoorsteenmond een snelheidsdrukmeter en een thermo-element gemonteerd, welker meetpunten tijdens elke opname over de volle middellijn van de opening verplaatsbaar waren; de afleesinstrumenten, t.w. een lange met water gevulde, als gevoeliger drukmeter functionneerende *U*-buis en een de temperatuur aanwijzende millivoltmeter, bevonden zich eveneens naast den schoorsteen.

Fig. 2 behelst de volledige opstelling van de genoemde instrumenten, inclusief den bij alle locomotiefbeproevingen gebruikten zelfregistreerenden vacuum- en tegendrukmeter, respectievelijk aangesloten op de rookkast en de exhaustpijp, en wel naast elkaar gemonteerd aan de rechter zijde van den ketel. De aftakking van het driewegskraantje in de rookkastvacuumleiding is tevens steeds aangesloten op een in het machinistenhuis opgestelden langen *U*-buis vacuummeter.

Het korte verticale, tegen de stroomingsrichting open pijpje voor de meting van den stuwdruk was aangelascht tegen een lange horizontale pijp, welke aan haar linker uiteinde toegesoldeerd werd. Deze door een paar gaten in den schoorsteenrand verschuifbare pijp was van een duidelijke verdeeling voorzien, waardoor men de zekerheid had, dat steeds de achtereenvolgende aflezingen bij de opnamen voor overeenkomstige standen verricht werden (vgl. *fig. 10*). De pyrometerleiding was met een paar klemmen aan de drukpijp bevestigd; het meteinde bestond uit een dunne manganin en koperen draad, die in een punt aaneengesoldeerd waren om zoo gering mogelijke storingen in de strooming te veroorzaken. Wat betreft de plaats van de aanboringen voor de vacuummetingen in den wand van de verschillende schoorsteenmodellen, zij verwezen naar *fig. 3;* de openingen bevonden zich aan de voorzijde van den schoorsteen verticaal boven elkaar.

Tusschen 3 en 26 September 1934 werden op het baanvak Plered-Bandoeng in totaal een 15-tal proefritten gehouden, t.w. respectievelijk 5 met elk van de schoorsteenmodellen *A, B* en *C*. Het exhaustmondstuk liet men hierbij ongewijzigd, namelijk met den vrijen doorlaat van 150 cm², zie *fig. 1*. Het stoomhouden bleek bij toenemende verlenging een markante verbetering te ondergaan. Met model *A* was, zooals reeds bekend, het stoomhouden onvoldoende. Model *B* leverde bereids een uitmuntende stoomvorming op; met model *C* was deze zelfs te overvloedig: de sterke afblaasneiging van de veiligheidskleppen van den ketel kon niet meer met de aschbakdemperkleppen beheerscht worden, zoodat dan ook bij tijden met de geopende vuurdeur gereden werd. Sub **II** zullen de meetuitkomsten van deze bijzondere schoorsteenonderzoekingen geanalyseerd worden.

In verband met de bereikte resultaten werd de locomotief voor het definitieve algemeene onderzoek voorzien van een tot 950 mm verlengden schoorsteen met een cilindrisch gedeelte van 200 mm en een inloop van 150 mm lengte. Het reeds in Juli hooger geplaatste exhaustmondstuk met een vrijen doorlaat van 150 cm² bleef gehandhaafd bij behoud van de schoorsteenopening met een diameter van 520 mm.

De teekeningen voor de bij de locomotieven der

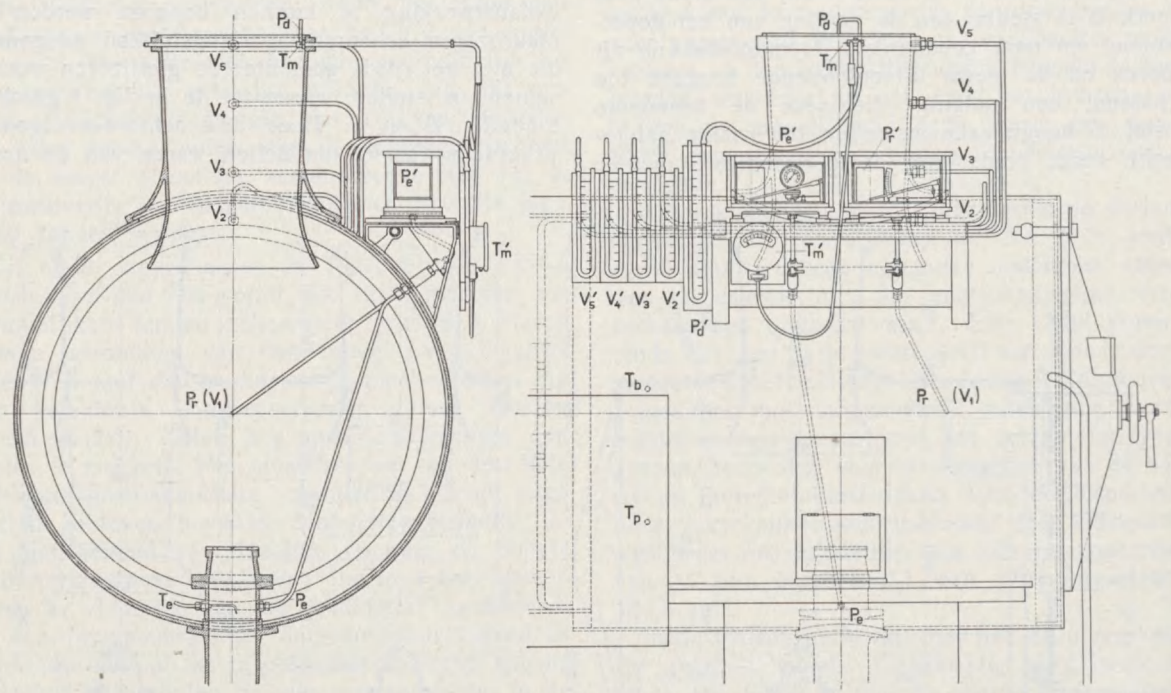


Fig. 2. Opstelling van de instrumenten.

serie 1300 in te voeren rookkastwijziging werden aangemaakt. Daarbij is de schoorsteen 100 mm langer uitgevoerd met een middellijn van 530 mm aan den mond en de exhaust ca. 80 mm lager gemonteerd (vgl. 1935, blz. III. 72, *fig.* 7). De nieuwe uitvoering met een totale schoorsteenlengte van 1 050 mm wijkt dus alleen in zooverre van de uiteindelijke proefinrichting af, dat zoowel het exhaustmondstuk, als de schoorsteen globaal 100 mm lager zijn gesteld en de schoorsteen hierdoor in de constructie naar boven toe 100 mm te verlengen was. De laatste proefschoorsteen werd opzettelijk korter gelaten om de zekerheid te hebben, dat de definitieve wijziging nog iets in het voordeel zou zijn door de groote toegepaste schoorsteenlengte en de ruimere opening; de andere verhoudingen werden overigens onderling practisch gelijk gehouden. De motiveering voor de zeer bepaalde schoorsteenlengte, welke ook in schrijver's artikel van 1935 opgenomen is (blz. III. 72), zal hier sub **II** nader gepreciseerd worden.

Met de besluitende proefnemingen werd 11 October 1934 een aanvang gemaakt; zij werden medio April 1935 beëindigd. In totaal omvatte dit onderzoek 29 uitvoerige meetritten op het traject Pleredpadalarang en 8 ritten zonder verbruiksopnamen op het baanvak Bandoeng-Tjitjalengka en omgekeerd, de eerste gereden met snelheden tot ruim 55 km/h en de laatste tusschen 75 en 90 km/h. Het meetrijtuiginstrumentarium was hierbij zoo volledig mogelijk gemobiliseerd. De voorafgegane stook- en schoorsteenproeven werden daarentegen alle door den leider van het proefbureau en diens assistenten op de locomotief medegemaakt.

De definitieve experimenten, welke met briketten als brandstof werden gehouden, voerde men uit met een vrijen doorlaat van het exhaustmondstuk van 150 cm^2; gedurende een serie met Boekit Assamnootjeskolen verrichte ritten moest een vrije doorlaat van 142 cm^2 toegepast worden. Voor de eerstgenoemde brandstofsoort was het stoomhouden goed, voor de zoogenaamde nootjeskolen met een te groot fijngehalte liet dit nog iets te wenschen over.

Op grond van deze ervaringen zijn de 58 stuks 2C2 locomotieven der serie 1300, welke door een bespoedigden ombouw reeds alle sedert medio 1935 voorzien zijn van den nieuwen schoorsteen, uitgerust met een tweetal exhaustringen, respectievelijk gemerkt 1300 A 150 en 1300 B 142. De ring *A* met den grootsten vrijen doorlaat van 150 cm^2 vindt toepassing bij het stoken van briketten en Ombilin-steenkolen met goed grofgehalte, de ring *B* met den globaal 5% kleineren vrijen doorlaat van 142 cm^2 wordt gebruikt bij het stoken van de Indische steenkoolsoorten met groot fijngehalte en van hout.

In het zoo spoedig mogelijk als vervolg op deze bijdrage verschijnende deel **III** zullen de definitieve exhaustexperimenten gedetailleerd beschreven worden en wel in den vorm van een vergelijkende studie over de belangrijkste der tot heden door het Indische proefbureau verrichte algemeene exhaustonderzoekingen. Tevens zal dan uitvoerig worden ingegaan op het respectievelijk in de tweede helft van 1935 en begin van dit jaar gehouden onderzoek met de 2C2 *tender-locomotief No. 1123* en de *1C1 tender-locomotief No. 1705*. Daar deze latere proefnemingen geen nieuwe gezichtspunten met betrekking tot de hier behandelde materie hebben geopend — hoewel zij waardevol materiaal voor een meer breede analyse opleverden — behoeven zij te dezer plaatse nog niet nader uitgewerkt te worden.

Hiermede aan het slot van dit overzicht gekomen zijnde, zal nu overgegaan worden tot een ontleding van de bijzondere experimenten met de locomotief No. 1323.

II. Bijzondere schoorsteenproeven.

In *fig. 1* zijn de onderzochte schoorsteenmodellen geteekend.

Fig. 2 behelst de volledige opstelling van het voor de uitvoerige rookkastmetingen gebruikte instrumentarium. Behalve de hooger omschreven toestellen waren nog een drietal pyrometers aangebracht, t.w. in de exhaustpijp en resp. vóór de vlambuizen en -pijpen; de aanwijsinstrumenten van deze bevonden zich in het machinistenhuis. Laatstgenoemde pyrometers worden, evenals de zelfregistreerende vacuum- en tegendrukmeter, bij elk algemeen locomotiefonderzoek toegepast.

De plaats van de aanboringen in den wand van de verlengde schoorsteenmodellen volgt uit het schema in *fig. 3;* de vormen *A, B en C* werden hierin achtereenvolgens met getrokken, lange en korte streeplijnen geschetst. De later te behandelen karakteristieken van de betreffende meetuitkomsten zijn in gelijksoortige lijnen weergegeven.

Van buitengewone waarde bij het onderzoek waren *de zelfregistreerende tegendruk- en vacuummeter.* In *fig. 4* zijn de gedeelten van het tweetal strookjes gereproduceerd met betrekking tot de proefritten A 5 en C 4 (vgl. de staatjes bij *fig. 10*) en wel op het laatste traject Maswati-Tjimindi. Gesleept werd een trein van 11 rijtuigen met een ledig gewicht van 258 t; de rijsnelheid bedroeg ca. 50 km/h op de klimmingen van gem. 14,7 °/$_{00}$ tusschen Maswati en Padalarang (cilindervulling gem. 45%;), 70 tot 80 km/h op de helling van 10°/$_{00}$ tusschen Padalarang en Tjimahi en ruim 80 km/h op het horizontale baanvak tusschen Tjimahi en Tjimindi. Uit de opgeteekende lijnen is af te lezen, dat de stoomregulateur eenige malen gesloten werd, n.l. bij het doorrijden van de horizontale emplacementen Sasaksaät, Tjilame en Padalarang met geen grootere snelheid dan van ruim 50 km/h en bij het passeeren van het station Tjimahi met een geringe snelheidsbeperking. Tijdens den proefrit met schoorsteen *C* werd tevens vóór en onmiddellijk ná Tjilame de regulateur geknepen, omdat langzaam gereden moest worden resp. in verband met het te laat op veilig getrokken inrijsignaal en een voorgeschreven snelheidsvermindering over een in ombouw zijnd kunstwerk ná Tjilame.

Genoemde manipulaties zijn het beste af te lezen uit de tegendruklijnen. De groote gevoeligheid van deze moge volgen uit het feit, dat sporadisch bij afsluiten van den regulateur een onderdruk geregistreerd werd. Dit weet men aan de mogelijkheid, dat zich in de pijpleiding buiten de rookkast door sterke afkoeling een kleine kolom condenswater kan vor-

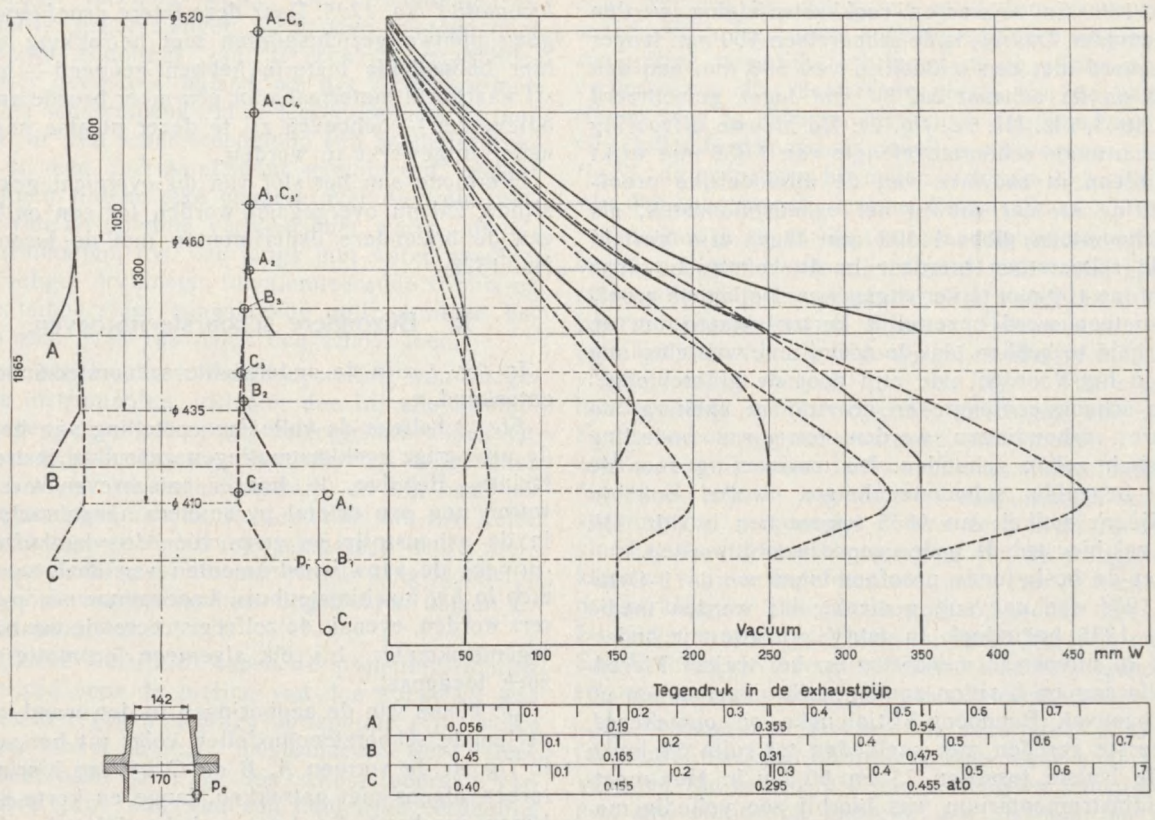


Fig. 3. Verloop van het vacuum langs den schoorsteenwand voor uiteenloopende schoorsteenlengten en rookkastvacua.

men van 10 tot 20 cm hoogte, welke — wanneer zij blijft staan — een miswijzing tot -0,02 at verklaart. Om dit euvel op te heffen, wordt nadien de pijp met kraan buiten de rookkast van een asbestisolatie voorzien.

Het typische verband, dat tusschen den tegendruk en de uit het exhaustmondstuk stroomende hoeveelheid stoom bestaat, zal in deel **III** uitvoerig worden behandeld. Hier is reeds te signaleeren, dat de temperatuur van den exhauststoom daarbij een rol speelt, zoodat bij het verwerken van de tegendrukwaarden in de karakteristieken sterke afwijkingen van de gemiddelde temperatuurwaarnemingen in aanmerking zijn te nemen. In het bijzonder bij opkoken, d.i. een zeer hoog vochtgehalte van den stoom, treden abnormale miswijzingen op.

De vacuumlijnen zijn steeds meer of minder verteekend op de momenten, dat met geopende vuur-

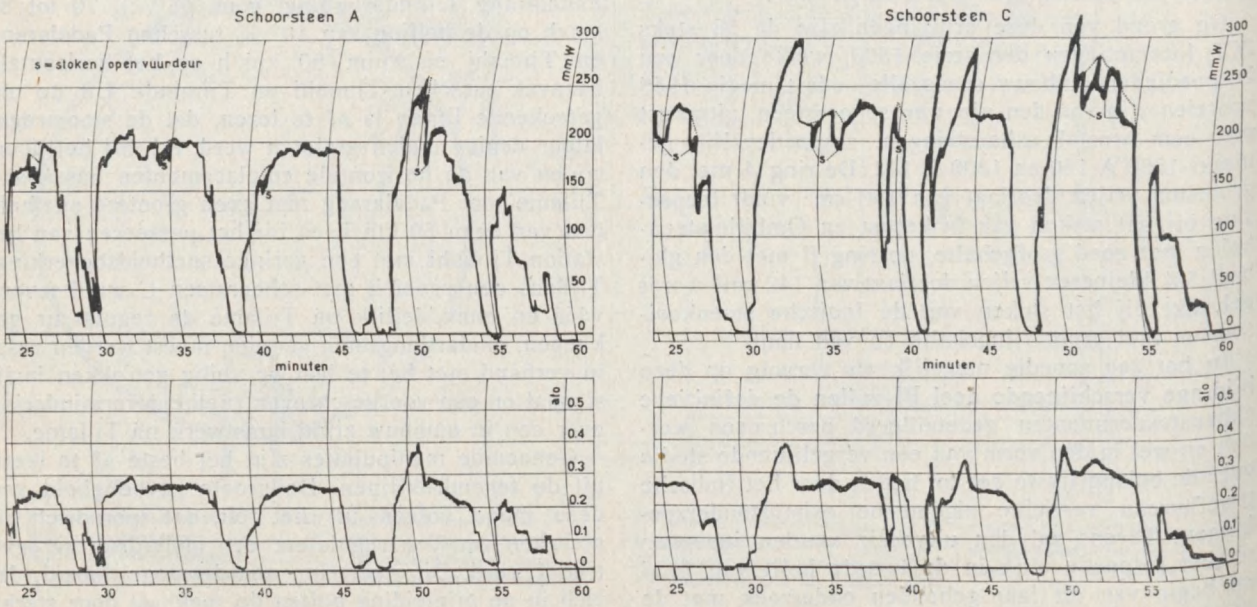


Fig. 4. Registreering van het rookkastvacuum en den exhausttegendruk.

deur gereden wordt gedurende het opgooien van brandstof. Daardoor zal een hoeveelheid lucht direct door den stookmond binnentreden en den totalen stroomingsweerstand van de verbrandingslucht, welke anders geheel door de brandstoflaag heen aangezogen moet worden, merkbaar verminderen. Het rookkastvacuum stelt zich lager in bij verwerking van een iets grootere hoeveelheid luchtovermaat en verbrandingsgassen, zoodanig dat de som van den toch nog geringeren verdichtingsarbeid en het meerdere schoorsteenuittredeverlies en stootverlies in het exhaustproces gelijk blijft (zie 1935, blz. III. 67, energievergelijking **4**).

Vooral voor de ritten met hooge vacua zijn de momenten van bijstoken zeer markant uit de vacuumlijn afleesbaar door vergelijking met de tegendruklijn. Een beschouwing van de in *fig. 4* ingeteekende stippellijnen moge dit verduidelijken; zij geven het fictieve vacuumverloop weer in de veronderstelling, dat de vuurdeur nergens geopend ware. De verder beneden te analyseeren vacuum-tegendrukkarakteristieken zijn gebaseerd op de langs dezen weg geverifieerde vacuumkrommen.

De genoemde verteekeningen in de vacuumlijn zijn zeer waardevol voor een beoordeeling van de gevolgde *stookmethode*. Aan de hand van de *fig. 4* en *5* zullen hierover eenige beschouwingen gehouden worden.

De in *fig. 5* gereproduceerde strookjes waren afkomstig van den zwaarsten proefrit met den definitieven proefschoorsteen op het traject Plered-Padalarang. De trein bestond uit 11 rijtuigen met een totaal gewicht van 257 t; op een cilindervulling van 57% werd een snelheid van 52 tot 55 km/h ontwikkeld (gemiddeld vermogen: op de klimming gemeten aan den dynamometer 910 pk — omgerekend voor de horizontale rechte baan aan den trekhaak 1 115 epk — in de cilinders ca. 1 240 ipk). De stoomregulateur bleef bij het doorrijden van de horizontale emplacementen vol geopend; door afremmen van den trein hield men de snelheid practisch constant. De tijdelijke regulateursluiting had plaats bij een kort oponthoud voor het onveilige afstandssignaal van Tjilame, waarbij de blazer ingezet werd om het vuur eenigszins brandende te houden. Af te lezen is, dat de blazer een rookkastvacuum van ruim 2 cm water opwekt. Tevens blijkt uit de registreeringen, dat tijdens de aanzetperiode van ruim 5 min. na vertrek van Plered — van den zwaren trein op de klimming van ca. 15 $^0/_{00}$ — een paar keeren een gevoelige doorslag optrad en later nog tweemaal een zeer korte slip, welke alleen door den tegendrukmeter genoteerd werd (de laatste in de tunnel). Het weer was bij de in de *fig. 4* en *5* gereproduceerde proefritten droog; zouden regens opgetreden zijn, dan ware de locomotief niet in staat geweest om — ook met een betrouwbare zanding — de benoodigde adhesietrekkracht te presteeren.

Wat nu het stoken betreft, liet dit bij de experimenten met de schoorsteenen *A* en *C* veel te wenschen over. In het algemeen werd gedurende de bijzondere schoorsteenonderzoekingen met een dik brikettenvuur vertrokken en in den beginne verder te dikwijls en te veel, ook onder de vuurbrug, opgegooid. Dit volgde o.m. uit de hier niet overgelegde eerste strookgedeelten van *fig. 4*, uit welke figuur echter wel blijkt, dat later minder en onregelmatiger bijgestookt werd. Er trad een bijwijlen hinderlijke rookvorming op.

De opgedane ervaringen leidden bij het onderzoek met den definitieven proefschoorsteen tot een verbeterde stookmethode voor de gasrijke Indische steenkolen. Bij het in *fig. 5* weergegeven zwaarste experiment moest weer met een dik brikettenvuur worden vertrokken, dat echter naar voren toe dunner werd gehouden; met den blazer werd een beginnende aanbranding bewerkstelligd. Het bijstoken geschiedde, nadat de aanzetperiode ruim verstreken was, verder regelmatig ongeveer om de 3 tot 4 minuten. Tevens werd voornamelijk achter opgegooid; de stoker droeg er zorg voor, dat de brandstoflaag onder de lange, tegen de tubeplaat gesloten vuurbrug nooit te dik was, doch steeds witgloeiend uitstraalde. De door de ter plaatse dunnere laag aangezogen groote luchtovermaat is van belang voor een goede naverbranding van de belangrijke hoeveelheid gassen, welke in den beginne steeds uit de, vooral achter in ruimere mate nieuw bijgeworpen brandstof ontwijken; de hooge temperatuur van de vuurbrug werkt hierop door straling stimuleerend. Door deze werkwijze was de rookvorming tot een minimum beperkt.

De juistheid van de methode bleek tevens uit de waargenomen hoogere temperatuur van de verbrandingsgassen in de rookkast en van den oververhitten stoom. Als gevolg van het

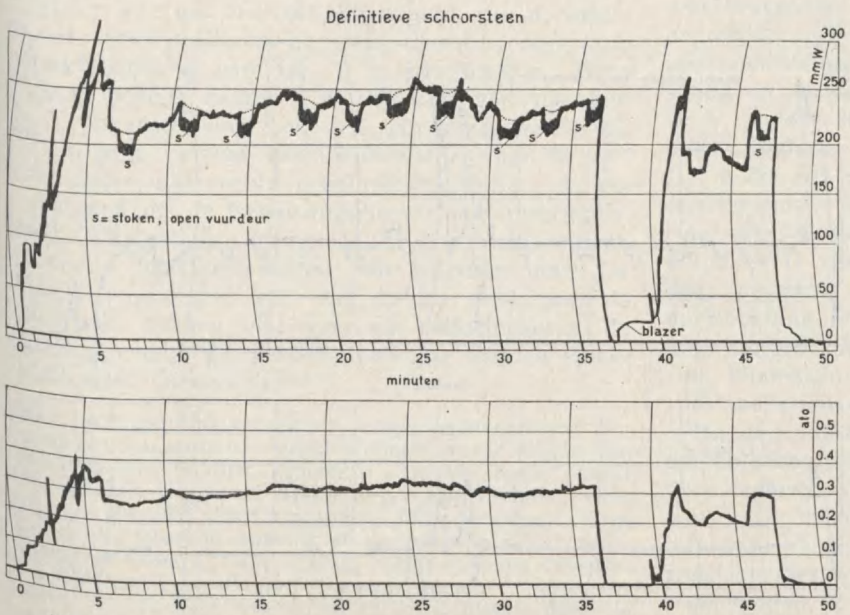


Fig. 5. Registreering van het rookkastvacuum en den exhausttegendruk.

een en ander was het gemiddelde kolenverbruik gedurende het definitieve onderzoek toch nog gunstiger dan bij de experimenten met de schoorsteenen *B* en *C*, ondanks het met hen bereikbare hoogere rookkastvacuum, d.i. grootere luchtoverschot, mits het vuur niet te dik lag.

In dit verband kan verder medegedeeld worden, dat de hinderlijke rookvorming bij stilstand van de locomotief op het station van vertrek voorkomen kan worden, door na het opmaken van het vuur den blazer vol in te zetten en de stookdeur een weinig geopend te houden. De door deze laatste binnentredende secondaire lucht doet de overmatig zich ontwikkelende gereduceerde gassen naverbranden. Bij de stop-stations drage men er zorg voor, dat reeds vóór aankomst een redelijk dik, goed aangebrand vuur op het rooster aanwezig is. Tijdens het oponthoud wordt slechts een meerdere dekking op de achterzijde van de brandstoflaag aangebracht. Wel te verstaan speelt bij de geringe rookvorming met alle bovengenoemde manipulaties de verlengde en gesloten vuurbrug een hoofdrol, doordat zij de vlam dwingt om een langen, eerst terugloopenden weg in de vuurkistruimte af te leggen.

Nemen wij nu de registreering van het rookkastvacuum weer op, dan valt hierbij tenslotte aan te teekenen, dat uit de vacuumlijn afgelezen kan worden of met bijstoken het vuur plaatselijk, óf onjuist geheél afgedekt werd. Vooral bij kleinere stukkolen als brandstof ziet men in het laatste geval, nadat de vuurdeur gesloten is, het vacuum geleidelijk merkbaar boven zijn gemiddelde stijgen, in verband met het feit, dat de steenkool bij verwarming eerst plastisch wordt, ten gevolge waarvan de geheele deklaag tijdelijk een toenemenden weerstand biedt aan de doorstroomende lucht. De gasontwikkeling is dan reeds ingeleid en bereikt spoedig daarna haar maximum.

De meer of mindere stookdikte is ook af te lezen uit de afwijkingen naar boven of beneden van de gemiddelde vacuum-tegendrukkarakteristiek, door de overeenkomstige waarden uit de strookjes hierin uit te stippelen. Dit is in het bijzonder te constateeren voor de eerste aanzetperiode, wanneer met een dik en nog slechts weinig doorgebrand vuur vertrokken wordt. De daarbij afgelezen vacua, als functie van den tegendruk, kunnen gevoelig uitsteken boven het gemiddelde verloop. Wordt daarentegen na onvoorzien stoppen of langzaam rijden onderweg de trein weer zwaar opgezet, terwijl niet tijdig genoeg een hierop berekende dikkere brandstoflaag aangebracht kan worden, dan zal het omgekeerde waar te nemen zijn.

Een mooie illustratie van een paar der laatstgenoemde punten levert *fig. 6*. Deze figuur heeft betrekking op een lichteren proefrit, welke gedurende het definitieve onderzoek met Boekit Assam nootjeskolen als brandstof werd gehouden op het traject Plered-Padalarang. Eenige gegevens over dit experiment mogen hier in het kort volgen: aangehangen trein van 7 rijtuigen, gewicht 167 t; vullingsgraad 35%; gem. snelheid ca. 48 km/h; gem. cilindervermogen 825 ipk; vrije doorlaat van den exhaust 142 cm^2. De regulateur werd een moment gesloten voor het te laat op veilig getrokken afstandssignaal van Maswati. Daarna moest de locomotief opgezet worden, wat nogmaals diende te geschieden, toen de trein door te sterk afremmen op het emplacement van Maswati een tweede snelheidsvermindering onderging. In verband met een voortgaande daling van den keteldruk na het passeeren van Tjilame, voerde men het laatste gedeelte van den rit op 40% cilindervulling uit. Zie het verloop van den tegendruk in de figuur.

De vacuumregistratie werd bijgeteekend aan de hand van de tegendruklijn en van de gemiddelde vacuum-tegendrukkarakteristiek. Uit de zoodanig geverifieerde vacuumlijn is het voor de toegepaste brandstof met groot fijngehalte typische oploopen van het rookkastvacuum na het bijstoken duidelijk afleesbaar. Verder blijkt, dat — hoewel met een redelijk dik vuur vertrokken werd — veel van het gruis uit de steenkolen tijdens het zware aanzetten weggeslagen was, waardoor een dunnere dan de voor de gevraagde belasting vereischte laag op het rooster restte. Dit euvel wist men door een paar malen bijgooien op te heffen. Nadien had het bijstoken vrij gelijkmatig, doch in een iets sneller tempo plaats, dan gedurende den met briketten gemaakten proefrit van *fig. 5*. Het totale verbruik aan nootjeskolen was dan ook grooter en zou bij regelmatiger werk van den stoker toch nog van dezelfde orde van grootte zijn geweest, dan het brikkettenverbruik met de 50% zwaardere prestatie van *fig. 5*. De relatieve stijging van de vacuumlijn ten opzichte van de tegendruklijn

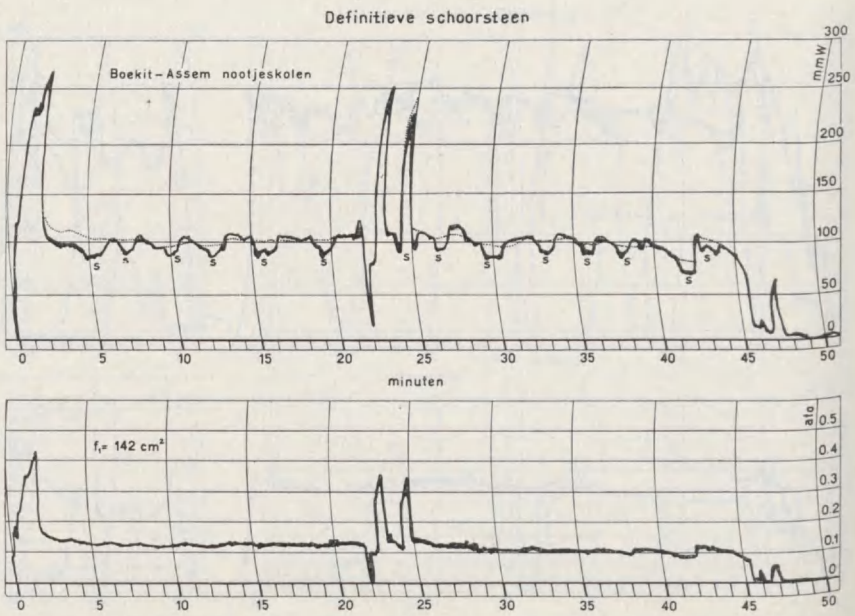


Fig. 6. Registreering van het rookkastvacuum en den exhausttegendruk.

geeft namelijk een aanwijzing, dat het vuur geleidelijk dikker werd door te veel bijstoken. Ook kon de weerstand door de brandstoflaag gedeeltelijk door eenige slakvorming vermeerderd zijn.

De duidelijk waarneembare rookvorming van de nootjeskolen gaf een aanwijzing, dat deze fijnere steenkolen in een korter tempo met kleinere hoeveelheden tegelijk en meer wisselend verdeeld over het rooster opgegooid dienen te worden. De gasontwikkeling zal anders door het zeer groote aanbrandingsoppervlak van de te veel ineens bijgeworpen kleine stukken dusdanig hevig zijn, dat periodiek een beslist tekort aan voldoende luchtoverschot boven het vuur op moet treden. Hier vooral is de voorzijde van de brandstoflaag dunner en witgloeiend te houden.

De markante verschillen in de gemiddelde rookkastvacua, welke bij de toepassing van belangrijk in stukgehalte uiteenloopende brandstofsoorten waar te nemen zijn, zullen in deel **III** besproken worden. De bijzondere schoorsteenexperimenten werden alle met één soort briketten als stookmateriaal uitgevoerd, om een zoo zuiver mogelijke vergelijkingsbasis te hebben.

Ten laatste is aan te teekenen, dat in de verbindingsnippels van de buiten de rookkast gelegen pijpjes met de kranen van den zelfregistreerenden vacuum- en tegendrukmeter plaatjes met kleine boringen aangebracht zijn, waardoor de aanwijzingen sterk gesmoord worden. Zonder deze smoring zouden, als gevolg van de ongelijkmatige uitstrooming van den stoom uit het exhaustmondstuk, hinderlijke fluctuaties in de geregistreerde lijnen optreden. De hiervan gebleken nadeelen waren, dat moeilijker het gemiddelde verloop van zulke lijnen vastgesteld en ook de hoogergenoemde analyses verricht konden worden, waarom het bij de metingen allereerst te doen is, en dat het door een overmatig vloeien van den inkt niet mogelijk was om een houder met zoodanigen inhoud uit te voeren, dat de pen tenminste een uur achtereen schreef.

Gaan wij nu over tot behandeling van de *uitgewerkte meetresultaten,* dan zijn allereerst de grondkarakteristieken van *fig. 7* te beschouwen. Deze figuur behelst namelijk de betrekkingen tusschen het rookkastvacuum en den exhausttegendruk bij ongewijzigd gelaten exhaustmondstuk voor de verschillende onderzochte schoorsteenmodellen, en wel gebaseerd op de boven omschreven registreeringen, welke afkomstig waren van de sub I vermelde uiteenloopende belastingsproeven van langeren duur. De laatste voorwaarde was van belang, wilde men de zekerheid hebben, dat voor elk belastingsgeval de daarvoor juiste gemiddelde instelling van de stookdikte werd verwerkelijkt [1]).

1) Als inleiding tot elk uitvoeriger onderzoek van een nieuwe exhaust-schoorsteencombinatie wordt steeds een oriënteerende proefrit gemaakt. De locomotief wordt daarbij sterk wisselend belast en de treinsnelheid, waar noodig, geregeld door afremmen. Men verzamelt langs dezen weg zooveel mogelijk uiteenloopende vacuum- en tegendrukwaarden. Deze kunnen echter gevoelig afwijken van de latere definitieve uitkomsten, aangezien de stookdikten bij den opzet van de voorproeven niet in de korte tijdsorden te varieeren en aan te passen zijn.

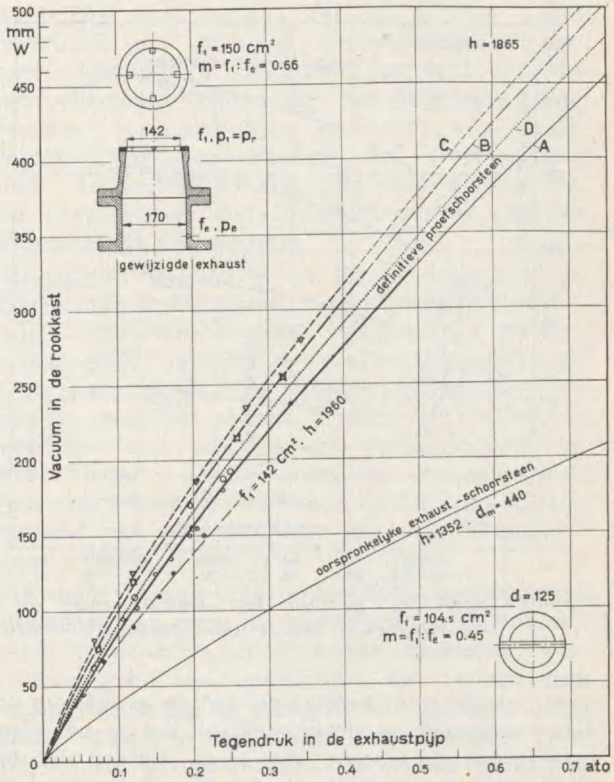


Fig. 7. Betrekking tusschen het rookkastvacuum en den exhausttegendruk voor uiteenloopende schoorsteenlengten.

De dooreengenomen betrekking voor ieder experiment is in de figuur afzonderlijk genoteerd, uitgezonderd voor de onderzoekingen met den definitieven schoorsteen *D,* waarop in deel **III** teruggekomen wordt. Uit het voorafgaande moge het overigens duidelijk geworden zijn, dat de momentane waarden merkbaar af kunnen wijken van de getrokken gemiddelde karakteristieken, als gevolg van de belangrijke schommelingen in den toestand van de brandstoflaag op het rooster bij handstoken.

Vergelijkt men in *fig. 7* het verband tusschen het rookkastvacuum en den exhausttegendruk voor de vier beproefde schoorsteenmodellen, dan blijkt met een toenemende verlenging een uitgesproken verbetering van het exhaustrendement opgetreden te zijn. Deze invloed van de schoorsteenlengte kan nog beter afgelezen worden uit de karakteristieken van *fig. 8.* Zij zijn afgeleid uit *fig. 7* en geven voor uiteenloopende waarden van den tegendruk de verandering weer, welke het opgewekte rookkastvacuum ondergaat bij een verlenging van den schoorsteen naar beneden toe, met behoud van dezelfde mondingsopening. De gestippelde gedeelten van de krommen houden rekening met de hieronder te omschrijven tendenzen van een afnemend vacuum bij te veel verkorten of verlengden schoorsteen.

Bij een voortgezette inkorting tot het grensgeval, dat de schoorsteen practisch een lengte 0 heeft, d.i. als diaphragma functionneert, zullen de randzônes van den stoomstraal — die tevoren het bovenste schoorsteengedeelte opvulden — in de rookkast terugslaan, waardoor de zuigwerking merkbaar terug moet loopen. Aangenomen mag worden, dat met den langsten proefschoorsteen *C* ongeveer een maximaal

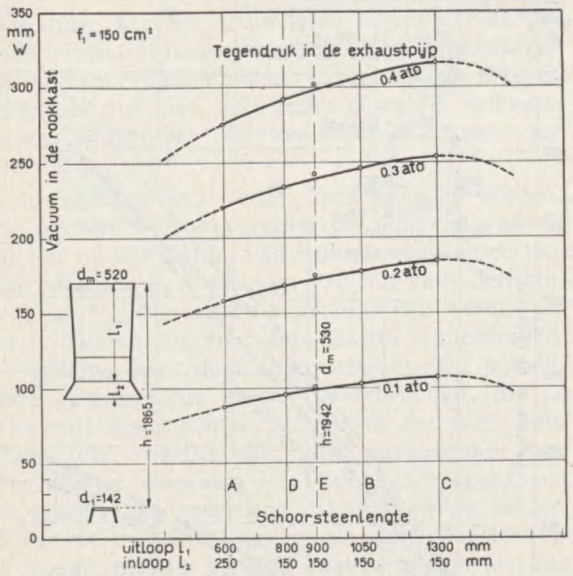


Fig. 8. Betrekking tusschen het rookkastvacuum en de schoorsteenlengte voor uiteenloopende exhausttegendrukken.

nuttig effect werd bereikt en wel op grond van anderer onderzoek, mede afgeleid uit het op het eigen experiment gebaseerde getrokken verloop van het vacuum. Bij een verdere verlenging tot het grensgeval, dat het exhaustmondstuk binnen den schoorsteen valt, zal de zeer groote gassnelheid in de randzônes van den inloop een abnormaal laag vacuum in de keel indiceeren; de verdichtingsarbeid van het stoomrookgasmengsel in den schoorsteen neemt dusdanig sterk toe, dat ondanks de tot een minimum beperkte stootverliezen toch weer een afname in het rendement van de exhaustwerking op moet treden (zie 1935, blz. III. 67 — 68).

In dit verband moge verwezen worden naar *fig. 3*, welke het verloop van het vacuum langs den wand van de drie eerst onderzochte schoorsteenmodellen weergeeft. Hieruit volgt, dat met een toenemende verlenging vacua in de keel tevoorschijn komen, die progressief lager dan het rookkastvacuum liggen. Tijdens enkele vroegere metingen, verricht in de keel van een bij de IDl-locomotief No. 1418 dicht boven het exhaustmondstuk gemonteerden binnenschoorsteen („petticoat"), werden ter plaatse vacua waargenomen, welke reeds ruim het drievoudige van het rookkastvacuum bereikten. Gelet op het feit, dat bij deze uitvoering tevens een aanzienlijk percentage van de rookgassen boven den binnenschoorsteen aangezogen werd, is te verwachten, dat bij een schoorsteenverlenging tot aan of beneden de exhaustmonding — waarbij dan dus álle gassen met zeer groote snelheid door den enkelvoudigen inloop binnenstroomen — in de keel nog belangrijk lagere vacua geïndiceerd zullen worden.

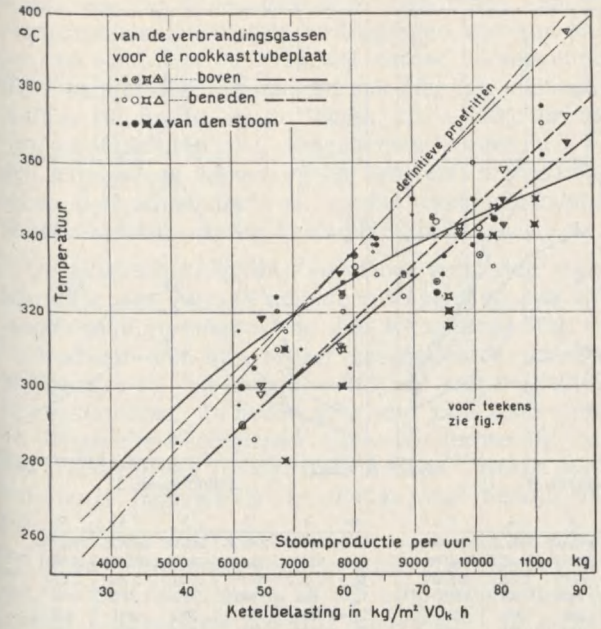
Fig. 7 behelst, behalve de hooger genoemde vier karakteristieken voor het later aangehouden exhaustmondstuk met een vrijen doorlaat van 150 cm², tevens dun getrokken het verband tusschen het rookkastvacuum en den exhausttegendruk voor de oorspronkelijke rookkastconstructie en dun gestreept voor de eerst beproefde wijziging, namelijk de combinatie van het in den voet van de rookkast gemonteerde mondstuk met een vrijen doorlaat van 142 cm² en den proefschoorsteen *A* ($h = 1\,960$ mm). Deze karakteristieken met betrekking tot ongelijke uitstroomopeningen laten zich echter in den hier gegeven vorm niet onderling vergelijken. Daarvoor zal nog de afhankelijkheid tusschen den tegendruk en de hoeveelheid exhauststoom bekend moeten zijn (vgl. inleidende beschouwingen 1935, blz. III. 53 e.v.).

Gedurende het definitieve onderzoek, dat een groot aantal uitvoerige meetritten omvatte onder sterk uiteenloopende belastingstoestanden van langeren duur, werd het waterverbruik van den ketel opgenomen en met inachtname van de opgetreden verliezen de hoeveelheid door de machine verwerkte stoom bepaald. Aangezien elk experiment onder practisch stabiele omstandigheden verliep, kon door een juiste verwerking van alle verzamelde gegevens zeer nauwkeurig het verband tusschen de gemiddeld per uur uitstroomende hoeveelheid exhauststoom en de dooreengenomen geregistreerde tegendrukwaarde vastgesteld worden en wel over het geheele door het onderzoek bestreken gebied. Langs dezen weg werden voor de beide beproefde exhausten, respectievelijk met een vrijen doorlaat van 150 en 142 cm² voor briketten en Boekit Assam-nootjeskolen als brandstof, de beneden in *fig. 9* weergegeven karakteristieken gevonden. De aan deze lijnen ten grondslag liggende afzonderlijke meetpunten zullen sub **III** overgelegd worden.

Bij de behandeling van de algemeene exhaustonderzoekingen in deel **III** komt eveneens een studie over de uitstrooming uit een mondstuk aan de orde. Op grond van deze studie bleek het mogelijk om, aan de hand van de reeds verrichte omvangrijke metingen, een bruikbare uitstroomformule voor de bij de S. S.-locomotieven toegepaste exhaustmondstukken op te stellen. Met behulp hiervan kon toch, ondanks een te kort aan voldoende gegevens omtrent het stoomverbruik van de machine tijdens de proefritten met de ongewijzigde rookkastconstructie, ook voor den oorspronkelijken exhaust met een vrijen doorlaat van 104,5 cm² de mede in *fig. 9* opgenomen karakteristiek bepaald worden.

Op de beschreven wijze werd derhalve de betrekking tusschen de hoeveelheid exhauststoom en den tegendruk vastgelegd. Door invoering van de afhankelijkheid van *fig. 7* in *fig. 9* was nu tevens het verband tusschen de hoeveelheid exhauststoom en het rookkastvacuum voor alle onderzochte combinaties af te leiden. Eerst in dezen uiteindelijken vorm zijn uit de betreffende karakteristieken belangrijke conclusies te trekken.

Zoo kan uit *fig. 9* afgelezen worden, dat voor den schoorsteen *A*, respectievelijk gecombineerd met het laag gestelde exhaustmondstuk met een vrijen doorlaat $f_1 = 142$ cm² (afstand onder de schoorsteenopening $h = 1\,960$ mm) en met het 95 mm hooger gemonteerde mondstuk met een vrijen doorlaat $f_1 = 150$ cm² ($h = 1\,865$ mm), de vacuumlijnen elkaar vrijwel dekten. Hiermede is dus de in deel **I** gedane uitspraak bevestigd, dat de zuigwerking voor beide gevallen practisch gelijkwaardig beoordeeld werd. Ten rechte is, op grond van de latere gedetailleerde



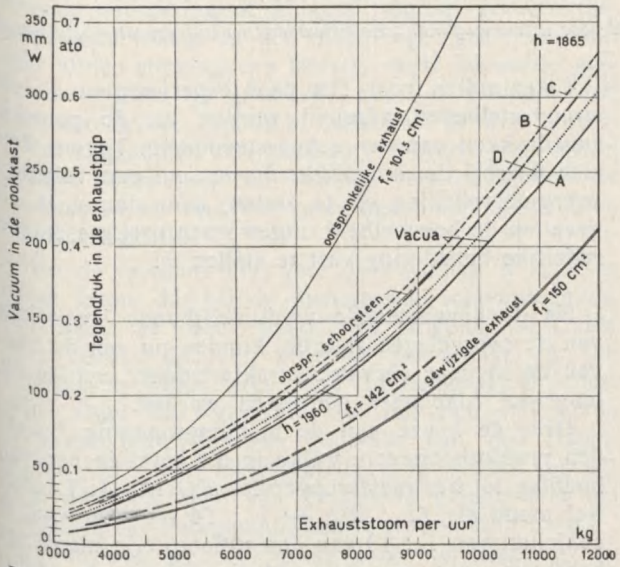


Fig. 9. Betrekking tusschen de stoom–, c.q. gastemperaturen en de ketelbelasting voor uiteenloopende schoorsteenlengten.
Betrekking tusschen het rookkastvacuum, c.q. den exhausttegendruk en de hoeveelheid exhauststoom per uur voor uiteenloopende schoorsteenlengten.

metingen van het stoomverbruik, de verhooging en verruiming van het exhaustmondstuk juist gebleken, waardoor overeenkomstige vacua met een merkbaar geringeren tegendruk verwerkelijkt zijn.

Verder moge te dezer plaatse een korte aanteekening bij de karakteristieken voor de oorspronkelijke rookkastuitvoering ($f_1 = 104{,}5$ cm²) en de definitieve wijziging ($f_1 = 150$ cm²) gemaakt worden. Zeer sprekend is wel de verbetering van den exhausttegendruk volgens *fig. 9*. Het stoomhouden was met den laatsten proefschoorsteen *D* eerder iets gunstiger. Dat niettemin de waargenomen vacua als functie van de ketelbelasting beneden die met den oorspronkelijken schoorsteen bleven, is hoofdzakelijk verklaarbaar uit het feit, dat met de eenigermate verlengde en gesloten vuurbrug een vollediger vlamverbranding werd bereikt. Bij een zuiniger brandstofverbruik, d.i. kleinere roosterbelasting c.q. geringere hoeveelheid rookgassen, gepaard aan een meer volkomen verbranding van de gassen en de zwevende koolstofdeeltjes, had toch een gelijkwaardige warmteontwikkeling en stoomvorming plaats. In deel **III** zal nog uitgeweid worden over deze besparing in het brandstofverbruik met een verlenging van de vuurbrug.

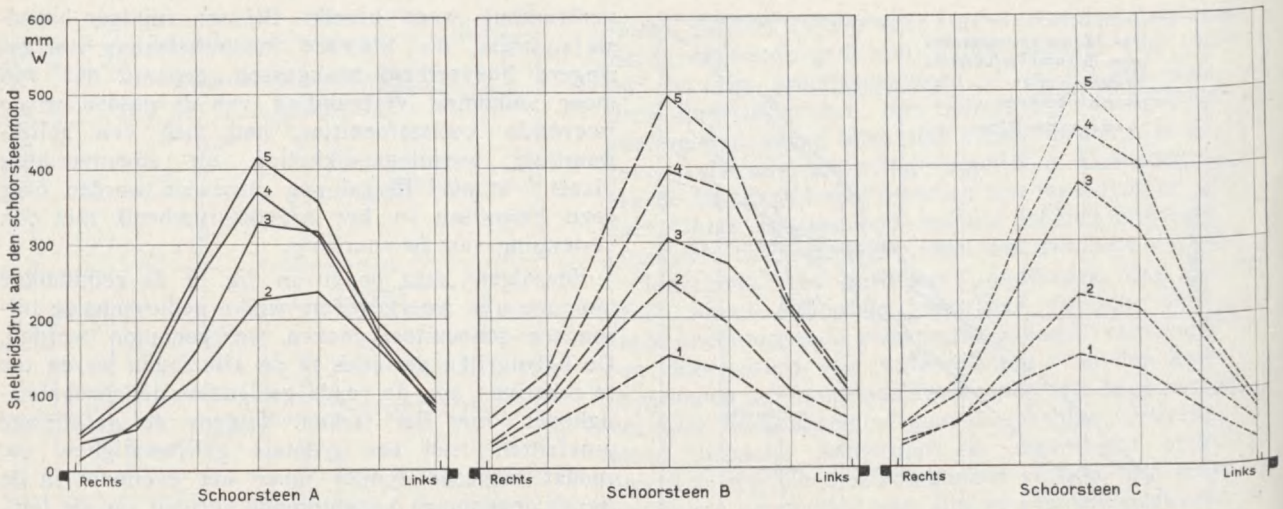
Vervolgens zijn boven in *fig. 9* de gemiddelde temperaturen weergegeven, welke gedurende de bijzondere schoorsteenproeven waargenomen werden. De belangrijke variaties in de aflezingen waren toe te schrijven aan de reeds gesignaleerde onregelmatigheden met het stoken. Tijdens de definitieve proefritten trad een grootere gelijkmatigheid op, zoodat hiervoor zonder meer het eveneens in de figuur opgenomen kenmerkende verloop van de temperaturen van den stoom en van de verbrandingsgassen te trekken was.

De slechts benaderend te teekenen, lager gelegen karakteristieken voor de gemiddelde gastemperaturen bij de inleidende schoorsteenexperimenten, geven in ieder geval een aanwijzing, dat tijdens deze voorproeven in het algemeen te dik gestookt werd, waardoor zich een te kort aan luchtoverschot voordeed, met als gevolg een geringere temperatuur van de vlam in de vuurkist door onvolkomen verbranding (sterke rookvorming!). Ook de gemiddelde temperaturen van den oververhitten stoom bleven grootendeels onder de op het definitieve onderzoek gebaseerde karakteristiek.

Tenslotte behelst *fig. 10* de uitkomsten van de snelheidsdrukmetingen aan den schoorsteenmond. Voor elken proefrit zijn de gemiddelden weergegeven van een 4- tot 6-tal in zoo kort mogelijk tijdsbestek verrichte groepswaarnemingen, gedurende dewelke aan te nemen was, dat de het proces beïnvloedende omstandigheden vrijwel geen verandering ondergingen. De in de ondergevoegde staatjes opgenomen waarden geven voor de beide eerste grootheden de grenzen aan, waarbinnen de periodiek gescheiden serie-aflezingen zich bewogen; de andere cijfers zijn weer gemiddelden.

Wat betreft de temperatuuraflezingen aan den schoorsteenmond, welke alleen voor den middenstand en de beide uiterste standen van het thermo-element verricht werden, moge slechts aangeteekend worden, dat hierbij meestal ca. 5-10° C hoogere waarden langs den omtrek te constateeren waren. Een enkele maal trad echter een omgekeerde tendenz of een kleine onregelmatigheid op, die toegeschreven mochten worden aan de met den toestand van het vuur zich wijzigende temperaturen in de verschillende lagen van de gasstrooming. Aangezien nochtans nooit grootere afwijkingen dan van 5-10° C voorkwamen, is zonder bezwaar neer te schrijven, dat practisch steeds een constante mengtemperatuur opgemeten werd.

De op de verticalen in de grafieken — voor de door deze aangegeven standen van het stuwdrukpijpje — uitgezette dooreengenomen meetresultaten, met betrekking tot een bepaalden proefrit, zijn wederkeerig door gebroken lijnen met elkaar verbon-



	No	2	3	4	5
Gem. mengtemperatuur	t_m =	230/45	245/60	250/65	255/70
Rookkastvacuum	p_r =	95/115	150/65	170/80	190/205
Exhausttegendruk	p_e =	0.120	0.200	0.240	0.255
Exhausttemperatuur	t_e =	145	150	165	170
Rookgastemperaturen	t_b =	335	330	335	345
	t_p =	330	345	340	375

No	1	2	3	4	5
t_m =	205/25	225/35	240/60	255/70	270/90
p_r =	70/80	100/25	150/75	200/20	255/75
p_e =	0.075	0.120	0.190	0.255	0.330
t_e =	130	140	150	165	170
t_b =	280	300	315	330	335
t_p =	315	310	325	350	350

No	1	2	3	4	5	
t_m =	215/20	220/35	245/65	260/75	290/305	°C
p_r =	75/80	110/20	170/90	215/40	260/80	mm W
p_e =	0.070	0.110	0.200	0.260	0.330	ato
t_e =	135	140	155	170	185	°C
t_b =	300	310	340	345	390	°C
t_p =	300	310	340	360	370	°C

Fig. 10. Verloop van den snelheidsdruk aan den schoorsteenmond voor uiteenloopende schoorsteenlengten en locomotiefbelastingen.

den. Dat ook hier tusschen de groepswaarnemingen onderling relatieve verschuivingen in dit lijnverband optraden, mocht weer toegeschreven worden aan onregelmatigheden in de toestroomende gasstroomlagen, veroorzaakt door plaatselijke variaties in de dikte van de brandstoflaag op het rooster.

Op te merken valt, dat gedurende de eerste proefritten A 1-3 de afgelezen snelheidsdrukken een duidelijke aanwijzing gaven, dat de stoomstraal merkbaar links uit het hart van den schoorsteen gericht was, ondanks een nauwgezette uitlijning bij de eerste montage. Men liet daarna de flens van het exhaustmondstuk zoodanig afdraaien, dat dit rechts 2,5 mm kon zakken. Hiermede werd voor de verdere proefritten een meer centraal gerichte uitstrooming bereikt. Typisch echter had dit geen waarneembaren invloed op de meetuitkomsten, waaruit geconcludeerd moet worden, dat een geringe schuinte van het mondstuk onbelangrijk is, mits de stoomstraal tenminste het bovenste schoorsteengedeelte op blijft vullen.

De toestand zal natuurlijk wel veranderen, wanneer de straal reeds laag den schoorsteen vult; dan zal bij scheef treffen een gedeelte van den stoom tegen den inloop terug kunnen slaan in de rookkast, waardoor het rendement verminderen moet. In dit geval kan het door het proefbureau bij de nieuwe schoorsteenconstructies tusschen in- en uitloop aangebrachte cilindrische verloop in de keel van waarde zijn, in zooverre het hen ongevoeliger maakt voor de genoemde onregelmatigheid bij de uitlijning. Een dusdanige ongevoeligheid wordt daarnaast nog bevorderd door den bij de wijzigingen gevolgden gang van onderzoek. Bij de nieuwe exhaustinstellingen zit namelijk steeds het streven voor om hiermede uitsluitend een vulling van den konischen uitloop van den schoorsteen te verwerkelijken en van dezen bij het gunstigste rendement vermoedelijk slechts alleen het bovenste, maar toch nog grootste gedeelte (zie 1935, blz. III. 65/6, *fig. 4* Diagram of Jet en *fig. 5*).

Later zullen voor een paar experimenten de uitstroomsnelheden afgeleid worden uit de gemeten stuwdrukken aan den schoorsteenmond. Tevens doet zich daarbij de mogelijkheid voor om een volledige energieberekening op te zetten, daar dan voor die gevallen de hoeveelheid uitgeworpen rookgassen met redelijke benadering vast te stellen is.

Na de bovenstaande verduidelijkende bespreking van de overgelegde figuren, kunnen nu aan de hand van de in deze vervatte karakteristieken eenige belangrijke *conclusies* getrokken worden.

Over de keuze van de mondingsopening f_m van den proefschoorsteen, welke in dit geval in een verhouding tot het roosteroppervlak RO van de locomotief stond als $f_m : RO = 1 : 14{,}1$ — en van de coniciteit van 1 : 10 van den uitloop, zijn uitvoerige beschouwingen gepubliceerd in schrijver's artikel van 1935 (zie blz. III. 69-73, ook voor enkele der volgende punten). Later zal blijken, dat het schoorsteenuittredeverlies hierbij binnen een redelijke grens bleef.

Wat de instelling van het exhaustmondstuk betreft, is daarover bereids het een en ander medegedeeld. Reeds aan het begin van het onderzoek werd het tevoren in den voet van de rookkast gemonteerde mondstuk iets verhoogd, hetgeen zich bij de latere metingen terecht als een verbetering vertoonde (zie *fig 7* en *9*). Op grond van de waargenomen snelheidsdrukken aan den schoorsteenmond (*fig. 10*), kan veilig aangenomen worden, dat bij een meerdere verhooging de eisch van een goede schoorsteenvulling in het gedrang was gekomen, waardoor het exhaustrendement weer spoedig verminderd zou zijn. Vooral tijdens de proeven A 2 en 3 met het scheeve mondstuk werd aan den rechter rand nog slechts een minimale snelheidsdruk afgelezen.

Verder komt dan de kwestie van de schoorsteenlengte aan de orde. Bleek reeds uit de karakteris-

tieken van *fig. 7* een gevoelige verbetering van het exhaustrendement met de verlengingen, zoo kon toch aan de hand van de eveneens eerder verantwoorde *fig. 8* aangetoond worden, dat ook hier een maximum optrad. Dit mocht bij de lengte van 1 450 mm van den proefschoorsteen *C* aangenomen worden, d.i. bij den aanwezigen korten inloop voor een afstand tusschen den schoorsteenvoet en het exhaustmondstuk ongeveer gelijk aan de keelmiddellijn.

De oververhitting van den stoom vertoonde waarschijnlijk een geringe neiging tot oploopen met een toenemende verlenging van den schoorsteen (*fig. 9*). In verband met de vroeger gesignaleerde onregelmatigheden bij het stoken, is dit niet met beslistheid te constateeren. In ieder geval zal zich echter met de langere schoorsteenen geen verslechtering van de oververhitting voorgedaan hebben. Deze continuiteit is begrijpelijk te maken met behulp van *fig. 3*.

Uit de betreffende karakteristieken in *fig. 3* volgt, dat bij het korte model A de schoorsteen niet de minste ejecteerende werking uitoefende. De sterke drukvermeerdering of afname van het vacuum tusschen den inloop en den stoomkegel geeft aan, dat hier alleen stuwing van laatste, reeds versnelde gasresten optrad. De gasmassa moest al beneden den schoorsteenvoet practisch volkomen in den stoomstraal opgenomen zijn geweest. Hoogerop was alleen binnen dezen nog een verdere versnelling van de rookgassen en een meer grondige menging met den stoom mogelijk.

Uit de vacuumlijnen voor de modellen *B* en *C* is af te lezen, dat bij de toenemende schoorsteenverlengingen de keel geleidelijk zuigend werkzaam werd, d.w.z. dat een groeiend percentage van de rookgassen langs den rand binnengesleurd moest zijn. Door de verkorting van het zich vrij in de rookkast ontwikkelende gedeelte van den stoomstraal, vond hier klaarblijkelijk nog slechts een afnemend percentage van de gassen gelegenheid om tot het hooge kernvacuum toe te stroomen (Young! — 1935, blz. III. 65, *fig. 4*). Deze kernwerking zou zich bovendien effectief voortzetten in het benedenstuk van den schoorsteen, waarbij zeker ook de oppervlaktewrijving een actieve rol gespeeld moet hebben.

Typisch is het verloop van de vacuumlijnen voor model *B*. Bij de kleinere rookkastvacua, d.i. geringere snelheden van de rookgassen, konden de bovenste stroomlagen zich blijkbaar nog door hun onbeduidende traagheid naar de keel van den schoorsteen ombuigen, zoodat niet alle gassen door het kernvacuum van het reeds verkorte vrije gedeelte van den stroomstraal naar binnen werden gezogen.

De blijvend goede oververhitting is nu aan de hand van de bovenstaande analyse verklaarbaar. Bij diepere indompeling van den schoorsteen in de rookkast moest de hooger gelegen bundel stroomlijnen, der door de vlambuizen aangezogen rookgassen, met een toenemende afbuiging naar het groeiende vacuum in de keel toestroomen. Juist echter in verband met dezen sterk vermeerderenden onderdruk op de bewuste plaats, behoefde niet verwacht te worden, dat het percentage der langs de oververhitterelementen stroomende verbrandingsgassen af zou nemen.

Tevens bleek uit een vergelijking met de temperatuuraflezingen bij de oorspronkelijke locomotiefconstructie, dat de oververhitting evenmin door de belangrijk diepere montage van het gewijzigde exhaustmondstuk geschaad werd. Zonder meer ware zeker, als gevolg van een verlaging van de straalwerking, een geringer percentage van de gassen door de vlambuizen aangezogen. Dat toch geen daling van de temperatuur van den stoom waar te nemen viel, zal toe te schrijven zijn aan de verlenging van de gelijktijdig tegen de tubeplaat gesloten vuurbrug, waardoor de gassen in de vuurkist, vóór de intrede in het pijpennest, meer naar boven worden geleid.

Tot besluit zijn de boven neergeschreven conclusies nog kort samen te vatten.

Slechts even aangeroerd werd de keuze van de mondingsopening voor den, met een coniciteit van 1 : 10 uitgevoerden schoorsteen. Experimenteel kon de stand van het exhaustmondstuk bepaald worden, welke de meest rendabele schoorsteenvulling opleverde. Gelijktijdig werd de kwestie tot oplossing gebracht van den gunstigsten, d.i. van den ruimst mogelijken vrijen doorlaat van den exhaust, waarmede een goede stoomvorming te verwerkelijken was. Aan de hand van het grootere aantal, in deel **III** te analyseeren, tot op heden verrichte exhaust-schoorsteenproeven met verschillende locomotieftypen, viel reeds een duidelijke wetmatigheid in de genoemde problemen te constateeren. Ter plaatse zal een grafische methode overgelegd worden, met behulp waarvan voor elke nieuwe wijziging bij de S.S.-locomotieven de gunstigste afmetingen in ontwerp vast te stellen zijn.

Bij de onderzochte locomotief No. 1323 werd in het bijzonder de invloed van de schoorsteenlengte nagegaan. De langste proefschoorsteen bleek de meest effectieve. Aangezien echter bij de verlenging een uitgesproken maximum optrad, kon voor de in te voeren wijzigingen eenige verkorting aanbevolen worden. De slechts geringe vermindering in zuigwerking wordt hierbij gecompenseerd door een kleineren stroomingsweerstand van de gassen in een ruimer te ontwikkelen vonkenvanger. Tevens heeft dit het voordeel bij de geregelde revisies van de locomotief, dat de rookkast door losnemen van den vonkenvanger volkomen toegankelijk wordt. Aan het een en ander wordt voldaan door den schoorsteenvoet op een hoogte juist boven het pijpennest te leggen, waarbij zich nog schoorsteenlengten van 1 000 tot 1 100 mm laten verwerkelijken. Bij deze keuze speelt de oververhitting van den stoom geen rol, daar zij zich practisch ongevoelig vertoonde voor variaties in de schoorsteenlengte.

Bij de definitief ingevoerde rookkastwijziging van de locomotieven der serie 1300 is de schoorsteen iets ten opzichte van de proefuitvoering verwijd en het exhaustmondstuk bij de gebleken mogelijkheid weer wat lager gemonteerd, t.w. ongeveer in den voet van de rookkast. De totale schoorsteenlengte bedraagt 1 050 mm (zie 1935, blz. III. 72, *fig. 7*).

Uit *fig. 8* (*E*) is af te lezen, dat hiermede tennaastebij eenzelfde exhaustrendement verkregen wordt, als met den proefschoorsteen *B*. Door de geringe schoorsteenverruiming (d_m = 530 mm) en de vergrooting van de constructiehoogte (h = 1 942 mm) zullen namelijk de vacua voor deze uitvoering boven de in *fig. 8* gegeven karakteristieken uitgaan. Voor haar gelden dus verder met benadering de in de *fig. 7* en *9* met *B* gemerkte karakteristieken. Het stoomhouden met de gewijzigde locomotieven is dan ook zeer goed.

Energieberekeningen. Om eenig inzicht te geven in de orde van grootte der bereikte verbetering met de wijziging van de locomotieven der serie 1300, moge tenslotte nog een enkele rendementsberekening overgelegd worden en wel gebaseerd op de bewegingsvergelijking uit schrijver's artikel van 1935 (zie blz. III. 67, vgl. (4)). Deze luidde:

$$\frac{{w_1}^2}{2 \cdot g} = (1 + \frac{G_2}{G_1}) \cdot \frac{{w_m}^2}{2 \cdot g} + A_s + $$

$$+ (v_1 + \frac{G_2}{G_1} \cdot v_2) \cdot p_r \quad \text{kgm/kg},$$

betrokken op 1 kg exhauststoom, of uitgeschreven voor G_1 kg/sec exhauststoom:

$$G_1 \cdot \frac{{w_1}^2}{2 \cdot g} = (G_1 + G_2) \cdot \frac{{w_m}^2}{2 \cdot g} + A_s +$$

$$+ (G_1 \cdot v_1 + G_2 \cdot v_2) \cdot p_r \quad \text{kgm/sec},$$

verkort: $A_1 = A_m + A_s + A_v$,

waarin:

A_1 = de exhaustenergie,
A_m = het schoorsteenuittredeverlies,
A_s = het totale stootverlies,
A_v = de verdichtingsarbeid,
$p_r = p_2$ = het rookkastvacuum in mm water.

In *fig. 11* zijn voor de bijzondere schoorsteenexperimenten A 5 en C 4 de uitstroomsnelheden aan den schoorsteenmond weergegeven. Deze werden berekend met behulp van de formule:

$$p_d = \frac{w^2 \cdot \gamma_m}{2 \cdot g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Hierin is p_d de dynamische of stuwdruk in kg/m² of mm water, welke gemeten werd bij de opeenvolgende standen van het tegen de stoom-gasstrooming open snelheidsdrukpijpje (zie *fig. 10*). Zij verder:

w = de snelheid van het mengsel in m/sec,
γ_m = het gewicht van het mengsel in kg/m³,
g = de versnelling van de zwaartekracht in m/sec²,

dan waren dus de plaatselijke uitstroomsnelheden te berekenen, wanneer de gemiddelde dichtheid van het mengsel bekend was.

Voor proef *C* 4 bedroeg de gemiddelde temperatuur aan den schoorsteenmond t_m = 265° C. Uit *fig. 12* blijkt, dat de rookgassen hierbij een dichtheid v_{2m} = 1,55 m³/kg moesten hebben, of het reciproque gewicht γ_{2m} = 0,645 kg/m³. De stoom had een gewicht $\gamma_{1m} = \frac{273 + 99}{273 + 265} \cdot 0{,}5811 = 0{,}402$ kg/m³.

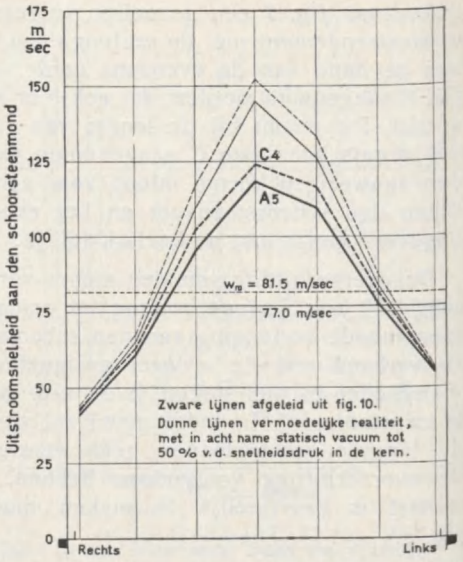


Fig. 11. Verloop van de uitstroomsnelheid aan den schoorsteenmond voor een tweetal experimenten.

Door eenige proefbecijferingen vond men voor de verhouding van de hoeveelheid rookgassen tot stoom de plausibele waarde $G_2/G_1 = 2{,}6$, welke verder beneden verantwoord zal worden. Het mengsel bezat dus een gemiddeld gewicht $\gamma_m = \frac{2{,}6 \cdot 0{,}645 + 0{,}402}{3{,}6}$

= 0,5775 kg/m³, of de reciproque dichtheid v_m = 1,73 m³/kg. Met g = 9,78 m/sec² aan den equator, konden voor het betreffende experiment de gassnelheden uit *fig. 10* afgeleid worden met behulp van den vorm:

$$w = \sqrt{33{,}9 \cdot p_d}$$

Langs denzelfden weg vond men voor proef *A* 5 met t_m = 260° C: v_{2m} = 1,53 m³/kg, γ_{2m} = 0,654 kg/m³, γ_{1m} = 0,406 kg/m³, G_2/G_1 = 2,46, γ_m = 0,583 kg/m³, v_m = 1,715 m³/kg en $w = \sqrt{33{,}6 \cdot p_d}$

Fig. 11 bevat nu zwaar getrokken en gestippeld de uitkomsten van de bedoelde berekeningen. Deze geschiedden echter onder de aanname, dat in den uitstroomenden stoom-gasstraal overal een statische druk gelijk aan dien van de atmosfeer optrad. Uit het vacuumverloop langs den schoorsteenwand (zie *fig. 3*) bleek dit practisch waar te zijn aan den omtrek. Op grond van Young's proefresultaten mocht echter verwacht worden, dat zich in het binnenste van den straal nog belangrijke statische vacua voorgedaan moesten hebben (zie blz. III. 65, *fig. 4*). Bij gebrek aan eigen metingen, doch gelet op de redelijke overeenstemming in de algemeene verhoudingen van Young's exhaust-schoorsteenuitvoering en de beschouwde Indische, werden deze vacua geschat op 50% van den snelheidsdruk in de kern met een gelijkmatige afname tot nihil naar den omtrek toe [2]). De berekening van de met meer waarschijnlijkheid

2) Bij den opzet van de behandelde schoorsteenproeven was Young's publicatie nog niet bekend en kon de belangrijkheid van het door hem „ontdekte" kernvacuum niet vermoed worden. De schrijver hoopt later bij een zich voordoende gelegenheid dit vacuum te meten bij een meer gedetailleerd nieuw schoorsteenonderzoek.

opgetreden reëele uitstroomsnelheden had daarna plaats aan de hand van de formule:

$$p_d + p_s = \frac{w^2 \cdot \gamma_m}{2 \cdot g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(8a)},$$

waarin p_s het statisch vacuum in mm water voorstelt, of met behulp van den vorm $w = \sqrt{33{,}9 \cdot (p_d + p_s)}$ voor proef C 4. Aangezien hier slechts benaderend gewerkt werd, was de invloed van den kleinen onderdruk op de dichtheden van den stoom en de rookgassen gevoegelijk buiten beschouwing te laten.

De snelheden voor de verschillende meetstanden werden in een tabel samengevat. Verder dacht men zich de schoorsteenmonding in een cirkelvlak en een 3-tal ringvlakken verdeeld, respectievelijk met de middelste en de andere meetpunten in het hart. Voor de laatste werden de gemiddelden van de links en rechts gemeten snelheidswaarden in m/sec ingevoerd en de door de genoemde oppervlakken in m² uitstroomende hoeveelheden van het mengsel in m³/sec berekend. Een sommeering leverde de totale hoeveelheid $(G_1 + G_2)$ van de in de buitenlucht weggeworpen stoom en rookgassen.

Op deze wijze vond men voor proef C 4 de waarden $(G_1 + G_2) =$ (57 000) 62 350 m³/h of (33 000) 36 000 kg/h, resp. (9,17) 10 kg/sec en $w_m =$ (74,4) 81,5 m/ sec, — en voor proef A 5 de waarden $(G_1 + G_2) =$ (54 600) 59 000 m³/h of (31 800) 34 400 kg/h, resp. (8,84) 9,56 kg/sec en $w_m =$ (71,3) 77,0 m/sec. Uit *fig. 9* is af te lezen, dat voor de beide experimenten, respectievelijk bij den tegendruk $p_e = 0{,}260$ en 0,255 ato, een hoeveelheid exhauststoom $G_1 = 10\,000$ en 9 950 kg/h verwerkt werd. Deze sleurde dus een hoeveelheid rookgassen $G_2 =$ (23 000) 26 000, resp. (21 850) 24 450 kg/h mede, d.i. in de verhouding $G_2/G_1 =$ (2,30) 2,60, resp. (2,20) 2,46.

Uit de (in deel **III** over te leggen) verdampingskarakteristieken bleek, dat de genoemde stoomhoeveelheden, dan inclusief vacuum- en afblaasverliezen, met globaal 1 500 kg/h briketten geproduceerd werden bij een roosterbelasting van ca. 500 kg/m² RO.h en een verdampingscijfer van gem. 7 kg/kg. Bij volkomen verbranding van de Indische briketten met de theoretische minimale luchthoeveelheid L_{min} is de hoeveelheid verbrandingsgassen op 11 — 11,5 kg/kg te stellen of voor 1 500 kg/h brandstof op ca. 17 000 kg/h. De boven afgeleide, buiten de haakjes geplaatste gashoeveelheden, welke gebaseerd waren op de eerder vermelde schatting van de kernvacua aan den schoorsteenmond, houden dus in, dat een luchtovermaat opgetreden moest zijn $G_2/L_{min} =$ 1,53 resp. 1,38.

Met een beroep op het boek van Prof. F. Meineke: „Kurzes Lehrbuch des Dampflokomotivbaues", Berlin 1931, kunnen de laatste waarden zeer aanvaardbaar worden geacht. Meineke geeft in een staatje het niet onwaarschijnlijke en van Goss overgenomen cijfer $G_2/L_{min} = 1{,}60$ voor een roosterbelasting van 500 kg/m² RO.h. Dat toch bij het Indische onderzoek met proefschoorsteen C en een zoodanig cijfer van 1,53 een uitmuntende stoomvorming werd verkregen, is uit de volgende overwegingen verklaarbaar: *1e*) zou bij rookgas-analyse een grootere luchtovermaat gemeten zijn, in verband met de verliezen aan onverbrande rookkast- en schoorsteensintels — en *2e*) had de lange vuurbrug een gunstig effect op de vlamverbranding, waardoor een geringer luchtoverschot van noode moest zijn.

Bij de behandeling van de exhaustwerking spreekt Meineke zich verder gedecideerd uit over de verhouding G_2/G_1 met de woorden: „Praktisch ist es fast unmöglich, mindestens eine Qual für die Mannschaft, mit einer Lokomotive zu fahren, deren Blasrohr nur L/D (oude notatie van Strahl voor G_2/G_1) = 2,47 liefert. Deshalb muss $L/D = 2{,}6$ werden; dann hat man erfahrungsgemäss genügenden Überschuss an Dampferzeugung, so dass der Kessel sich bald wieder erholt". Ook op grond van deze uitspraak is een groote waarschijnlijkheid toe te kennen aan de bovenstaande premissen en de daarop gebaseerde berekeningen, omdat met de gevonden waarde $G_2/G_1 = 2{,}46$ voor proefschoorsteen A terecht een onvoldoende en met $G_2/G_1 = 2{,}6$ voor proefschoorsteen C een uitmuntende stoomvorming geconstateerd werd.

De verkregen uitkomsten kunnen hierom veilig als grondslag voor de volgende energieberekeningen aangenomen worden.

Tijdens de schoorsteenmetingen bij het experiment C 4 werd een hoeveelheid exhauststoom $G_1 = 10\,000$ kg/h of 2,775 kg/sec verwerkt. De in de exhaustpijp gemeten temperatuur bedroeg $t_e = 170$ °C; met inachtname van de door de stuwing van den stoom om het meetpunt veroorzaakte temperatuursverhooging van ca. 10 °C, was de werkelijke temperatuur $t_e =$ ruim 160 °C (in deel **III** wordt hierop teruggekomen). In het exhaustmondstuk had een adiabatische expansie tot het rookkastvacuum $p_2 = 230$ mm water plaats van $p_e = 1{,}26$ ata tot $p_1 = p_2 = 0{,}977$ ata, gepaard met een temperatuurval tot $t_1 = 135$ °C (zie *fig. 13*). De dichtheid van den stoom aan de monding was dus $v_1 = \frac{273 + 135}{273 + 99} \cdot \frac{1}{0{,}977} \cdot 1{,}721 =$ 1,935 m³/kg, de hoeveelheid uitstroomende stoom $G_1 = 2{,}775 \times 1{,}935 = 5{,}36$ m³/sec en de snelheid van uitstrooming $w_1 = 5{,}36/0{,}0150 = 358$ m/sec. Daaruit werd de exhaustenergie berekend:

$$A_1 = G_1 \cdot \frac{w^2_1}{2 \cdot g} = 18\,200 \text{ kgm/sec of ruim 242 pk.}$$

Met invoering van $(G_1 + G_2) = 36\,000/3\,600 = 10$ kg/sec en $w_m = 81{,}5$ m/sec, bedroeg het schoorsteenuittredeverlies:

$$A_m = (G_1 + G_2) \cdot \frac{w_m^2}{2 \cdot g} = 3\,400 \text{ kgm/sec of ruim 45 pk.}$$

De dooreengenomen dichtheid van de verbrandingsgassen in de rookkast had bij de gemiddelde, achter het pijpennest gemeten temperatuur $t_2 = (t_b + t_p) : 2 = 352{,}5$ °C de waarde $v_2 = 1{,}80$ m³/kg (zie *fig. 12*), dus was de verdichtingsarbeid:

$$A_v = (G_1 \cdot v_1 + G_2 \cdot v_2) \cdot p_r = \text{ruim } 4\,200 \text{ kgm/sec of 56 pk.}$$

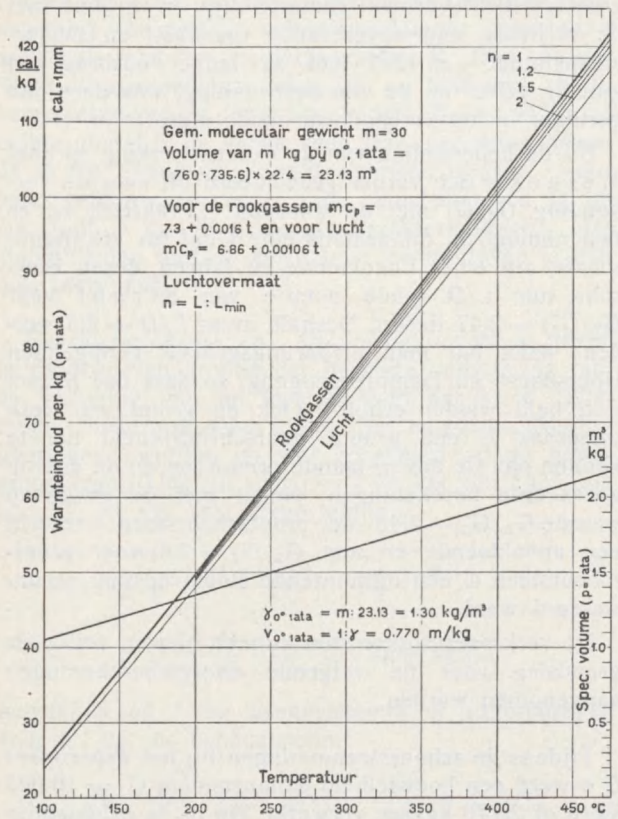


Fig. 12. Warmteinhoud en specifiek volume van de rookgassen.

Als restterm volgde voor het totale stootverlies:

$$A_s = \text{ruim } 140 \text{ pk.}$$

De bewegingsvergelijking in den vorm (4a) van het inleidende artikel (1935, blz. III. 68) luidde dan:

$$0{,}42\ A_1 = A_m + A_v.$$

Als contrôle is uit het *IS*-diagram (*fig. 13* en *14*) af te lezen, dat bij de adiabatische expansie in het mondstuk van 1,26 ata, 160 °C op 0,977 ata, 135 °C een warmteinhoud van 10,6 cal/kg vrijkwam, welke omgezet werd in de hoeveelheid kinetische energie $10{,}6 \times 427 = 4\,525$ kgm/kg of $2{,}775 \times 4\,525 = 12\,550$ kgm/sec, resp. 167 pk. De aanvankelijke stroomingsenergie van den stoom in de exhaustpijp bleek bij narekening 5 650 kgm/sec, resp. 75 pk te bedragen ($v_e = 1{,}63$ m³/kg, $w_e = 2{,}775 \times 1{,}63/0{,}0227 = 200$ m/sec.). Door de stuwing in het mondstuk werd dus de reeds in de exhaustpijp aanwezige kinetische energie van 75 pk met het ruim 2-voudige vermeerderd tot 242 pk.

Ter vergelijking is nu voor de oorspronkelijke locomotiefconstructie het belastingsgeval gesteld, waarbij eenzelfde hoeveelheid stoom per uur verwerkt zou zijn. De bewegingsvergelijking hiervoor kan gevonden worden aan de hand van de overgelegde karakteristieken.

Uit *fig. 9* is af te lezen, dat met de hoeveelheid exhauststoom $G'_1 = G_1 = 10\,000$ kg/h in de exhaustpijp een tegendruk $p'_e = 1{,}76$ ata opgewekt moest zijn. Gelet op de kortere vuurbrug mocht aangenomen worden, dat met het iets geringere rookkastvacuum p'_2 ~~=~~ p_2 toch globaal eenzelfde hoeveelheid rookgassen G'_2 ~~=~~ G_2 aangezogen zou zijn. Als gevolg van de ongunstigere verbranding in de vuurkist, zou alleen een hooger kolenverbruik en een kleiner luchtoverschot, d.w.z. een moeilijker stoomhouden optreden. Verder viel uit enkele lichtere experimenten met het oorspronkelijke exhaustmondstuk af te leiden, dat bij overeenstemmende hoeveelheden verwerkten stoom de temperatuur na de expansie aan de monding practisch gelijkwaardig was voor den ouden en den nieuwen toestand. Met redelijke benadering was dus $t'_1 = t_1 = 135$ °C te stellen ($t'_e =$ ca. 195 °C, zie *fig. 13* en *14*), tevens p'_1 ~~=~~ $p'_2 =$ ruim 210 mm water ($p'_1 > p'_2$), daar de kritische drukverhouding $(p'_1/p'_e)_{kr}$ reeds even overschreden zou worden. De toestand van den stoom bij uittrede in de rookkast stemde dan voor dit en het hooger genoemde geval ongeveer overeen. De uitstroomsnelheden moesten dus in omgekeerde evenredigheid tot de mondingsopeningen staan, t.w. $w'_1/w_1 = f_1/f'_1$, of $w'_1 = 0{,}0150/0{,}01045 \cdot 358 = 515$ m/sec. Deze kennelijk bovenkritische snelheid zou in werkelijkheid eerst na een geringe expansie in de rookkast opgetreden zijn. Berekent men toch met behulp van dit cijfer de exhaustenergie:

$$A'_1 = 2{,}775 \cdot \frac{w'^2_1}{2 \cdot g} = 37\,500 \text{ kgm/sec of } 500 \text{ pk,}$$

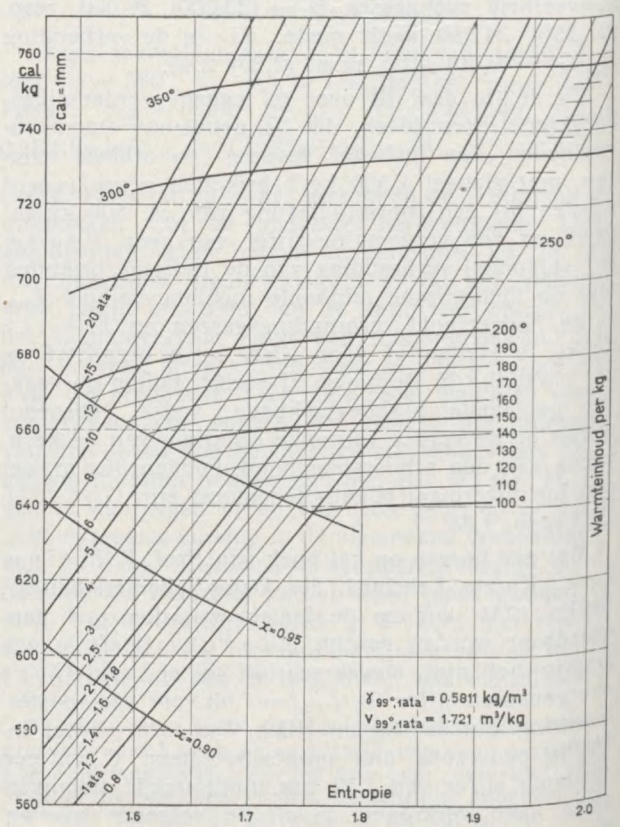


Fig. 13. IS-diagram van den stoom.

dan is voor ons doel met voldoende nauwkeurigheid de afronding te maken:

$$A'_1 = 450 \text{ à } 475 \text{ pk.}$$

Uit de aanname $G'_2 \text{ ≈ } G_2$ en $t'_m \text{ ≈ } t_m$ ($t'_m < t_m$, in verband met de lagere verbrandingstemperatuur) volgt voor het schoorsteenuittredeverlies:

$$A'_m \text{ ≈ } \left(\frac{w'_m}{w_m}\right)^2 \cdot A_m = \left(\frac{f_m}{f'_m}\right)^2 \cdot A_m = \left(\frac{0{,}2125}{0{,}1520}\right)^2 \cdot A_m$$

of $A'_m \text{ ≈ } 88$ pk.

De verdichtingsarbeid moet globaal dezelfde gebleven zijn ($p'_r \leqq p_r$):

$$A'_v \text{ ≈ } 56 \text{ pk.}$$

De bewegingsvergelijking (**4a**) luidt dan:

$$(0{,}30 \text{ à } 0{,}32) \cdot A'_1 = A'_m + A'_v$$

In *fig. 14* zijn de beide belastingsgevallen in een Mollier-diagram samengevat. Bij het stoomverbruik van de machine $G_1 = 10\,000$ kg/h trad in de schuifkast een druk $p_s = 11{,}2$ ato en een temperatuur $t_s = 345$ °C op; ingeteekend zijn deze elkaar dekkende begintoestanden en de bekende eindtoestanden van den stoom in de exhaustpijp. Beschikbaar voor de levering van mechanischen arbeid was dus respectievelijk een warmteval van 84 en 68 cal/kg, welke zonder verliezen in 2,775 × 84 × 427 = 99 750 kgm/sec of 1 330 pk en 2,775 × 68 × 427 = 80 600 kgm/sec of 1 075 pk te transformeeren zou zijn.

Tijdens de metingen bij het experiment *C*4 werd op een toelaat van 54% een werkelijk cilindervermogen van ca. 1 190 pk bij de snelheid van ruim 50 km/h ontwikkeld, d.i. een thermisch rendement van 1 190/1 330 = ca. 0,90 bereikt. Ten opzichte van den adiabatischen warmteval van 117 cal/kg in het Rankine-proces (gelijkwaardig met 1 840 pk) bedroeg het thermodynamisch nuttig effect 1 190/1 840 = 0,65.

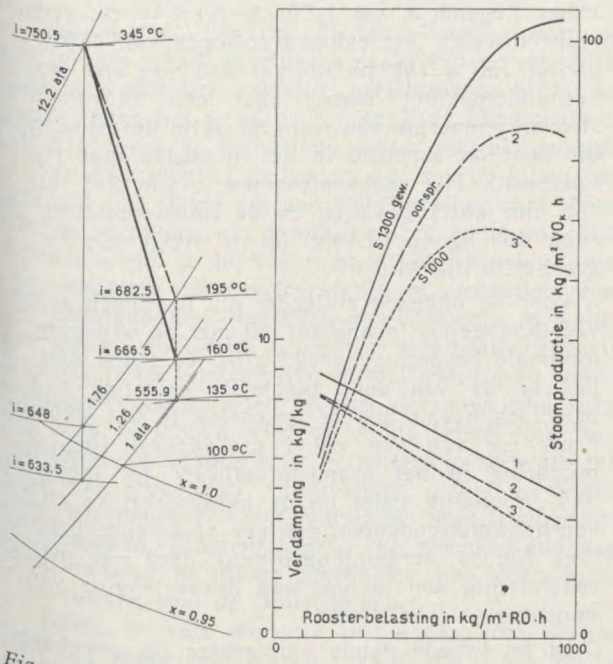


Fig. 14. Mollier-diagram voor een tweetal machinebelastingen.

Fig. 15. Schematische ketelkarakteristieken.

Voor den oorspronkelijken toestand van de locomotief kon, in verband met den kleineren druk- en temperatuurval (geringere verliezen), veilig het iets hoogere thermische rendement van 0,92 aangenomen worden. Het ontwikkelde vermogen zou dus 0,92 × 1 075 = 990 pk hebben bedragen; gelet op den meerderen reststoom in de cilinders, als gevolg van den belangrijk hoogeren tegendruk bij het begin van de compressie, zou een vullingsgraad van ca. 58% benoodigd zijn. Het thermodynamisch nuttig effect zou hierbij de waarde 990/1 510 = ruim 0,65 hebben bereikt (theoretisch mogelijke adiabatische drukval 102,5 cal/kg, equivalent met 1 510 pk).

Laatstgenoemd vermogen van ca. 1 000 pk bij ruim 50 km/h snelheid en met briketten als brandstof was voor den oorspronkelijken toestand van de locomotieven der serie 1300 de uiterste voor langeren duur vol te houden prestatie, omdat de daarbij met de oude vuurbrugconstructie alreeds optredende zeer hooge roosterbelasting geen blijvende vergrooting van de ketelcapaciteit meer toeliet. Door de rookkastwijziging is nu bij eenzelfde stoomproductie van den ketel het eerder vermelde vermogen van ca. 1 200 pk te ontwikkelen; hierbij treedt slechts een verbrandingssnelheid van gem. 500 kg/m² RO.h op. Tijdens het in *fig. 5* gereproduceerde experiment werd zelfs volhoudend een maximum van 1 240 pk gepresteerd bij de ketelbelasting van ca. 11 000 kg/h, inclusief eenige verliezen, en de nog alleszins toelaatbaar gebleken roosterbelasting van gem. 550 kg/m² RO.h.

De invloed van de verlengde en gesloten vuurbrug op een markante verbetering van de roosterbelasting, c.q. het brandstofverbruik, zal in deel **III** behandeld worden. Te dezer plaatse zij alleen vermeld, dat in den nieuwen toestand veel hoogere vacua te verwerkelijken zijn (zie *fig. 7*), waardoor de verbrandingssnelheid voor tijdelijke overbelastingen van de locomotief belangrijk op te voeren is; deze mogelijkheid ontbrak bij de oorspronkelijke uitvoering. Mits het adhesiegewicht dan ook geen begrenzing stelt, hetgeen zich in het bijzonder bij de kleinere rijsnelheden voor zal doen, is tenminste in het hoogere snelheidsgebied deze overbelastbaarheid van den ketel uit te buiten voor een aanzienlijk vluggere versnelling van den trein in de laatste aanzetperiode.

Uit de in deel **III** nog over te leggen ketelkarakteristieken zal blijken, dat de duurzaam vol te houden maximale stoomlevering hierdoor tijdelijk met 20 à 25% verhoogd kan worden tot 100 à 105 kg/m² VO_k.h of 13 000 à 13 500 kg/h bij de roosterbelasting van ruim 900 kg/m²RO.h (zie *fig. 15*, ingeschetste lijn *1*). Daarbij is een stookmateriaal met het zware stukgehalte als van de Indische briketten een vereischte, opdat dit niet, ten gevolge van de abnormale luchtsnelheden door de brandstoflaag heen, in belangrijke mate onverbrand medegesleurd wordt (rookkastvacuum p_r tot 450 mm water). De machine blijft dan voor korten tijdsduur, ondanks een merkbare toename van het specifieke stoomverbruik, toch met

ruim 15% overbelastbaar, wanneer tevoren slechts zorg gedragen wordt voor een ruime dekking van het vuur, met het oog op de snelle wegbranding gedurende het geforceerde aanzetten. Tijdens deze periode mag niet bijgestookt worden; door het openen van de stookdeur zou de trek boven het vuur en dus de verbrandingssnelheid zoodanig sterk afnemen, dat de tijdelijk van den ketel verlangde abnormale stoomproductie niet bij te houden zou zijn.

Tenslotte is het voor een beoordeeling van de rentabiliteit van den gewijzigden exhaust noodzakelijk om van gelijke locomotief-, c.q. machineprestaties uit te gaan. Met de nieuwe rookkastuitvoering bleek bij ruim 50 km/h snelheid het cilindervermogen van 1 190 pk ontwikkeld te worden met een totaal stoomverbruik van 10 000 kg/h of een specifiek verbruik van 8,4 kg/ipk.h. Het grensvermogen voor de oorspronkelijke locomotiefuitvoering van ca. 1 000 pk zal in den gewijzigden toestand een stoomproductie van den ketel vergen van globaal $8{,}4 \times 1\,000 = 8\,400$ kg/h. Het specifieke verbruikscijfer ondergaat namelijk in het hoogere belastingsgebied van de machine practisch geen verandering met een variatie van het vermogen, zoodat dit voor het gestelde geval veilig op 8,4 kg/ipk.h aan te houden was. De benoodigde cilindervulling ligt tusschen 42 en 45%.

Voor deze locomotiefprestatie leest men uit het *IS*-diagram van *fig. 13* af : $p_s = 12{,}35$ ata, $t_s = 332°$C (zie *fig. 9*, boven), $i_s = 744{,}5$ cal/kg en $p_e = 1{,}16$ ata (zie *fig. 9*, beneden), $t_1 = 132$ à $135°$C, $t_e = 150°$C, $i_e = 662$ cal/kg, dus een warmteval van $744{,}5 - 662 = 82{,}5$ cal/kg, equivalent met 1 095 pk voor $G_1 = 8\,400 : 3\,600 = 2{,}33$ kg/sec, of een thermisch rendement van $1\,000/1\,095 = 0{,}91$. Verder is af te lezen, dat een adiabatische val in het Rankineproces optreedt van $744{,}5 - 626{,}5 = 118$ cal/kg, equivalent met 1 570 pk, of een thermodynamisch nuttig effect van $1\,000/1\,570 =$ ca. 0,64. De laatste waarde voor het vermogen van 1 000 pk mocht eerder iets hooger verwacht worden dan het vroeger vermelde cijfer van 0,65 voor het grootere vermogen van 1 190 pk, zoodat in geen geval het globaal afgeleide stoomverbruik van 8 400 kg/h overschreden zal worden.

Uit de bovenstaande gedetailleerde berekeningen zijn nu een paar samenvattende conclusies te trekken. Alvorens hiertoe over te gaan, resten nog enkele opmerkingen.

Een vergelijking werd getrokken tusschen de oorspronkelijke rookkastconstructie en den gewijzigden toestand met den proefschoorsteen *C*. Bij de definitief op de locomotieven der serie 1300 aangebrachte wijzigingen bleef eenzelfde exhaustopening gehandhaafd; de cilinderwerking onderging dus geen verandering. Met den nieuwen korteren schoorsteen wordt alleen een iets geringere hoeveelheid rookgassen aangezogen (zie *fig. 9* vacuumlijnen *B* en *C*), waarmede toch nog een zeer goede stoomvorming te verwerkelijken is bij een kleine vermindering van den verdichtingsarbeid en van het schoorsteenuittredeverlies in het exhaustproces. Het rendement van dit laatste zal hierdoor in vergelijking (**4a**) slechts onbelangrijk beneden de waarde 0,42 liggen.

Verder werd de snelheid van ruim 50 km/h als grondslag genomen, met het oog op de voor deze snelheid in ruime mate verzamelde gegevens gedurende het onderzoek op het proeftraject Poerwakarta-Padalarang. Bij hoogere snelheden zullen aanvankelijk grooter vermogens te ontwikkelen zijn, in verband met eenige afname van het specifieke stoomverbruik tot aan de zoogenaamd gunstigste snelheid, waarna dit weer geleidelijk toeneemt. Het minimum van het specifieke stoomverbruik, dus reciproque het topvermogen, is door den verbeterden toestand van den exhaust naar een merkbaar hooger snelheidsgebied verschoven. De afgeleide verhoudingen tusschen de oorspronkelijke en de met de wijzigingen bereikbare prestaties kunnen hierdoor slechts geringe verschuivingen ten gunste van de verandering ondergaan.

Tenslotte bleek uit de tot op heden verrichte experimenten met het 5-tal sub I genoemde locomotieftypen, dat op deze ongeveer gelijkwaardige verbeteringen aan te brengen waren. Tevens is voor het meerendeel der nog te onderzoeken locomotieven te verwachten, dat hun volgens programma uit te voeren ombouw in geen geval een ongunstigere economie op zal leveren. De onderstaande conclusies zijn dan ook met geringe individueele en incidenteele afwijkingen, wat betreft de daarin vervatte procentueele waarden, geldig voor alle door het proefbureau reeds aangebrachte en nog te entameeren rookkastwijzigingen.

In de eerste plaats is gebleken, dat het met de locomotieven der serie 1300 oorspronkelijk maximaal volhoudend te presteeren vermogen van ca. 1 000 pk bij een stoomverbruik van 10 000 kg/h, door den gewijzigden toestand van de rookkast slechts een stoomproductie van den ketel vereischt van 8 400 kg/h. De benoodigde cilindervulling is van 58% op 42 à 45% teruggeloopen. Verder is de exhausttegendruk van 0,76 ato tot 0,16 ato gedaald, respectievelijk het exhaustvermogen van 450 à 475 pk tot 155 à 160 pk of met 2/3 van zijn waarde verminderd (het laatste met een aanvankelijke stroomingsenergie van ruim 50 pk in de exhaustpijp, die door de expansie in het mondstuk met 106 pk toeneemt). Het rookkastvacuum is van 215 mm op 155 mm water gevallen en de roosterbelasting van ruim 600 kg op ca. 450 kg/m² RO.h (zie *fig. 15*, geschetste lijn *2*).

Voor de onbelast rijdende, d.i. de alleen zichzelf voortbewegende locomotief zal met de wijziging een minimale besparing bereikt zijn. Tusschen den nullast en de van ouds maximale belasting van de machines neemt dus de besparing in het stoomverbruik toe van een enkel procent tot 16% of de besparing in het brandstofverbruik tot meer dan 25%, namelijk gelet op de karakteristieke stijging van het ketelrendement met een afnemende belasting (vgl. *fig. 15*, verdampingslijnen), doch nog niet gerekend met den invloed van de verlenging van de vuurbrug.

In de tweede plaats kan echter de omgebouwde locomotief met de overeenkomstige ketelbelasting van 10 000 kg/h, welke voor de oorspronkelijke uitvoering als maximaal vol te houden aangenomen

werd bij een roosterbelasting grooter dan 600 kg/m² RO.h, een machinevermogen van ca. 1 200 pk of een 20% hooger grensvermogen ontwikkelen. De cilindervulling bedraagt daarbij 54%. Verder is de exhausttegendruk 0,26 ato, het rookkastvacuum 230 mm water en het exhaustvermogen 240 à 250 pk (aanvankelijk 75 pk in de exhaustpijp, vermeerderd met 167 pk door de expansie in het mondstuk). Dit laatste vertoont een merkbare procentueele stijging met het cilindervermogen, t.w. van ruim 15% bij 1 000 pk tot 20% bij 1 200 pk.

Te dezer plaatse moge slechts gestipuleerd worden, dat met de wijziging van de vuurbrug een betere vlamverbranding is verkregen, waardoor nu ook veel zuiniger gestookt kan worden en in werkelijkheid met overeenkomstige roosterbelastingen of met een gelijk hoog brikettenverbruik, als bij de oorspronkelijke grensbelasting van den ketel, door de belangrijke vermeerdering van de stoomproductie, een vergrooting van het volhoudend te ontwikkelen vermogen tot ca. 30% bereikbaar is. Eerder genoemd vermogen van 1 200 pk vergt namelijk ten gevolge van deze wijziging een roosterbelasting van slechts 500 kg/m² RO.h; de opvoering hiervan tot 550 kg levert reeds ca. 1 250 pk, zoodat bij ruim 600 kg/m² RO.h ongeveer 1 300 pk te presteeren zal zijn. Daarmede wordt tusschen den nullast en de oude grensbelasting van den ketel een surplus-besparing in het brandstofverbruik bereikt van ruim 5% tot 20% of bij middelbare belastingen van tenminste 12% (vgl. *fig. 15*, stoomproductielijnen *1* en *2*). Overigens zal deze materie in deel **III** uitvoerig worden behandeld.

Tevens zal dan de vroeger gesignaleerde overbelastbaarheid van de locomotief uitgewerkt worden, welke zeer nauw gekoppeld is aan een uiterste perfectie van het verbrandingsproces. Eerst wanneer het ketelrendement zoo hoog mogelijk opgevoerd wordt, zullen de met de rookkastwijziging te verwerkelijken abnormale vacua in feite uit te buiten zijn om den ketel tijdelijk tot een vrijwel onbegrensde stoomproductie te forceeren. Hierbij bepalen de afwijkende ketelverhoudingen hun zeer individueele gedragingen (vgl. geschetste voorbeelden in *fig. 15*), zoodat betreffende de overbelastbaarheid van de machines geen algemeene regels zijn te geven. Door een sterke reductie van de vullingsgraden, als gevolg van de belangrijke verlaging van den tegendruk door de exhaustverruiming, zijn de cilinders alleszins in staat om elke mogelijke overbelasting van den ketel te verwerken.

Tot besluit van dit gedeelte kunnen de conclusies met betrekking tot de exhaust-schoorsteenwijzigingen nog kort samengevat worden in de beide volgende punten, die dan op hooger genoemde gronden een meest ruime geldigheid hebben voor alle eenmaal omgebouwde locomotieven:

1e) De rookkastwijzigingen leveren tusschen den nullast en de oorspronkelijke grensbelasting van de machines een waterbesparing van 2 tot 16% en een brandstofbesparing van 2 tot 25%, of bij middelbare belastingen tenminste 8% stoombesparing en 10 tot 12% kolenbesparing.

2e) De rookkastwijzigingen verhoogen het grensvermogen van de locomotieven met 20%.

(*Wordt vervolgd*).

VARIA.

Het moderne berichtwezen in dienst der Olympische spelen.

Nog nimmer werd bij de Olympische Spelen op zoo groote schaal gebruik gemaakt van de mogelijkheden, welke het moderne berichtwezen biedt, als zulks thans het geval is bij de XIde Olympiade te Berlijn, waar op intensieve wijze gebruik gemaakt is van deze mogelijkheden om de vaak op kilometers afstand van elkaar gelegen sportterreinen met elkander te verbinden, de geweldige organisatie van deze spelen soepel te doen werken, de berichtgeving over de resultaten der sportprestaties te versnellen, voor de belangen der duizenden toeschouwers te waken en de bij zulk een geweldige organisatie vanzelfsprekend zeer omvangrijke administratieve en andere beheerswerkzaamheden op zoo vlot mogelijke wijze te doen verloopen. Het op ruime schaal van deze moderne installaties voor berichtgeving gebruik maken was economisch verantwoord, omdat de meeste der ten behoeve der Olympische Spelen opgezette inrichtingen, gebouwen enz., van permanenten aard zijn en later, na afloop der Spelen, het centrum zullen vormen voor de Duitsche sport.

Onder de vele moderne installaties voor berichtgeving, welke door Siemens & Halske ten behoeve der Olympische Spelen opgesteld werden, moeten op de allereerste plaats vermeld worden de *telefooninstallaties;* bij het ontwerpen hiervan heeft men zich op het standpunt gesteld, dat alle bij de organisatie en uitvoering der Olympische Spelen betrokken instanties zoo snel mogelijk met elkaar in verbinding moeten kunnen treden. De grootste automatische telefooninstallatie is de, in het „Haus des deutschen Sports" opgestelde kiezercentrale, waaraan 500 neventoestellen aangesloten zijn. Genoemde neventoestellen bevinden zich voor een groot gedeelte in het „Haus des deutschen Sports", waarin de verschillende bureau's van den „Reichssportführer" zijn ondergebracht. Ruim 30 van deze neventoestellen zijn zgn. secretaristoestellen. De overige neventoestellen bevinden zich o.a. op de verschillende sportterreinen, op de plaatsen der scheidsrechters, in de politiestations, de centrale doctorenzaal en de huishoudelijke afdeelingen der Olympische Spelen en tenslotte ook op de verschillende torens. Zij zijn door grondkabels met de automatische centrale verbonden. Voor de verbinding met het hoofdtelefoonkantoor dienen 30 stadslijnen, terwijl 9 dwarsverbindingen, b.v. naar het Olympisch Dorp, naar het betrokken Ministerie en naar andere, buiten de omgeving, waarin de Olympische Spelen gehouden worden, gevestigde bestuursinstanties leiden. De aan de groote centrale in het „Haus des deutschen Sports" aangesloten neventoestellen kunnen alle zelfstandig verbindingen tot stand brengen door het draaien van de

nummerschijf. Ook de stadslijnen kunnen van daaruit bereikt worden door het kiezen van bepaalde serienummers. Slechts de van het telefoonkantoor binnenkomende gesprekaanvragen moeten eerst door een tweetal bedieningstafels worden ontvangen om vandaar uit naar de gewenschte neventoestellen doorverbonden te worden. Deze bedieningstafels zijn van de allernieuwste constructie, waarbij er vooral naar gestreefd is, het doorverbinden van een gesprek met zoo weinig mogelijk handgrepen mogelijk te maken.

Behalve deze groote, zich over het geheele „Reichssportfeld" uitstrekkende telefooninstallatie, hebben de *afzonderlijke sportterreinen* hunne eigen speciale installaties, teneinde tijdens de plaatshebbende wedstrijden een snelle berichtgeving mogelijk te maken.

In het groote stadion is een hefboomlijnkiezerinstallatie opgesteld, waarvan de waterdicht uitgevoerde aansluitcontactdoozen zich in den binnensten omgang van het stadion bevinden. Aan die contactdoozen kunnen veldtelefoontoestellen aangesloten worden. Deze installatie dient hoofdzakelijk voor de verbinding tusschen de versterkercentrale en de aansluitplaatsen van microfoons en luidsprekers tijdens luidsprekeromroepen.

In het zwemstadion op het „Maifeld", waar zich de klokkentoren bevindt en op de paardenrenbaan doen met de hand bediende wisselbordcentrales denzelfden dienst; ook hier worden voornamelijk veldtelefoons in lederen draagtasschen gebruikt. Met de hand bediende wisselbordcentrales werden hier gekozen, omdat het bedieningspersoneel steeds in de verbindingen ingeschakeld moet kunnen blijven.

Een zeer omvangrijke voorziening met telefooninstallaties bleek noodig voor het *Dietrich Eckardt-Openluchttheater*. Hier werden twee hefboomlijnkiezerinstallaties opgesteld voor de leiding van den luidsprekeromroep, waarbij hoofdzakelijk gebruik wordt gemaakt van apparaten met lichtsignalen. De tweede met *luidsprekende telefoons* uitgeruste installatie verbindt de regisseurscabine met de drie verlichtingstorens. Luidsprekende telefoons werden gekozen om het bedieningspersoneel de handen vrij te laten voor de bediening van schijnwerpers enz. De geluidssterkte is echter zoo geregeld, dat deze niet hinderlijk is bij de voorstellingen.

Ten dienste van den radio-omroep werd eveneens een zeer uitgebreide telefooninstallatie in bedrijf gesteld voor een goede verbinding tusschen de aansluitplaatsen der microfoons, de regisseurscabine en de zendstations. Deze installatie bestaat uit een met de hand bediende wisselbordcentrale met vier bedieningstafels, op welke centrale 300 toestellen binnen en buiten het sportterrein zijn aangesloten. Verder heeft men de beschikking over talrijke directe verbindingen met de zendstations, het telefoonkantoor, het „Funkhaus" enz. Tot deze installatie behooren ook de vier zgn. vertolkingsinstallaties met elk 30 aansluitingen, welke in de leidingen geschakeld kunnen worden, zoodra vertaling van het omgeroepene noodig is. Verder zijn ten dienste van den radio-omroep een kiezerinstallatie met 50 aansluitingen en 2 voorschakelborden aanwezig.

Over eigen telefoonnetten beschikken op het „Reichssportfeld" de *politie*, die 30 toestellen in hare verschillende posten noodig heeft, alsmede de *reddingsbrigade*, welke behalve over een centrale doctorenzaal, nog over 7 hulpstations, over de verschillende terreinen verdeeld, beschikt. Deze telefooninstallaties hebben eigen stadslijnen en dwarsverbindingen.

Als kleinere, desniettemin toch uiterst belangrijke telefooninstallaties moeten tenslotte nog genoemd worden die voor de verbinding der transformatorenstations, alsmede die voor het tooneelbedrijf in het „Haus des deutschen Sports".

Behalve van de telefoon, is ook op zeer groote schaal gebruik gemaakt van de *verreschrijfmachine*, teneinde de berichtgeving tot de hoogst mogelijke perfectie op te voeren. Voor het intern verkeer op de sportterreinen zijn een aantal verreschrijfmachines opgesteld in de regisseurscabine en in de stencilcentrale, waar de persberichten vermenigvuldigd worden.

Verreschrijfverbindingen bestaan ook tusschen het „Reichssportfeld" en het bureau van het Organisatiecomité der Olympische Spelen in de Hardenbergstrasse, met Grünau, waar de roeiwedstrijden plaats vinden, met de „Deutschlandhalle", met het Olympisch Dorp en met de schietbanen in Wannsee. Tenslotte is een verreschrijfverdeelnet ingericht voor het direct doorgeven van berichten aan dagbladen, hotels enz. vanaf het „Reichssportfeld".

Om overal den *nauwkeurigen tijd* bekend te kunnen maken werd een uitgebreide electrische klokkeninstallatie ingericht. Deze omvat ruim 150 klokken, welke door een in de telefooncentrale opgestelde moederklok bestuurd worden. In meerdere dezer klokken, meer speciaal in die in de instructiezalen van het „Haus des deutschen Sports" zijn zoemers ingebouwd, welke het eerste kwartier van elk uur (het zgn. „Academisch kwartier") aangeven. In samenhang hiermede verdient ook vermelding de groote electrische *Stopwatch*, welke aan een der torens van de Marathon-poort is aangebracht. Deze verspringt met tiende seconden en kan vanuit verschillende plaatsen in het stadion met een drukknop in beweging gebracht of stopgezet worden.

Overigens behoort tot het hierboven beschreven uitvoerige berichtgevingssysteem nog een *lichtroepinstallatie* ten dienste van de regie der feestspelen op het „Maifeld", in het Dietrich-Eckardt-Openluchttheater en de tooneelzaal in het „Haus des deutschen Sports", teneinde de acteurs te waarschuwen, wanneer zij op moeten treden.

In het speciale postkantoor voor de Pers heeft Siemens & Halske een installatie met lichtwisselnummers opgesteld, waarmede aanvragers van telefoongesprekken naar de cellen geroepen kunnen worden, waar zij het aangevraagde gesprek kunnen voeren.

Uit bovenstaande beschrijving kan een indruk worden verkregen, hoe alles in het werk werd gesteld om het moderne berichtwezen zoo intensief mogelijk uit te buiten ten dienste der Olympische Spelen en dat dit in alle opzichten gelukt is, daarvoor zijn de dagelijksche radio-uitzendingen hier te lande, waardoor het mogelijk is geheel met de Olympische Spelen te Berlijn mede te leven, het beste bewijs.

Een eere-saluut aan de organisatoren van de Olympische Spelen 1936 is dan ook zeer zeker hier op zijn plaats.

3e JAARGANG
NUMMER 8

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

AUGUSTUS
1936

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

„DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: Een onderscheiding, door dr. ir. Tan Sin Hok. — Zur Geologie und Stratigraphie des Kendenggebietes zwischen Trinil und Soerabaia (Java), von ir. J. Duyfjes. — Ein fossiler Hominide aus dem Altpleistocän, von Dr. G. H. R. von Koenigswald. — Economische Mededeelingen. — Personalia.

Een onderscheiding

Aan prof. dr. G. A. F. Molengraaff werd in het begin van dit jaar de „Wollaston Medal" uitgereikt.

Gaarne maken we van deze belangrijke gebeurtenis melding, want ongetwijfeld zal ze de belangstelling hebben van zijn talrijke oudleerlingen en van alle andere hier te lande aanwezige mijningenieurs en geologen. Met de „Wollaston Medal" werd aan prof. Molengraaff de hoogste onderscheiding der Geological Society of London toegekend. Het is een eerbewijs, dat slechts aan de corypheeën der geologische wetenschap, ongeacht nationaliteit, wordt verleend. Van degenen, die op deze bijzondere wijze geëerd werden, noemen wij bijvoorbeeld: Lyell (1866), Dana (1872), Zittel (1894), Suess (1896), Rosenbusch (1903), Alb. Heim (1904), Lacroix (1907) en Osborn (1926).

De „Wollaston Medal" werd ingesteld in 1828 „to promote researches concerning the mineral structure of the Earth, and to enable the Council of the Geological Society to reward those individuals of any country by whom such researches may hereafter be made" — „such individual not being Member of the Council". Zij is genoemd naar den vermaarden physicus, chemicus en arts William Hyde Wollaston (1766-1828). Als bijzonderheid kan worden medegedeeld, dat de medaille in Palladium, één der door den naamgever ontdekte elementen, wordt geslagen.

Volledigheidshalve zij vermeld, dat prof. Molengraaff reeds eerder door de Geological Society is onderscheiden: in 1923 werd hij tot Foreign Correspondent en in 1930 tot Foreign Member (= eerelid) benoemd.

Wij laten hieronder de rede volgen, die de President der Geological Society, Mr. J. F. N. Green bij de uitreiking van de „Medal" uitsprak, en waarin hij de hooge verdiensten van den geëerde heeft geschetst, alsook het antwoord van prof. Molengraaff (zie Quart. Jo. Geol. Soc. London, **92**, 1936, Proceed. p. LII-LIII):

„Professor Molengraaff: We have a saying in Britain that the sea does not divide, but unites. The friendship of our nations extends not merely across the North Sea; it is felt beyond the oceans in those remote parts of the world where the Dutch and British peoples are associated. No better proof could be offered than the nature of the distinguished geological work which we desire to honour to-day. It is fifty years since your thesis on the geology of St. Eustatius appeared, and in the following year you discussed the interrelations of the West Indian islands. In 1890 you visited Sout Africa and from 1897, when you became a resident there, you added to our knowledge by a long series of papers dealing with every aspect of South African geology, while the science was also advanced through your guidance as Vice-President and President of the Geological Society of South Africa. Your publication in 1901 on the geology of the Transvaal was the first comprehensive description of that most important area and has been of the utmost value to industry and agriculture. In 1922 you again visited South Africa with an expedition organized by Harvard University.

You have also paid many visits to the East Indies, have travelled in the interior of Borneo, Celebes, and Timor, and have discussed their stratigraphy, tectonics, and vulcanicity. Your account of central Borneo established the frame-work of the geology of that vast island. Recently you have been able to announce remarkable generalisations bearing upon the structure of the East Indian archipelago based on the results of deep-sea research.

Returning again to the West-Indies, you have lately given us a comprehensive account of the Dutch Leeward Islands.

In honouring you to-day, the Society desires also to mark its admiration for the magnificent work of your colleagues in the East Indies, one of the most important regions of the world for our science. In handing you the highest award of our Society, I express the hope that our peoples, both at home and abroad, may continue to cooperate for the welfare and knowledge of mankind.

Professor Molengraaff replied as follows: —

Mr. President: It caused me complete and most agreeable surprise when I received the news that the Council of the Geological Society of London had awarded me the Wollaston Medal. No honour could be more appreciated by me. I feel very proud indeed that my name is to be added to the long roll of eminent scientists upon whom this distinction has been conferred. You have just

made mention, Sir, of my geological work in various parts of the globe in appreciative terms. Although well aware of the imperfections of my work, it is extremely gratifying to me that the Society has deemed the results worthy of recognition.

I consider this moment, in which it falls to my lot to receive this high honour from the oldest and most famous geological society in the world, one of the happiest and most memorable of my life. The honour is greater in that it is bestowed in a country where I have many friends, and for which I have a profound admiration, which I know is felt also by my countrymen.

I feel deeply grateful to the Society for its generous appreciation of my work and to you, Sir, for the kind words with which you have accompanied the presentation of this medal".

Dr. ir. Tan Sin Hok.

Zur Geologie und Stratigraphie des Kendenggebietes zwischen Trinil und Soerabaja (Java)

von

ir. J. DUYFJES,

Geologe beim „Dienst van den Mijnbouw", Bandoeng.

Mit 4 Karten im Text.

Einleitung.

Im folgenden wird zunächst das Gebiet nördlich von Perning besprochen werden, das durch den Fund eines neuen Hominidenschädels, — welcher in einem untenstehenden Beitrag von Dr. G. H. R. von Koenigswald ausführlich besprochen wird, — besonderes Interesse beanspruchen darf. Weiterhin wird erörtert werden, wie dieses Gebiet mit dem vom G. Boetak und mit der klassischen Fundstelle Trinil parallelisiert werden kann.

Diese drei Gebiete sind gelegen im sog. Kendengzug, einer niedrigen Hügelkette, welche von Semarang bis Soerabaja zu verfolgen ist (siehe das Übersichtskärtchen Abb. 1). Der zwischen Ngawi und Soerabaja liegende Teil des Kendeng wurde vom Verfasser gelegentlich der geologischen Neukartierung von Java vom „Dienst van den Mijnbouw in Nederlandsch-Indië", aufgenommen. In dem westlichen Teil, auf den Blättern 99 und 105, wurde nur ein 10-15 km breiter Streifen am Südrande des Hügelterrains untersucht.

Bei der Kartierung liess sich eine Stratigraphie aufstellen, deren verschiedene Stufen durch das ganze, ± 150 km lange Gebiet unmittelbar im Felde zu verfolgen sind. Diese Einteilung wird hierunter erst kurz besprochen werden.

An dieser Stelle möchte ich dem Leiter der geologischen Kartierung, Herrn Dr. J. Zwierzycki, für seine vielfache Unterstützung bei meiner Arbeit herzlich danken, während ich auch meinem Kollegen Herrn dr. ir. C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven zu besonderem Dank für die kritische Durchsicht der vorliegenden Veröffentlichung verpflichtet bin.

I. Algemeine Stratigraphie.

In den obengenannten Gebieten lässt sich die in der untenstehenden Tabelle I gegebene, stratigraphische Einteilung durchführen.

Tabelle I.

Stratigraphische Einteilung			Paläontologische Einteilung	
Trinil (Abb. 5)	*G. Boetak* (Abb. 4)	*Perning* (Abb. 2)	*Fauna*	*Alter*
Alluvium	Alluvium	Alluvium		
Terrassen. Notopoeroschichten[3]). Kaboehschichten. Poetjanganschichten, (vulkanische Fazies).	— Notopoeroschichten. Kaboehschichten. Poetjanganschichten, (vulkanische Fazies).	— Djombangschichten(?) Kaboehschichten. Poetjanganschichten, (vulk. Fazies) / (nicht-vulk. Fazies).	Ngandongfauna[2]) Keine Vertebraten. Trinilfauna[2]). Djetisfauna[2]).	Jungpleistozän. Mittelpleistozän (?) Mittelpleistozän. Altpleistozän.
O. Kalibèngschichten. U. Kalibèngschichten.	O. Kalibèngschichten. U. Kalibèngschichten.	O. Kalibèngschichten[1]). U. Kalibèngschichten[1])	Sondefauna (Martin). Kleinforaminiferen.	Pliozän (?)
Miozän[1]).	Miozän[1]).	—	Lepidocyclinen.	Miozän(?)

1) Auf den zugehörigen geologischen Kärtchen (Abb. 2, 4, 5) nicht vorhanden.
2) Vertebratenfaunen nach von Koenigswald.
3) Sprich das holländische oe in den geographischen Namen wie deutsches u.

Die Unteren Kalibèngschichten, so genannt nach dem Kali Bèng, einem Fluss nordwestlich Djombang, bestehen im ganzen untersuchten Gebiete aus einem einförmigen Komplex von ungeschichteten Globigerinenmergeln. Im westlichen Teile des Kendenggebietes werden diese von einer Lepidocyclinen führenden Abteilung, welche wahrscheinlich schon zum Miozän gehört, unterlagert.

Die Oberen Kalibèngschichten kommen in drei verschiedenen Fazies vor. Im Westen sind es hauptsächlich Korallen- oder Globigerinenkalke. Mehr nach Osten, auf Blatt 105, tritt an ihre Stelle eine Abteilung von geschichteten sandigen Mergeln mit Glaukonit und Globigerinen, welche auf Blatt 110 allmählich in einen Komplex von dünngeschichteten Diatomeenmergeln übergeht.

Die Poetjanganschichten. Diese Stufe (die ihren Namen einem Berge nördlich Djombang verdankt), ist in zwei ganz verschiedenen Fazies ausgebildet. Die eine besteht aus marinen Tonen (nicht-vulkanische Fazies), die andere hingegen aus Brekzien, Tuffen und Tuffsandsteinen (vulkanische Fazies). Letztere enthält öfters Vertebraten der Djetisfauna.

Im Westen des Kendenggebietes ist nur die vulkanische Fazies vorhanden, welche in östlicher Richtung allmählich, von unten nach oben, durch die nicht-vulkanische ersetzt wird, bis schliesslich (östlich des besprochenen Gebietes) nur, oder fast nur, die letztere vorliegt. Dort wo beide zusammenvorkommen, ist also die nicht-vulkanische Abteilung immer die untere.

Die vulkanische Fazies beginnt im Westen mit einer verhältnismässig dünnen, marinen Mollusken führenden Etage, während in dem darüber liegenden Teile ausschliesslich Süsswasserformen vorkommen. Mehr nach Osten sieht man, dass vulkanische Ablagerungen von limnischer und mariner Ausbildung miteinander abwechseln, während noch weiter östlich in der vulkanischen Abteilung nur marine Formen vertreten sind.

Die Kaboehschichten (so genannt nach einer Niederlassung nördlich Djombang) bestehen meistens aus grobkörnigen, vulkanischen Sandsteinen mit Konglomerateinschaltungen. In dieser Abteilung sind öfters Vertebraten der Trinilfauna und Süsswassermollusken gefunden. Nur ganz im Osten kommen im unteren Teile dieser Etage bisweilen noch marine Mollusken vor. An der Nordseite des Kendengzuges ist auf den Blättern 110 und 109 ein marines Äquivalent dieser Etage vorhanden [1]).

Die Notopoeroschichten (Notopoero, ein kleines Dorf westlich des Pandan) bilden im Westen wieder einen aus Tuffen, Tuffsandsteinen und Brekzien bestehenden Komplex, welcher dort über den Kaboehschichten gelegen ist. Vertebraten oder andere Fossilien wurden während der Aufnahme darin nicht beobachtet.

Terrassen. Die obengenannten Etagen werden dem Solofluss entlang diskordant von jüngeren Flussterrassen bedeckt, in welchen zahlreiche Vertebraten gefunden werden (Ngandongfauna).

Was die Tektonik betrifft, so kann kurz gesagt werden, dass das Kendenghügelland ein Ost-West gerichtetes Antiklinorium bildet, welches im Westen, infolge stärkerer Kompression, kompliziertere Falten und Schuppenstruktur aufweist, während mehr nach Osten die Tektonik immer einfacher wird. Im Gebiete der Blätter 110 und 116 spalten sich nacheinander verschiedene Antiklinalen von dem Faltenbündel ab, um weiter östlich unter die Brantasebene wegzutauchen. Schliesslich ist bei Soerabaja davon nur noch eine einzige, fast symmetrisch gebaute Antiklinale übrig.

II. Das Gebiet nördlich von Perning.

A. GESCHICHTLICHES.

Von Dubois (1890-1898) werden im südlichen Teile des Kendengzuges keine Fundstellen fossiler Vertebraten östlicher als Bangle erwähnt.

Der erste Vertebratenfund im östlichen Kendeng wird von Rutten (1927, S. 111) genannt. Nachher ist es Cosijn, der die ersten ausführlichen Mitteilungen macht über die von ihm aufgefundenen reichen Vertebratenablagerungen im Hügellande nordöstlich Modjokerto (Cosijn 1931 und 1932). Ungefähr zur gleichen Zeit haben Nash und van Es die ± 25 km weiter nach Westen gelegenen Fundstellen in der Umgebung von Soemberingen (nördlich Djombang) entdeckt (v. Es 1931, S. 121).

Das Gebiet nördlich Modjokerto wurde vom Verfasser im November 1933 aufgenommen. Auch Dr. von Koenigswald hat damals Cosijns Fundstellen besucht. Die dabei aufgesammelten, aus den Poetjanganschichten herrührenden Vertebraten hat von Koenigs-

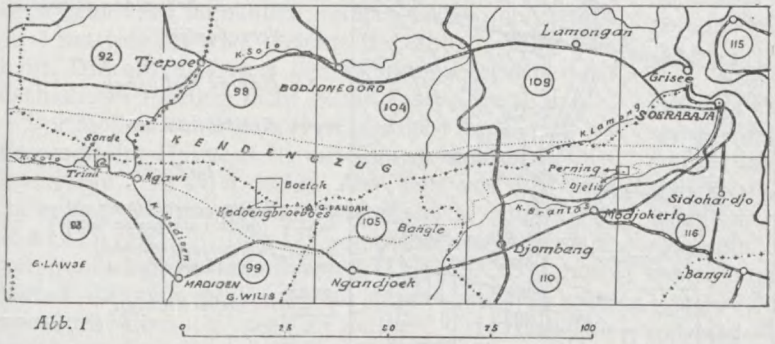


Abb. 1

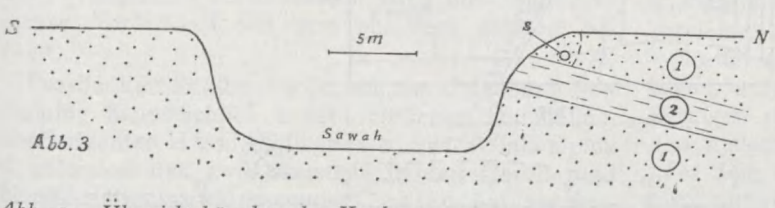


Abb. 3

Abb. 1. Übersichtskärtchen des Kendengzuges. (mit Blatteinteilung der Javakartierung).

Abb. 3. Detailprofil der Fundstelle des neuen Schädels. 1 = Tuffsandstein 2 = Tuff. S = Fundstelle des Schädels.

1) Im folgenden wird hierauf nicht näher eingegangen.

wald in der, von ihm aufgestellten, altpleistozänen Djetisfauna zusammengefasst. Sichere Vertreter der Trinilfauna wurden damals in der Umgebung von Perning noch nicht gefunden, obwohl sie in den, dort ebenfalls Vertebraten führenden, Kaboehschichten doch zu erwarten waren.

Vor Fertigstellung des Blattes 110 (Modjokerto) der geologischen Karte von Java, — das in nächster Zeit erscheinen wird, — wurde der javanische Sammler Andojo dorthin geschickt um in den Kaboehschichten nach Vertebratenresten zu suchen, unter genauer Festlegung der Fundstellen. Ausserdem musste er auch das Gebiet der Poetjanganschichten noch einmal besuchen um dort neues Material aus der Djetisfauna zu sammeln. Dabei fand er bei einer kleinen Grabung in ± 1 m Tiefe, in den Poetjanganschichten einen fossilen Schädel, welcher von von Koenigswald als der eines jungen, noch nicht erwachsenen Hominiden bestimmt wurde.

Die genaue Fundstelle, — welche vom Verfasser am 31. Mei 1936 besucht wurde —, liegt 3 km nördlich von Perning, etwa 300 m östlich von dem Wege nach Soembertengah, innerhalb einer „5A-Konzession", des Kedoengwaroe-Blocks, der „Bataafsche Petroleum Maatschappij".

B. GEOLOGISCHE BESCHREIBUNG. (Siehe Abb. 2).

Das Gebiet nördlich Perning gehört zu der sog. Kedoengwaroe-Antiklinale, welche von der Westgrenze des Blattes 110 bis etwa 10 km östlich von Perning durchläuft, wonach sie unter die alluviale Brantasebene untertaucht.

In unserem Gebiete (Abb. 2) sind von den im Abschnitt I erwähnten stratigraphischen Abteilungen nur die Kaboehschichten und die vulkanische Fazies der Poetjanganschichten aufgeschlossen. Mehr nach Osten tritt infolge einer Steigung der Antiklinalachse auch die nicht-vulkanische Fazies der letzteren zutage. Die Antiklinale zeigt hier eine kleine längliche Kulmination, deren westliches Ende auf Abb. 2 dargestellt ist. Westlich vom Perninggebiet bildet die Antiklinale eine zweite, tektonisch höhere Kulmination, wo der Sattelkern bis auf die Unteren Kalibèngschichten abgetragen ist.

Im letztgenannten Gebiete zeigen die aufgenommenen Profile eine konkordante Schichtenfolge, welche mit den Unteren Kalibèngschichten beginnt und sich bis in die Kaboehschichten fortsetzt.

Bei Perning bildet die Kedoengwaroe-Antiklinale eine einfache ungestörte Falte mit einem breiten, sehr schwach gewölbten Scheitel, deren Südflügel etwas steiler ist als der Nordflügel (siehe das Profil der Abb. 2). Mehr nach Westen wird der Bau dieser Falte komplizierter, worauf hier nicht näher eingegangen werden soll.

Die Poetjanganschichten. Im Gebiete nördlich von Perning ist in dieser Abteilung folgendes Profil zu beobachten:

Oben.

g)	Grob- und feinkörniger Tuffsandstein.....	± 35 m.
f)	Mergeliger oder tonhaltiger Tuffsandstein mit *marinen Mollusken* und *Echiniden* (Molluskenhorizont III)	± 10 m.
e)	Grüne Tonschicht (nur örtlich aufgeschlossen)	± 5 m.
d)	Dickbankiger, grober Sandstein mit unregelmässigen Schichten und Linsen von feineren und gröberen Konglomeraten mit Andesitgeröllen. Auch Einschaltungen von feinen tonhaltigen Tuffen. Im unteren Teile dieser Abteilung öfters Bänke von dünngeschichtetem, feinkörnigem Tuffsandstein, wodurch ein Übergang nach c gebildet wird	± 100 m.
c)	Dünngeschichteter, feinkörniger Tuffsandstein mit mehr oder weniger grossem Tongehalt	± 10 m.

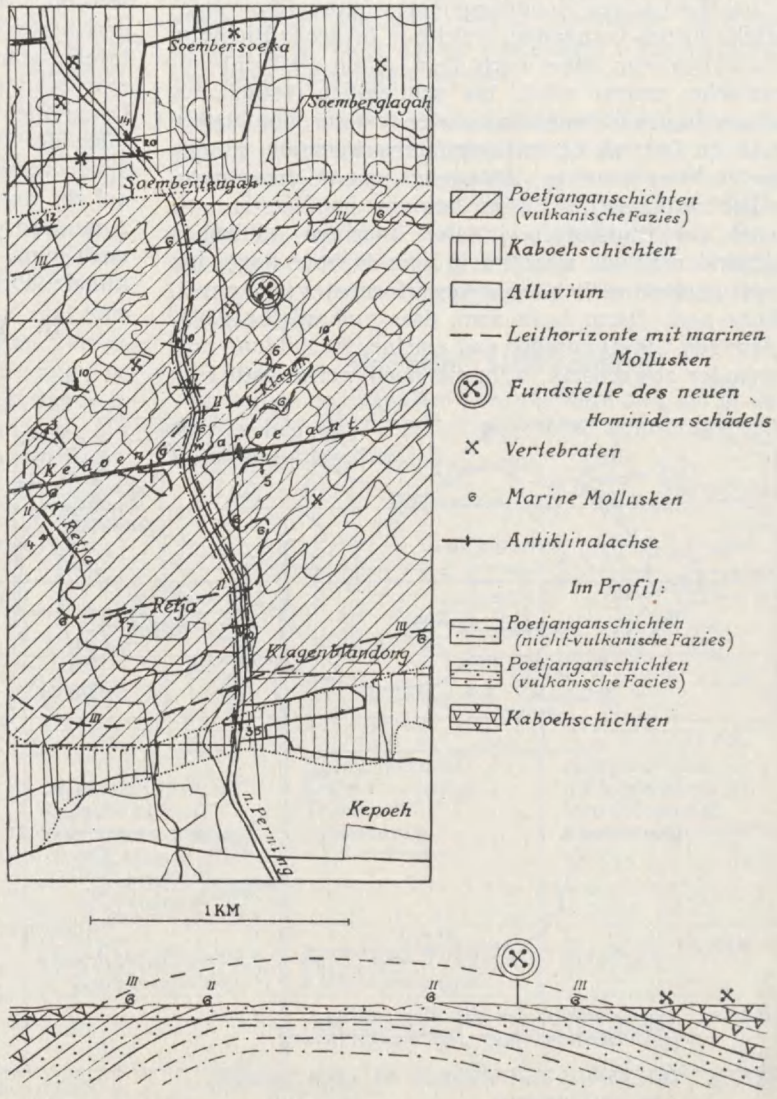


Abb. 2. Geologische Karte der Umgebung von Perning (mit Profiel).

b) Mergeliger und toniger, öfters etwas konglomeratischer Tuffsandstein mit *marinen Mollusken* und lokal auch mit grossen Korallenstöcken (Molluskenhorizont II). Stellenweise auch mit kopfgrossen Andesitblöcken ..... ± 15 m.

a) Dünne Schicht von Tuffsandstein und tonhaltigen Tuffsandstein. (Bisweilen auch mit einigen Mollusken und dadurch nicht immer deutlich von b zu trennen) ..... ± 25 m.

Unten.

Dieses Profil ist auf dem Nordflügel der Antiklinale am Wege südlich Soembertengah sehr gut wahrzunehmen, dieselbe Schichtenfolge wurde am Südflügel bei Klagenblandoeng wieder gefunden.

Das Ausgehende des Molluskenhorizonts II (Abb. 2) wird infolge der geringen Neigungen am Scheitel der Antiklinale hauptsächlich durch die topographischen Verhältnisse bedingt. Es ist immer in den tiefen Flusseinschnitten zu beobachten, während auf den höher gelegenen Hügeln der jüngere Sandsteinkomplex (d) zutage tritt.

Das Liegende des Tuffsandsteinkomplexes a , welches bei Perning nicht aufgeschlossen ist, besteht weiter nach Osten aus blauen Tonen, welche zu den nicht vulkanischen Poetjanganschichten gehören. Westlich vom Perninggebiet aber tritt die vulkanische Fazies schon tiefer im Profil auf, und zwar auf 250 m *unter* dem Molluskenhorizont II. Daraus zeigt sich sehr deutlich die schon erwähnte Faziesänderung, wodurch der obere Teil der nicht vulkanischen Fazies von Perning, im Westen durch einen 250 m mächtigen Komplex von Tuffsandsteinen ersetzt ist. Auch hier (im Westen) liegt an der Basis der vulkanischen Fazies ein marine Mollusken führender Tuffsandstein (Molluskenhorizont I).

Der Tuffsandsteinkomplex g wird westlich vom Perninggebiet durch eine ± 25 m dicke Andesitbrekzie überdeckt, welche dort die Grenze mit den Kaboehschichten bildet. Weiter nach Osten wird dieses Brekzienniveau allmählich dünner, bis es schliesslich ± 3 km westlich vom Gebiete der Abb. 2 völlig auskeilt. Die obere Grenze der Poetjanganschichten ist deshalb bei Perning nicht genau festzulegen.

Der Molluskenhorizont II ist identisch mit Cosijns unterem, der Horizont III mit seinem oberen Molluskenniveau (Cosijn 1932). Aus dem von Cosijn im unteren Niveau gesammelten Material wurden von Martin (1932, S. 149) 128 verschiedene Arten mariner Mollusken bestimmt, von welchen ± 68% noch rezent vorkommen. Er meinte daraus auf ein jungpliozänes Alter schliessen zu müssen. Cosijns Material aus dem oberen Molluskenniveau enthält nach Martin nur 28 verschiedene Arten und zeigt eine grosse Ähnlichkeit mit dem aus dem unteren Niveau [2]).

Fossile Vertebraten werden in der Umgebung von Perning, hauptsächlich in dem, *zwischen* den Molluskenhorizonten II und III liegenden, Sandsteinkomplex d gefunden und zwar meistens in den Geröll- und Konglomerateinschaltungen. Cosijn hat sie bisweilen auch *in* den Molluskenhorizonten II und III angetroffen. (Cosijn 1932, S. 139 u. 141). Das Vertebratenmaterial aus den Poetjanganschichten bei Perning wird von von Koenigswald zu der altpleistozänen Djetisfauna gerechnet (1934, S. 190). Diese Fauna wurde vor kurzen auch in dem, mehr nach Westen, *unter* dem Molluskenhorizont II gelegenen Tuffsandsteinkomplex gefunden.

Die Vertebratenuntersuchung führt also zu einem jüngeren geologischen Alter als die Martinsche Prozentsatzmethode. Erstere wird im folgenden vorgezogen, weil die Vertebraten wegen ihrer schnelleren Evolution für eine Detailstratigraphie von jüngeren Formationen mehr geeignet sind als die Mollusken.

Der neue menschliche Schädel stammt aus dem, zwischen den Molluskenhorizonten II und III liegenden, Sandsteinkomplex d und zwar aus einem konglomeratischen Sandstein mit Andesitgeröllen, welcher auf einem tonhaltigen Tuff liegt. Die Neigung dieser Schichten ist etwa 10° nach Norden. (Siehe Abb. 3). Nach Mitteilung unseres Sammlers waren dort an der Oberfläche nur einige kleine Knochensplitter zu sehen. Bei einer in dem Sandstein angesetzte Grabung wurde dann im etwa 1 m Tiefe der Schädel gefunden.

Unser neuer Hominidenschädel ist somit zweifellos in situ, in einer antiklinal gefalteten, marinen Schichtenfolge zwischen marine Mollusken führenden Leithorizonten gefunden. Das vulkanische Material dieser Schichten stammt wahrscheinlich von grossen Lahars (Murgängen) der im Süden und Südwesten liegenden Vulkane. Die bei den Eruptionen umgekommenen Tiere und Menschen sind von den Laharströmen mitgeführt und zugleich mit dem vulkanischen Gesteinsmaterial in das marine Becken eingespült worden. Eine grosse Stütze für die Richtigkeit dieser Vorstellung darf in den von Cosijn in den Molluskenhorizonten II und III, also in einem unbedingt marinen Milieu, gefundenen Vertebraten gesehen werden.

Die Kaboehschichten. Diese, konkordant auf den Poetjanganschichten liegende Abteilung, besteht hauptsächlich aus fein- oder grobkörnigen Sandsteinen und Tuffsandsteinen, welche mit feinen Tuffschichten oder unregelmässigen, oft linsenförmigen Konglomerat-einlagerungen mit Andesitgeröllen abwechseln. Die Sandsteine zeigen öfters Diagonalschichtung. Etwa 50 m über der Grenze mit den Poetjanganschichten kommt örtlich noch ein Niveau mit marinen Mollusken vor; im Gebiet der Abb. 2 ist dies aber nicht aufgeschlossen. In dem höheren Teile enthält diese Etage stellenweise, meistens schlecht konservierte, Süsswassermollusken.

Weiter sind in den Kaboehschichten öfters Vertebraten aufgefunden, am meisten in den mehr grobkörnigen oder konglomeratischen Sandsteinen. Bei den neuesten Untersuchungen wurden etwa 50 m *über* dem oben erwähnten höchsten Brekzienniveau, also unzweifelhaft innerhalb der Kaboehschichten, die Leitfossilien der mittelpleistozänen Trinilfauna (von Koenigswald 1934, S. 195), *Cervus (Axis) lydekkeri* und *Duboisia kroesenii* aufgefunden. Die Fundstelle liegt aber ausserhalb der Abb. 2, etwa 6

2) Das ganze, umfangreiche, neugesammelte Molluskenmaterial aus dem Kendeng-zug wird jetzt bearbeitet in Holland. Diese Untersuchungen sind aber noch nicht abgeschlossen.

km nach Westen. Durch diesen Fund hat sich also herausgestellt, dass auch im östlichen Teil des Kendengs die Djetis- und die Trinilfauna in zwei über einander gelegenen Etagen verschiedenen geologischen Alters vorkommen; dasselbe ist der Fall bei Kedoengbroeboes (Boetak) und Sangiran (von Koenigswald 1934, S. 188 u. 190).

Die obere Grenze der Kaboehschichten ist bei Pernig immer durch Alluvium bedeckt. Mehr nach Süden aber kommen in der Brantasebene lokal noch schwach gefaltete vulkanische Ablagerungen (Djombangschichten) vor, welche man als jünger als die Kaboehschichten betrachten muss. Die Djombangschichten sind wahrscheinlich ungefähr gleichaltrig mit den Notopoeroschichten, haben aber eine abweichende petrographische Zusammensetzung. In dieser Arbeit soll darauf nicht weiter eingegangen werden.

Tektonik. Auf der Abb. 2 und dem zugehörigen Profil sieht man, dass die mittelpleistozänen Kaboehschichten, soch sehr deutlich antiklinal gefaltet sind. Wegen der im obigen schon erwähnten Konkordanz würde man also auf eine einmalige postmittelpleistozäne Faltungsperiode schliessen müssen. Doch ist hier einige Vorsicht geboten wegen der noch nicht erwähnten Tatsache, dass im obersten Teile der Oberen Kalibèngschichten örtlich ein dünnes Niveau mit *Unio* (bestimmt von Herrn Dr. Ch. H. Oostingh) gefunden wurde. Man hat hier also unbedingt mit einer Unterbrechung der marinen Sedimentation, oder anders gesagt mit einer Unterbrechung der allgemeinen Senkung des Meeresbeckens zu tun, was auf oszillatorische Bewegungen hinweist. Diese müssen aber so schwach gewesen sein, dass sie keine einigermassen beträchtliche Ablagerungslücke hervorgerufen haben, so dass die Konkordanz dadurch nicht, oder wenigsten nicht merklich, gestört wurde.

Es handelt sich im östlichen Kendeng also um einen im allgemeinen konkordanten Sedimentkomplex, der schon während der Ablagerung von einer schwachen Faltung betroffen wurde, welche aber erst in postmittelpleistozäner Zeit ihre höchste Intensität erreichte.

III. Die Umgebung von Kedoengbroeboes und dem G. Boetak.

A. GESCHICHTLICHES.

Dieses Gebiet soll im folgenden etwas ausführlicher besprochen werden, weil hier prinzipiell dieselbe Schichtenfolge wie bei Trinil vorliegt. Sie ist hier aber in den kleineren Flüssen weit besser und vollständiger aufgeschlossen als an dem grossen Solofluss bei Trinil, wo das Profil immer grosse von Alluvium ausgefüllte Lücken aufweist und das Terrain an der Oberfläche überdies noch von jüngeren Terrassenablagerungen überdeckt wird.

Die Umgebung von Kedoengbroeboes ist eins der ersten Gebiete, in dem Dubois eingehender nach Vertebraten hat suchen lassen. (Dubois 1890-1898, 2. Quartal 1890, S. 19). Dabei wurde auch am G. Boetak gesammelt. Aus den Angaben von Dubois ist jetzt aber nicht mehr nachzuprüfen, welcher Anteil seines Materials von Kedoengbroeboes und welcher vom G. Boetak stammt.

Später wurde diese Gegend noch kurz von Verbeek und von der Selenka-Expedition (Dozy) besucht.

Eine ausführliche geologische Beschreibung dieses Gebietes gab van Es (1931). Er hat zuerst darauf hingewiesen, dass aus rein geologischen Gründen den Vertebraten des Boetaks, ein höheres geologisches Alter zugeschrieben werden muss als denen von Kedoengbroeboes und Trinil. Ein paläontologischer Beweis war damals noch nicht möglich.

Verfasser hat diesen Teil des Kendeng im März und Mai 1932 und im Novembr 1934 aufgenommen. Später wurden im Jahre 1934 unter seiner Aufsicht Grabungen am G. Boetak und in der Umgebung von Kedoengbroeboes gemacht. Das dabei gesammelte Vertebratenmaterial wurde von von Koenigswald bearbeitet, wobei sich herausstellte, dass die erste Fundstelle eine typische Djetisfauna, die zweite eine deutliche Trinilfauna lieferte (von Koenigswald 1934, S. 188).

B. GEOLOGISCHE BESCHREIBUNG.

(Siehe Abb. 4).

Auf der Strecke zwischen Notopoero und dem Boetak ist ein vollständiges Profil aufgeschlossen, das mit den Unteren Kalibèngschichten anfängt und bis in die Notopoeroschichten hinaufreicht.

Die Unteren Kalibèngschichten. Diese Abteilung besteht, ebenso wie im ganzen Kendeng, vorwiegend aus knolligen Globigerinenmergeln worin, ausser Globigerinen und Kleinforaminiferen, niemals andere Fossilien gefunden sind. Das Gestein ist meistens völlig ungeschichtet, nur sehr selten kommen dünne Einlagerungen von gelbem oder grauem Sandstein vor. Diese Abteilung ist identisch mit den „Globigerina marls" bei van Es (1931).

Die Oberen Kalibèngschichten. Diese Stufe wird vielfach aus einem harten Kalkstein mit Korallen und seltener auch mit marinen Mollusken gebildet; daneben kommt öfters ein körniger Kalkstein mit viel Globigerinen und Kleinforaminiferen vor. Etwat 1 km östlich vom Boetak sind darin auch kleine Cycloclypeën gefunden.

Am Wege nördlich vom Boetak liegt an der Basis eine dünne Bank von mergeligem Tuffsandstein. Bei Ngasinan wird dieses Basisniveau durch einen gebankten, sandigen Kalkstein vertreten, welcher von einem grobkörnigen, andesitischen Sandstein überlagert wird. Darüber folgt dann der meistens ungeschichtete, massige Korallen- oder Globigerinenkalkstein. An einigen Stellen sind darin aber noch deutlich dicke Bänke zu erkennen, während ausnahmsweise das Gestein auch plattig entwickelt sein kann.

Im unteren Teil dieser Etage ist statt der harten Riffkalke öfters ein Wechsel von weicheren Mergeln oder mergeligen Kalken mit Bänken von härterem Globigerinenkalkstein zu finden. Die Zusammensetzung dieser Abteilung ist also, wie man dies bei einer Riffbildung erwarten kann, nicht immer dieselbe.

Die Oberen Kalibèngschichten sind identisch mit dem „Globigerina limestone" und dem „Coral limestone" welche van Es (1931, S. 88 u. 89) als Miozän betrachtet, während die von ihm für Mittelpliozän

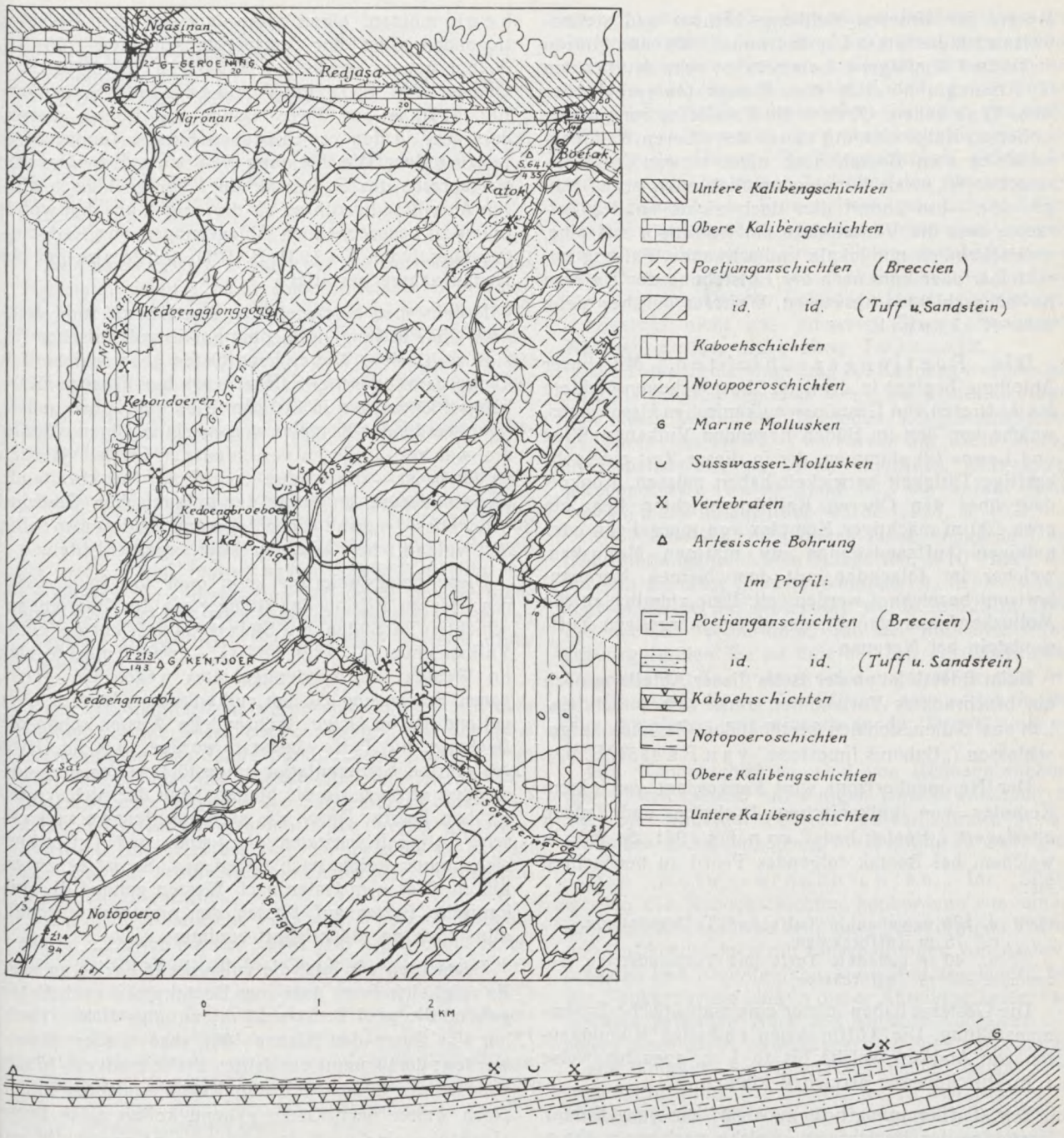


Abb. 4. Geologische Karte der Umgebung vom G. Boetak und Kedoengbroeboes (mit Profil).

gehaltene, „Conglomeratic limestone" und „Bedded limestone" ebenfalls zu derselben Abteilung gehören. Letztere sind nur fazielle Abweichungen und gehören nicht zu einer jüngeren Etage.

Die Kalksteinfazies der Oberen Kalibèngschichten ist vom Boetak aus nach Westen bis in die Umgebung von Trinil und Sonde zu verfolgen, während sie sich nach Osten jenseits der jüngeren Tuffdecke des Pandanvulkans bis nordwestlich von Bangle (auf dem Blatt 105) fortsetzt. Weiter nach Osten tritt der Kalkstein immer mehr zurück, während an seiner Stelle ein Glaukonit führender sandiger Mergel auftritt („transition beds", v a s E s 1931, S. 89), welcher noch weiter nach Osten seinerseits wieder in einem Komplex von sehr fein geschichteten Diatomeen-mergeln übergeht, welcher dort eine Mächtigkeit von 600-800 m erreicht („Diatom marls", v a n E s 1931, S. 110). V a n E s betrachtete die „transition beds" als jünger, die „Diatom beds" als älter, als die Kalksteine. Bei der neuen Aufnahme hat sich aber ergeben, dasz diese nur drei verschiedene Fazies derselben Etage darstellen.

Der Kalkstein liegt in der Umgebung des Boetaks, den Schichtmessungen nach, völlig konkordant auf den Mergeln der Unteren Kalibèngschichten. Dahingegen muss hier angeführt werden, dass mehr nach Norden und nach Osten isolierte Reste von habituell völlig analogem Kalkstein vorkommen, welche die

Mergel der Unteren Kalibèngschichten und stellenweise auch das ältere Lepidocyclinen führende Miozän diskordant überlagern. Letzteres ist sehr deutlich am G. Atasangin nördlich vom Boetak (ausserhalb der Abb. 4) zu sehen. Obwohl die Parallelisierung dieser isolierten Kalksteine mit denen der Oberen Kalibèngschichten vom Boetak noch nicht einwandfrei festzustellen ist, — sie könnten nämlich auch etwas jünger sein —, so ändert dies doch nichts an der Tatsache, dass die Verhältnisse am Atasangin auf eine, wahrscheinlich nur lokale und schwache, Faltung unmittelbar oder kurz nach der Entstehung der Unteren Kalibèngschichten hinweisen. Weiteres darüber siehe unter Tektonik.

Die Poetjanganschichten. Mit dieser Abteilung beginnt in dem jetzt besprochenen Gebiete das Auftreten von Gesteinen vulkanischen Ursprunges, welche von den im Süden liegenden Vulkanen Wilis und Lawoe (?) stammen, die in dieser Zeit eine sehr kräftige Tätigkeit entwickelt haben müssen. Konkordant über den Oberen Kalibèngschichten liegt ein etwa 100 m mächtiger Komplex von mergeligen oder kalkigen Tuffsandsteinen mit marinen Mollusken, welcher im folgenden mit dem Namen Ngronanhorizont bezeichnet werden soll. Eine ziemlich reiche Molluskenfauna stammt aus einem mergeligen Tuffsandstein bei Ngronan.

Beim Boetak ist an der Basis dieser Abteilung noch ein beschränktes Vorkommen eines fast ausschliesslich aus Balanusschalen bestehenden Gesteins aufgeschlossen („Balanus limestone" van Es 1931, S. 92).

Der Ngronanhorizont wird konkordant von einem Komplex von vulkanischen Brekzien und Tuffen überlagert („Boetak beds" van Es 1931, S. 99), in welchem bei Boetak folgendes Profil zu beobachten ist:

oben d. 125 m gebankte Tuffe und Tuffsandsteine.
c. 75 m Tuffbrekzien.
b. 40 m gebankte Tuffe und Tuffsandsteine.
unten a. 200 m Tuffbrekzien.

Die Gesteine haben immer eine andesitische Zusammenstellung. Die Tuffbrekzien enthalten Komponenten von Andesit, welche bis zu ½ m, ausnahmsweise 1 m Durchmesser erreichen können.

Der Tuffkomplex b enthält südlich vom Boetak Reste fossiler Vertebraten, welche nach von Koenigswald zu der Djetisfauna gehören (1934, S. 188). Man findet dort an einem kleinen Hügel am Wege vom Boetak nach Kedoengbroeboes eine gebankte Serie von sehr feinen, harten Aschentuffen, welche abwechseln mit grobkörnigen Tuffsandsteinen, während auch einige Geröllschichten vorkommen. Die Knochen befinden sich, zusammen mit Süsswassermollusken, am meisten in einem schwarzen, tonhaltigen Aschentuff, welcher auch kleine, gelbe Tuffsandsteinbröckchen enthält. Die Schichtflächen sind gerne wellenförmig gebogen, wodurch die Neigung nicht immer einwandfrei festzustellen ist; sie ist aber im allgemeinen etwa 10° nach Süden.

Dass diese Vertebratenführende Tuffablagerung (b) *zwischen* den beiden Brekzienkomplexe (a und c) eingeschaltet ist, und *nicht* wie Dubois und Verbeek meinen, einen diskordant auf den Brekzien liegenden Rest der Vertebratenschichten von Kedoengbroeboes darstellt (Dubois 1890-1898, 1. Quartal 1894, S. 11 und Verbeek 1908, S. 783-788, Fig. 514), ist am Wege südlich von Boetak, besonders aber in den verschiedenen Flüssen, einwandfrei festzustellen. Die Meinung von van Es, dass die Vertebraten des G. Boetak aus einer geologisch älteren Abteilung herrühren als diejenigen aus den weiter unten zu besprechenden Ablagerungen von Kedoengbroeboes (van Es 1931, S. 101), wurde also bei der Neuaufnahme bestätigt.

Is dem oben beschriebenen Boetakprofil sind demnach die Poetjanganschichten nur in vulkanischer Fazies vorhanden. Weiter nach Osten aber schiebt sich konkordant zwischen diese und den Oberen Kalibèngschichten, ein in östlicher Richtung immer mächtiger werdender Komplex von marinen, blauen Tonen ein, welcher — wie an verschiedenen Stellen deutlich zu sehen ist — durch eine nach Osten fortschreitende Faziesänderung an Stelle der vulkanischen Gesteine tritt. Diese marine Tonablagerung bildet also eine nichtvulkanische Fazies der Poetjanganschichten.

Diese Faziesänderung kann man wie folgt erklären: der zu Beginn der Ablagerung der Poetjanganschichten im Süden und Südwesten sich entwickelnde Vulkanismus (G. Wilis und G. Lawoe?) machte sich im Westen des Kendenggebietes wegen der geringeren Entfernung zu den vulkanischen Zentren eher geltend als im Osten. Während im Westen schon die Brekzien und Tuffe abgesetzt wurden, ging im Osten die marine Sedimentation ungestört weiter und entstanden *gleichzeitig* die blauen Tone der nicht-vulkanischen Fazies. Durch die stetige, intensive vulkanische Tätigkeit breiteten die Lahar- und Tuffströme sich immer weiter nach Osten aus. So ist es zu erklären, dass vom Osten nach Westen gehend die vulkanische Fazies auf Kosten der nicht-vulkanischen, allmählich an Mächtigkeit zunimmt.

Betrachten wir jetzt die vulkanische Fazies an sich. Es zeigt sich dann, dass vom Boetakprofil nach Osten gehend die zwei Brekzienbänke anfangs dicker, nachher (im Osten des Blattes 105) aber wieder dünner werden; dort kommt ein drittes Brekzienniveau hinzu, welches die Grenze mit den Kaboehschichten bildet. Noch weiter nach Osten gehend keilen diese Brekzienbänke eine nach der andern aus; zuerst die untere, dann die mittlere und schliesslich die obere. Dies ist sehr gut im Einklang mit der oben erwähnten, immer mehr zunehmenden Ausbreitung der vulkanischen Gesteine in den jüngeren Horizonten des Poetjangan.

Weiter zeigt sich, dass die vulkanischen Poetjanganschichten, welche im Westen mit Ausnahme des dünnen Ngronanhorizonts nur Süsswassermollusken enthalten, im östlichen Teil des Kendeng marin abgelagert sind. Den Übergang zwischen den lakustrischen und den marinen Sedimentationsgebieten findet man im westlichen Teile des Blattes 110. Dort ist die vulkanische Abteilung gekennzeichnet durch drei, marine Mollusken führende Leitniveaus, welche sich, wie folgt, im allgemeinen Profil einschalten:

Oben.

h)	Oberes Brekzienniveau.	
g)	Molluskenhorizont III.	225 m.
f)	Sandstein und Tuffsandstein.	
e)	Molluskenhorizont II.	
d)	Mittleres Brekzienniveau.	
c)	Gebankter Sandstein und Tuffsandstein.	275 m.
b)	Unteres Brekzienniveau.	
a)	Molluskenhorizont I.	

Unten.

Molluskenhorizont I kann als die Fortsetzung des Ngronanhorizontes beim Boetak betrachtet werden, ist aber damit nicht völlig identisch, weil letzterer wegen der Faziesänderung, im Profil etwas ansteigt. Durch das Fortschreiten der Faziesänderung in östlicher Richtung, ist das Molluskenniveau I bei Perning nicht mehr vorhanden. Dort bildet der Molluskenhorizont II die Grenze mit der unterliegenden nichtvulkanischen Fazies.

Aus den oben auseinandergesetzten Verhältnissen geht hervor, dass die Verlandung, welche im Westen schon schnell nach dem Anfang der Ablagerung der Poetjanganschichten stattgefunden hat, sich weiter nach Osten immer später geltend machte, bis schliesslich die vulkanischen Sedimente in zu geringer Mächtigkeit abgelagert wurden, um das marine Becken endgültig aufzufüllen. (Siehe darüber weiteres unter Tektonik).

Der Ngronanhorizont wurde von van Es mit dem Namen „Sonde beds" bezeichnet, und mit den Fossilienmergeln von Sonde parallelisiert. Ersterer liegt aber immer *über* den Kalksteinen der Oberen Kalibèngschichten, während die Sondemergel *darin* eine örtliche Einschaltung bilden. Auch wegen des lithologischen Karakters des Ngronanhorizonts ist es besser ihn zur vulkanischen Fazies der Poetjanganschichten zu rechnen.

Die nicht-vulkanische Fazies der Poetjanganschichten ist identisch mit den „dark gray argillaceous beds" bei van Es (1931, S. 91). Oben ist schon angeführt, dass diese nur einen im Osten des Kendenggebietes vorkommenden, faziellen Stellvertreter der vulkanischen Poetjanganschichten bildet. Es ist also nicht erlaubt, wie van Es meinte, sie als eine ältere Etage aufzufassen. Die auf Grund ihres Fehlens beim Boetak vom ihm angenommene Diskordanz (van Es 1931, S. 92) verfällt damit.

Die Kaboehschichten. Im Boetakprofil wird der obere Tuffkomplex der Poetjanganschichten konkordant von einer ± 225 m mächtigen Abteilung, welche hauptsächlich aus grobkörnigen, andesitischen Sandsteinen mit Konglomerateinschaltungen besteht, überlagert. Daneben kommen auch Einlagerungen von feinem Aschentuff vor. Die Sandsteine zeigen öfters Diagonalschichtung und enthalten meistens viel stärker abgerolltes Material als die Tuffe und Tuffsandsteine der Poetjanganschichten. In den Sandsteinen werden öfters Vertebraten der Trinilfauna (von Koenigswald 1934, S. 188) und Süsswassermollusken angetroffen.

Weiter kommen in dieser Abteilung verschiedene Einschaltungen eines grauen, öfters sandigen, Globigerinen führenden Tonmergels vor, welcher bei Kedoengbroeboes auch Süsswassermollusken (*Unio* und *Melania*) enthält. Weil die *Unio's* stets mit geschlossenen doppelten Klappen vorliegen, muss man annehmen, dass diese hier an der Stelle gelebt haben. Die Globigerinen müssen also sekundär eingespült sein [3]); sie stammen dann wahrscheinlich aus den Mergeln der Unteren Kalibèngschichten, welche Abteilung daher zu dieser Zeit über den Meeresspiegel emporgehoben war. Eine weitere und stärkere Stütze für diese Annahme ist auch das Vorkommen von einigen abgerollten Stückchen Globigerinenkalkstein in den Konglomeraten der Kaboehschichten, welche wohl aus dem Oberen Kalibèng stammen, sie können wenigstens nicht aus jüngeren Etagen herrühren. Näheres darüber siehe unter Tektonik.

Die Tonmergeleinlagerung bei Kedoengbroeboes hat eine Mächtigkeit von etwa 30 m. Sie wird konkordant von einem Vertebratenführenden, konglomeratischen Sandstein überlagert. Verbeek hat diese Mergel irrtümlicherweise zu seiner miozänen Mergeletage gerechnet (Verbeek 1908, S. 786), worauf schon von van Es hingewiesen wurde (1934, S. 102).

Die Kaboehschichten bilden einen konkordant auf den Poetjanganschichten gelagerten, 5-10° nach Süden einfallenden Sandsteinkomplex [4]). In der artesischen Bohrung bei Notopoero wurde in 125 m Tiefe das oberste Vertebratenniveau der Kaboehschichten zurückgefunden. Es ist dort nämlich ein Oberkieferfragment von *Sus brachygnatus* angetroffen, eine Art, welche öfters in der Trinilfauna, sehr selten in der Ngandongfauna und niemals in der Djetisfauna gefunden ist.

Die Kaboehschichten sind von Kedoengbroeboes nach Osten gehend mit einigen Unterbrechungen wo sie vom Alluvium bedeckt werden, direkt im Gelände bis in die Umgebung von Perning zu verfolgen.

Die Notopoeroschichten. Im Süden werden die Kaboehschichten konkordant von einem jüngeren Komplex von fein- oder grobkörnigen Tuffen und Tuffsandsteinen mit Einschaltungen von Andesitbrekzien und Bimssteinkonglomeraten überlagert. Bei der Neukartierung sind in dieser Abteilung keine Vertebraten gefunden. Nach den Angaben von Dubois sollen diese darin, obwohl spärlich, doch vorkommen.

Die Neigung der Notopoeroschichten nimmt nach Süden hin allmählich ab, bis sie in den Eisenbahneinschnitten bei Saradan fast horizontal gelagert sind. Das Gesteinsmaterial wird nach Süden, also in der Richtung des vulkanischen Zentrums, immer gröber, so dass bei Saradan diese Abteilung hauptsächlich aus dickbankigen Andesitbrekzien mit Einlagerungen von grobem Tuffsandstein besteht. Südlich von der Eisenbahn werden diese von den Tuffen des Wilis-Vulkans bedeckt. Die Grenzfläche ist nicht aufgeschlossen.

Der Pandanvulkan. Obwohl eigentlich

3) Eine sehr ähnliche, sicher rezente Flussablagerung in welcher ausser autochtonen Süsswassermollusken *(Unio* und *Melania)* auch sekundär umgelagerte Globigerinen vorkommen, konnte Verfasser in der Brantasebene bei Plosso (nördlich Djombang) beobachten.

4) Das SO-NW Streichen im Gebiete der Karte Abb. 4, wird nur von einer örtlichen Umbiegung bedingt. Mehr nach Westen und nach Osten ist die Streichrichtung wieder Ost-West.

ausserhalb des Gebietes der Abb. 4 gelegen, muss hier doch der kleine Pandanvulkan noch erwähnt werden, dessen Tuffmantel alle hier oben beschriebenen Etagen überdeckt. Nur die Notopoeroschichten enthalten dicht in der Nähe des Pandans einige Brekzieneinlagerungen, welche vielleicht von ihm herrühren. Der G. Pandan ist also nicht als ein Rest von dem „alten Andesit" aufzufassen, wie Verbeek meinte, sondern als ein junger, bereits erloschener, quartärer Vulkan, wie schon von van Es betont wurde (van Es 1934, S. 103).

Tektonik. Nördlich von Boetak besteht der Kendengzug aus einem komplizierten Faltenbündel, dessen Südflügel aber eine regelmässige, nach Süden hin allmählich schwächer werdende Neigung aufweist. Dieser Südflügel ist im Profil zwischen Boetak und Notopoero (Abb. 4) dargestellt. Man findet dort einen, von den Unteren Kalibèngschichten bis zu den Notopoeroschichten, völlig konkordanten Gesteinskomplex, woraus hervorgeht, dass dieses Gebiet einer ununterbrochenen Senkung ausgesetzt war. Die Tatsache, dass der untere Teil des Profils in mariner, der obere in limnischer Fazies vorliegt, ist damit nicht im Widerspruch, weil die Verlandung des marinen Beckens durch die, im Verhältnis zu der vorhergehenden Periode, beträchtlich schnellere Sedimentation der grobklastischen Poetjanganschichten zu erklären ist. Mehr nach Osten, hat die Ausfüllung mit vulkanischem Material später angefangen und ist wahrscheinlich auch langsamer vor sich gegangen, wodurch das marine Milieu sich auch wärend des ganzen Poetjangan handhaben konnte.

Eine ununterbrochene Senkung wie im Boetakgebiet ist aus folgenden zwei Gründen für den mehr nach Norden liegenden Teil des Kendengs nicht anzunehmen:

1°) Die dort diskordant auf den Unteren Kalibèngschichten, — oder am G. Atasangin sogar auf dem Miozän —, abgelagerten Kalksteine deuten darauf hin, dass dieses Gebiet; a) nach oder am Ende der Unteren Kalibèngschichten über den Meeresspiegel emporgehoben und dadurch teilweise bis auf das Miozän abgetragen wurde; b) sich nachher wieder gesenkt hat, wobei die diskordant abgelagerten Kalksteine entstanden sind:

2°) Die örtlich in den Kaboehschichten eingespülten Globigerinen (aus den Unteren Kalibèngschichten) und Kalksteingerölle (aus den Oberen Kalibèngschichten oder aus den Atasanginkalken) beweisen, dass nach der sub. 1[b] genannten Senkung wieder eine Hebung und Abtragung stattgefunden hat.

Aus dem Obigen ergibt sich also, dass während das Gebiet südlich vom Boetak an eine ununterbrochene Senkung unterworfen war, das im Norden liegenden Terrain von oszillatorischen Bewegungen betroffen wurde, wodurch letzteres während der ununterbrochenen Sedimentationsperiode im Süden, periodisch über dem Meeresspiegel gelegen hat. Schliesslich wurde das ganze Gebiet im Post-Mittelpleistozän von einer Faltung betroffen, wobei der heutige Kendengzug gebildet wurde.

Das Boetakgebiet ist in tektonischer Hinsicht also ganz identisch mit dem bei Perning. Auch dort kann man eine allgemeine Senkung feststellen, welche örtlich durch oszillierende Bewegungen unterbrochen wurde. Letztere waren bei Perning aber weit schwächer als im Boetakgebiet. In beiden ist die Hauptfaltung Post-Mittelpleistozän.

IV. Die Umgebung von Trinil.

A. GESCHICHTLICHES.

Die 1890 von Dubois in der Nähe von Kedoengbroeboes angefangene Untersuchung nach dem Vorkommen von fossilen Wirbeltieren wurde gleichzeitig nach Westen ausgebreitet. Dabei stellte sich heraus, dass westlich Ngawi bei dem kleinen Dörfchen Trinil am Solofluss eine besonders reiche Fundstelle vorhanden war. Die Knochen sind dort in einem, auf beiden Seiten des Flusses durchlaufenden Sandstein, eingelagert (Dubois 1891, 3. Quartal S. 13). An dieser Stelle wurden verschiedene Grabungen vorgenommen. Im Oktober 1892 wurde daraus am linken Soloufer die Kalotte des *Pithecanthropus* „ausgegraben" (Dubois 1891, 4. Quartal S. 13). Im August 1892 wurde in demselben Niveau wie die Kalotte, der Femur gefunden (Dubois 1892, 3. Quartal, S. 10). Später meldet Dubois noch einmal, dass die Ausgrabungen in der kleinen Grube, woraus Kalotte und Femur herrühren, fortgesetzt wurden, doch ohne andere menschliche Reste zu entdecken.

Im Jahre 1907-08 arbeitete die Selenka-Expedition an den alten Fundstellen von Dubois weiter. Die in deren Schriften genannte Hauptknochenschicht, — woraus nach Karthaus (Selenka 1911, S. 13) auch der Fund von Dubois stammt —, lieferte zwar viele Vertebratenreste, vom *Pithecanthropus* wurde aber leider nichts mehr gefunden.

Später wurden von van Es Untersuchungen in der Nähe von Trinil angestellt, deren Ergebnisse 1929 und 1931 veröffentlicht wurden (van Es 1929 und 1931, S. 75-81). Van Es hat dabei zuerst auf die reiche Fundstelle Watoealang hingewiesen. Nachher sind von der Javakartierung unter Leitung des Herrn Ir. W. F. F. Oppenoorth von 1930-1933 in der Gegend zwischen Ngawi und Trinil, ausgedehnte Grabungen gemacht worden (Trinil, Watoegoedel, Pitoe, Sidoredjo, Watoealang). Für die geologische Aufnahme wurde die Umgebung von Trinil im Juni 1933 vom Verfasser besucht. Schon früher hatte ter Haar die von Elbert bereits erwähnten, von Rutten und van Es aber bestrittenen Terrassen im Quertal des Soloflusses, wiedergefunden. Im August 1931 entdeckte er die Ngandongterrasse, welche später die Schädel des *Homo soloensis* lieferte.

B. GEOLOGISCHE BESCHREIBUNG.

(Siehe Abb. 5).

Bei meiner Aufnahme in der Umgebung von Trinil hat sich herausgestellt, dass sich dort im wesentlichen dieselbe Schichten folge erkennen lässt wie im Profile zwischen dem Boetak und Notopoero, nur mit diesem Unterschied, dass bei Trinil die jüngeren Flussterrassen, welche die oben beschriebenen Etagen diskordant überlagern, noch dazu kommen.

Die Unteren Kalibèngschichten. Die älteste innerhalb der Abb. 5 aufgeschlossene Abtei-

lung besteht auch hier aus knolligen Globigerinenmergeln. Nordwestlich von Poentoek an dem Nordufer des Soloflusses kommen darin einige dünne Sandsteineinlagerungen vor, welche dort eine kleine, an der Ost- und Westseite von Verwerfungen begrenzte Kuppel bilden.

Die Oberen Kalibèngschichten. Der Kalkzug des Boetaks setzt sich über Ngawi und Gadjah (nördlich von Trinil) nach Westen bis vorbei Sonde fort. Die zusammenstellung bleibt immer ungefähr dieselbe wie in der Umgebung des Boetaks. Auch in der Triniler Gegend sind es meistens harte weisse Korallen- oder Globigerinenkalksteine. Dazwischen liegen Einschaltungen von weicheren Mergeln, welche hier im allgemeinen in den höheren Teilen dieser Etage an Mächtigkeit zunehmen.

Bei Padasmalang, Sonde [5]) und Bangoenredjo-kidoel [5]) schieben sich zwischen den Kalksteinen unregelmässige, wahrscheinlich linsenförmige Ablagerungen von grünen, sandigen Tonmergeln mit sehr vielen marinen Mollusken und Korallen ein. Dass diese zwischen den Kalken eingelagert sind, ist zumal bei Sonde und Bangoenredjo-kidoel deutlich zu sehen. Aus diesen Mergeln wurde Martins Sonde-Fauna gesammelt. Eine ähnliche Molluskenschicht, aber weit ärmer, findet sich östlich von Poentoek, unmittelbar *unter* einem geschichteten Kalkstein und der Lagerung nach, *über* dem nördlich von Gadjah aufgeschlossenen Kalkstein (siehe Abb. 5). Zusammen mit den Fossilienmergeln sind auch öfters Konglomeratschichten mit Kalk- und Korallengeröllen zu finden. Die Kalke werden in dieser Gegend meistens von einem gelben oder grünlich gelben Mergelton mit spärlichen Stücken von Kalkstein und Korallen überlagert.

An der Grenze zwischen den Oberen Kalibèngschichten und den vulkanischen Poetjanganschichten findet sich örtlich noch ein mergeliges, tufföses Konglomerat mit Andesit- und Kalkgeröllen, welches einen Übergang zwischen diesen beiden Etagen darstellt.

Die oben genannten Geröllschichten ethalten nur Detritus der unterliegenden Riffkalke. Sie sind also aufzufassen als eine, während der Riffbildung entstandene, Ablagerung von Abtragungsprodukten des Riffes selbst. Die feinen Tonmergel sind wohl in wenig bewegten Lagunen abgesetzt worden, worin nur spärlich Kalk- oder Korallenblöcke von den Riffen eingespült wurden. Die sandigen, Mollusken führenden Mergel aber müssen wieder in mehr bewegtem Wasser, vielleicht an der Aussenseite des Riffes entstanden sein. An verschiedenen Stellen ist auch zu sehen , dass letztere in die Geröllschichten übergehen.

Dies sind also alles Gesteine, deren Entstehung von den örtlichen Verhältnisse zur Zeit der Riffbildung abhängig war und welche darum nicht unbedingt durch das ganze Gebiet zu verfolgende Niveaus, darstellen müssen. Dass das örtliche Vorkommen der Fossilienmergel von Sonde auf eine Diskordanz zurückzuführen sei, wie van Es meint (131, S. 78), ist schon deshalb unwahrscheinlich.

Van Es unterscheidet in der Umgebung von Trinil und Sonde zwei Kalksteinetagen, von denen er die untere zum „Miocene", die obere zum „Middle Pliocene" rechnet (1931, S. 77-78). Aus seiner Arbeit geht hervor, dass er sich auf folgende Argumente stützt: 1°) das Fehlen der „dark gray argillaceous beds" („Lower Pliocene") welche mehr nach Osten *über* dem „Miocene", wozu van Es auch den Kalkstein vom Boetak rechnet, gelegen sind; 2°) van Es betrachtet nur die untere Kalksteingruppe bei Sonde als identisch mit dem Kalkstein vom Boetak, während er die obere, einschliesslich die Fossilienmergel von Sonde („Middle Pliocene"), mit dem vulkanischen Ngronanhorizont parallelisiert. Letztere liegt mehr nach Osten *über* den „dark gray argillaceous beds".

Aus diesen zwei Gründen kam er dazu, einen stratigraphischen Hiatus zwischen den beiden Kalksteingruppen bei Sonde anzunehmen welchen er einer Diskordanz zuschreibt.

Im obigen haben wir aber schon gesehen, dass die „dark gray argillaceous beds" (nicht-vulkanische Poetjanganschichten vom Verfasser) keine allgemein

5) Westlich vom Gebiet der Abb. 5.

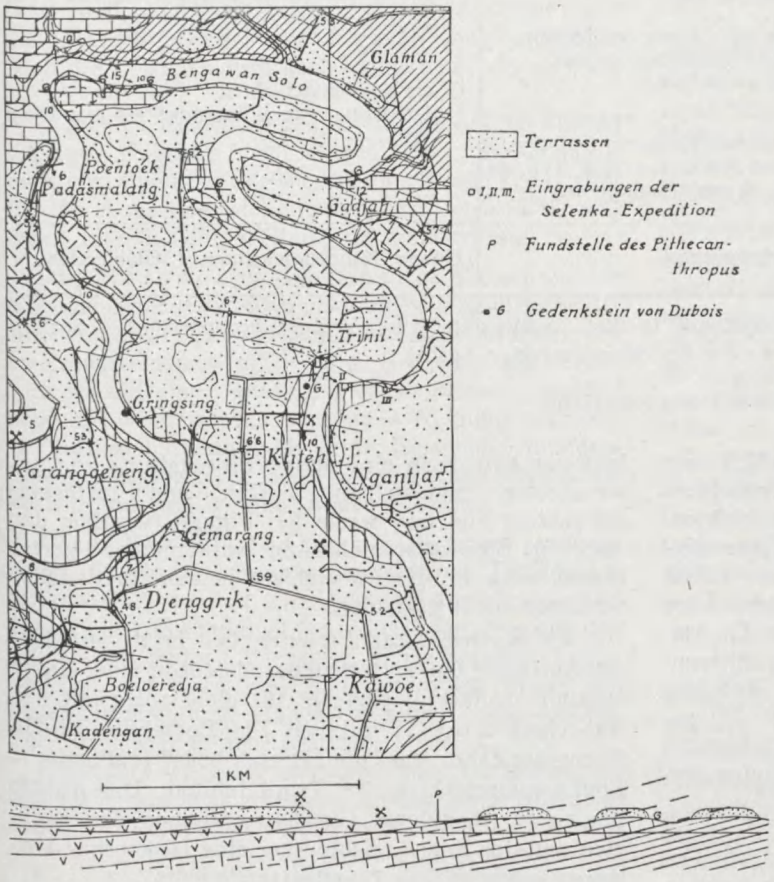


Abb. 5. Geologische Karte der Umgebung von Trinil (mit Profil). (Für die Erklärung der Zeichen siehe auch Abb. 4).

verbreitete stratigraphische Stufe bilden, sondern nur eine Fazies der Poetjanganschichten darstellen. Ihr Fehlen im Profil bei Sonde darf also nicht auf eine Diskordanz zurückgeführt werden.

Völlig damit im Einklang ist denn auch die Tatsache, dass — wie Verfasser im Gelände einwandfrei feststellen konnte — die Kalksteingruppe von Boetak nach Westen hin ihre Fortsetzung in den *beiden* Kalksteingruppen von Sonde findet; dass also der „Miocene limestone" nebst dem „Middle Pliocene", die Fortsetzung des „Miocene limestone" bei Boetak bilden. Weiter hat sich herausgestellt, dass der Ngronanhorizont immer *über* der Kalksteingruppe liegt, während die Fossilienmergel bei Sonde nur örtliche Einschaltungen *in* der Kalksteinetage bilden. Man darf diese beiden Molluskenfaunen also nicht ohne weiteres mit einander parallelisieren.

Das oben Auseinandergesetze wird im folgenden Schema übersichtlich dargestellt. Die verschiedenen, von van Es ins „Miocene" bzw. „Middle Pliocene" gestellten Gesteinsgruppen sind hier zusammengefasst, weil ihre Unterscheidung in diesem Verband nicht von Bedeutung ist.

Tabelle II.

Stratigraphische Einteilung nach van Es [1]	Lithologisches Profil am Solofluss bei Trinil und Sonde (Schematisch)	Stratigraphische Einteilung nach Duyfjes [1]	
		im Boetakgebiet	Weiter nach Osten
„Notopoero beds" (Notopoerosch)	Vulkanische Tuffe und Brekzien	Notopoeroschichten („Notopoero beds")	
„Trinil beds" (Kaboehschichten)	Vulkanische Sandsteine	Kaboehschichten („Trinil beds")	
	Vulkanische Brekzien	Vulkanische Poetjanganschichten („Boetak beds")	→ [2] Nichtvulkanische Poetjangansch. („dark gray argillaceous beds")
~~ Fehlen der „Boetak beds" (vulkanische Poetjangansch.)	? — Dünnes Übergangsniveau	? — Ngronanhorizont. („Middle Pliocene")	
„Middle Pliocene" (Ngronanhorizont)	Kalkstein mit Linsen von Molluskenmergel (Sondefauna) und Kalkgerölleschichten	Obere Kalibèngschichten („globigerina + coral limestone" → transition beds")	
~~ Fehlen der „dark gray argillaceous beds" (nicht-vulk. Poetjangansch.)			
„Miocene" (O. Kalibèngsch.)	Harter weisser Kalkstein (auf der Karte von van Es zum Teil als „Transition marls" angegeben)		
		~~ [3]	
„Globigerina marls" (U. Kalibèngsch.)	Globigerinenmergel	Untere Kalibèngschichten („Globigerina marls")	

1) Die eingeklammerten stratigraphischen Benennungen in der 1. Spalte sind die vom Verfasser benutzten (vgl. 3. Spalte), während die in der 3. Spalte die Äquivalenten bei van Es darstellen (vgl. 1. Spalte).
2) → Fazieller Übergang.
3) Nördlich vom besprochenen Gebiet örtlich eine kleine Diskordanz.

Bei Bangoenredjo-kidoel und Pelang (westlich vom Gebiet der Abb. 5) liegen die Oberen Kalibèngschichten konkordant auf den Unteren Kalibèngschichten. Bei Padasmalang liegt aber möglicherweise eine kleine Diskordanz vor. Die Verhältnisse sind dort jedoch noch nicht völlig klar. Eine örtliche Diskordanz wäre aber im Einklang mit den Verhältnissen am G. Atasangin, nördlich vom Boetak, welche auf oszillierende Bewegungen am Ende des Unteren Kalibèng schliessen lassen. Die von van Es (1931, S. 77) genannten Globigerinenmergelgeröllle in den untersten Kalksteinschichten bei Bener, sind wohl auf eine derartige Zwischenfaltung zurückzuführen.

Die Poetjanganschichten. Südlich Gadjah werden die Oberen Kalibèngschichten konkordant von einem ± 100 m mächtigen Komplex von Tuffbrekzien mit Andesitblöcken überlagert. Stellenweise tritt darin eine dünne Einschaltung von geschichteten Sandsteinen, Tuffen und tuffösem, schwarzem Ton auf, worin bei Pinggit (westlich der Abb. 5) Süsswassermollusken vorkommen. Vertebraten sind in diesem Gebiete in den Poetjanganschichten nicht gefunden.

Van Es hat diese Brekzien bei Trinil mit dem darüberliegenden Vertebratensandstein in einer Etage zusammengefasst, welche er für gleichaltrig mit den Kaboehschichten („Trinil beds") im Boetakprofil hielt. Er meinte daher, dass die „Boetak beds" (vulkanische Poetjanganschichten) bei Trinil fehlten. Dies führte ihn zu der Annahme, dass hier zwischen den Brekzien und der Kalksteinabteilung eine Diskordanz vorliegen sollte. (Siehe Tabelle II).

Diese Meinung kann nicht aufrecht erhalten bleiben, weil sich bei der Neuaufnahme herausgestellt

hat, dass die Brekzien der Poetjanganschichten im Boetakprofil nach Westen hin *ohne irgendwelche Unterbrechung* bis westlich von Trinil zu verfolgen sind. Nur die zwei Tuffeinlagerungen von Boetak werden in dieser Richtung allmählich dünner um schliesslich ganz auszukeilen [6]).

Die Mächtigkeit der Poetjanganschichten nimmt dabei von ± 450 m beim Boetak, bis ± 100 m bei Trinil ab.

Die Kaboehschichten. Die Poetjanganschichten werden bei Trinil konkordant von einer ± 175 m dicken Serie von grob- oder feinkörnigen, öfters konglomeratischen Sandsteinen, welche vielfach starke Diagonalschichtung aufweisen, überlagert. Diese wechseln mit Bänken von feinem, bisweilen tonhaltigem Tuff ab. Tonmergeleinschaltungen wie bei Kedoengbroeboes, wurden in der Nähe von Trinil niemals gefunden. Im übrigen ist die Entwicklung der Kaboehetage hier genau dieselbe wie dort.

Die Sandsteine enthalten öfters Vertebraten (Trinilfauna), am meisten aber in dem untersten Teil, welcher unmittelbar auf den Brekzien liegt. Die „Hauptknochenschicht" der Selenka-Expedition, woraus auch das meiste Material von Dubois stammt, liegt nach Karthaus unmittelbar auf einem Laharkonglomerat, welches wohl die obere Brekzie aus den Poetjanganschichten darstellt (Selenka 1911, Taf. VI). Die „Hauptknochenschicht" ist aber von der Selenka-Expedition völlig weggegraben. Dozy meldet ihr Auskeilen in östlicher und westlicher Richtung (l.c. S. 35). Das unter der „Hauptknochenschicht" liegende Konglomerat hat nach Karthaus auch noch einige Knochen geliefert (l.c. S. 14).

Die Kaboehschichten zeigen eine konstante, obwohl geringe, Neigung nach Süden. Das Streichen ist meistens ungefähr Ost-West. Südlich von Trinil aber ist die Lagerung stellenweise fast horizontal, was durch eine örtliche Wölbung zu erklären ist.

Die Notopoeroschichten. Ebenso wie bei Kedoengbroeboes werden auch hier die Sandsteine der Kaboehschichten konkordant von einem Komplex von Tuffsandsteinen, Tuffen und Brekzien überlagert, welcher mit einer, anfangs noch deutlichen, nachher aber immer schwächer werdenden Neigung nach Süden in dieser Richtung bis an die Eisenbahn Madioen-Solo verfolgt wurde. Diese Etage besteht dort schon vorwiegend aus groben Andesitbrekzien.

Alte Flussterrassen. Die oben beschriebenen Etagen, welche alle noch von der Faltung betroffen sind, werden am Südrande des Kendeng an dem Solofluss entlang diskordant von horizontalen Terrassenbildungen überlagert. Diese bestehen hauptsächlich aus Sand und Andesitgeröllen, öfters mit Diagonalschichtung. Auch kommen darin dünne Schmitzen von feinem Aschentuff vor.

Besonders wo diese Terrassen die Sandsteine der Kaboehschichten überdecken, ist der Unterschied oft schwer zu erkennen. Doch ist dort, wo der Fluss rechtwinklig zur Streichrichtung verläuft, meistens gut zu sehen, dass im unteren Teile der Steilwände eine aus wechselnden Gesteinsablagerungen bestehende Etage mit einer konstanten Neigung nach Süden vorliegt, während darüber auf weite Strecken immer dieselbe, horizontal gelagerte Geröllschicht gefunden wird. Das Abstossen der Kaboehschichten gegen die horizontalen Terrassenablagerungen kann man u.a. bei Kritjak (westlich der Abb. 5) wahrnehmen. Dies ist aber meistens wegen starken Gehängeschuttes oder Pflanzenwuchses nicht zu sehen. Dort wo die Terrassen auf den Brekzien, Kalken oder Mergeln gelegen sind, ist der Unterschied natürlich nicht schwer festzustellen [7]).

Wahrscheinlich sind diese Terrassen am Südrande des Kendeng ungefähr identisch mit denen im Quertal des Soloflusses, welche ebenfalls horizontal und diskordant auf dem gefalteten Gebirge abgelagert sind. Dies ist im Terrain aber nicht nachzuprüfen, weil letztere nur als kleine, isolierte Reste vorkommen.

Die Terrassen im Soloquertal wurden von ter Haar (1934, S. 55) mit den klassischen Vertebratenablagerungen bei Trinil, — welche er als schiefgestellte Terrassen betrachtete —, parallelisiert. Diese Meinung ist jetzt hinfällig geworden, weil sich herausgestellt hat, dass die Vertebratenschichten von Trinil zu einer 200-250 m mächtigen, von Trinil bis Soerabaja zu verfolgenden Stufe (Kaboehschichten) eines konkordanten, deutlich gefalteten Schichtsystems gehören. Die diskordant darüber liegenden Terrassen muss man daher als jünger betrachten.

Auch von Koenigswald ist in seinen letzten Arbeiten der Meinung, dass die Ngandongfauna, welche die Terrassen charakterisiert, jünger ist als die Trinilfauna (1934, S. 188 und 1935a, S. 190-191). Die Ngandongfauna ist bei Trinil selbst nicht sicher angetroffen, sie wurde aber an der ± 6 km weiter nach Osten liegenden Fundstelle Watoealang gefunden.

Tektonik. Aus dem oben beschriebenen Profil bei Trinil zeigt sich, dass wir hier ebenso wie im Boetakgebiet mit einem konkordanten, in einem stetig sinkenden Becken abgesetzten Sedimentkomplex zu tun haben, der von einer post-mittelpleistozänen Faltung betroffen wurde. (Einwandfreie Anweisungen für frühere oszilierende Bewegungen sind in der Nähe von Trinil nicht gefunden).

Das gefaltete System wird bei Trinil *diskordant* durch horizontale Terrassenbildungen überlagert, deren Alter durch die darin vorkommende Ngandongfauna als Jungpleistozän bestimmt wird. Daraus ergibt sich, dass die Faltung schon im Jungpleistozän ihr Ende erreicht haben muss.

V. Altersbestimmung.

Die im obigen beschriebenen, vom Verfasser aufgestellte Stratigraphie, ist ausschliesslich auf den Beobachtungen im Gelände gegründet und daher ganz unabhängig von den von von Koenigswald gemachten Altersbestimmungen der verschiedenen Faunen.

Die Djetisfauna hat deutlich einen älteren Charak-

6) Die Vertebraten führende Tuffeinschaltung bei Boetak findet vielleicht eine Fortsetzung in der Tuffeinlagerung südlich von Gadjah. Dies konnte aber nicht sicher festgestellt werden.

7) Die Mächtigkeit der Terrassen ist im Profil der Abb. 5 stark übertrieben.

ter als die Trinilfauna (von Koenigswald 1934, S. 198 u. 1935a, S. 194), was also völlig übereinstimmt mit den Wahrnehmungen im Gelände.

Die Trinil- und Ngandongfauna sind einander so sehr ähnlich, dass sie anfangs paläontologisch nicht getrennt wurden (von Koenigswald 1934, S. 188 u. 1935a, S. 191) Ihr verschiedenes Alter (Trinil älter als Ngandong) wurde erst klar, nachdem durch die jüngsten Kartierungsarbeiten vom Verfasser gezeigt wurde, dass sie zu zwei verschiedenen Etagen (Kaboehschichten, bzw. Terrassen) gehören. Dies wurde durch eine genauere paläontologische Analyse bestätigt (von Koenigswald 1934, S. 188 u. 1935a, S. 191-192).

Die in der vorliegenden Arbeit gefolgte Altersbestimmung dieser drei Faunen, als bzw. Alt-, Mittel- und Jungpleistozän, stütz sich ausschliesslich auf den Angaben von von Koenigswald. Nur sei hier noch bemerkt dass, ohwohl die Djetisfauna vom ihm in seinen ersten Arbeiten in der Hauptsache als Altpleistozän betrachtet wird, er dort doch die Möglichkeit offen lässt, dass sie noch bis ins alleroberste Pliozän hinab reichen könnte (1934, S. 199-200 u. 1935a, S. 194). Später hält er ein rein altpleistozänes Alter für diese Fauna am wahrscheinlichsten (1935b, S. 69).

Obgleich es noch möglich ist, dass der unter dem Vertebratenniveau des Boetaks liegende Teil der Poetjanganschichten schon zum Pliozän gehört, darf man aber, weil darin noch nie die sicher pliozäne Kali-Glagahfauna gefunden ist, vorläufig annehmen, dass das ganze Poetjangan dem Altpleistozän angehört.

Die konkordant darunter liegenden Kalibèngschichten darf man daher wohl im Pliozän stellen, woraus dann wieder folgen würde, dass das Molluskenniveau von Sonde aus dem Oberen Kalibèng, dem Jungpliozän angerechnet werden muss. Die Lepidocyclinen führende Abteilung, welche unter den Unteren Kalibèngschichten liegt, gehört wahrscheinlich schon zum Miozän.

Die Abweichungen der obengenannten Altersbestimmungen mit denen von van Es werden dadurch veranlässt, dass van Es sich hauptsächlich auf die Martinschen Prozentsatzmethode stützt, während hier die Einteilung nach Vertebraten gefolgt wurde. Letzteres wird vorgezogen, weil die Vertebraten wegen ihrer schnelleren Evolution für stratigraphische Zwecke mehr geeignet sind als die Mollusken, während überdies die Prozentsatzmethode, wenn sie für eine Detailstratigraphie benutzt wird, nicht immer zu ganz einwandfreien Ergebnissen zu führen scheint.

VI. Allgemeine Zusammenfassung.

Der oben beschriebene Teil des Kendenggebietes hat vom Miozän bis zum Ende des Mittelpleistozän zu einem im allgemeinen regelmässig sinkenden Sedimentationsbecken gehört. Während des Pliozän wurden darin fast ausschliesslich typisch marine Sedimente abgelagert, Mergel und Kalksteine der Unteren bzw. Oberen Kalibèngschichten.

Wahrscheinlich schon im Pliozän hat im Süden (G. Wilis und G. Lawoe (?)) eine Periode vulkanischer Tätigkeit eingesetzt, deren Einfluss sich im Westen des besprochenen Gebietes mit Anfang des Pleistozän endgültig bemerkbar machte. Dort sind konkordant auf den Oberen Kalibèngschichten die Brekzien und Tuffe der altpleistozänen Poetjanganschichten abgelagert. Darüber folgen dann, wieder konkordant, die vulkanischen Sandsteine der mittelpleistozänen Kaboehschichten und schliesslich die Tuffe und Brekzien der Notopoeroschichten.

Der Einfluss des Vulkanismus wurde weiter nach Osten, wegen der grösseren Entfernung von den Eruptionszentren, immer später merkbar, so dass dort während des Altpleistozän anfangs noch normal marine Sedimente abgesetzt wurden (die blauen Tone der nicht-vulkanischen Poetjanganschichten). Schliesslich wurden diese auch dort, durch die sich immer weiter nach Osten ausbreitenden vulkanischen Ablagerungen überdeckt.

Die anfangs im Meere abgesetzten vulkanischen Produkten haben im Westen das marine Becken schon ziemlich schnell völlig ausgefüllt und verlandet, weil die Zufuhr vom Material in der Nähe der Eruptionszentren so stark war, dass die Senkung der Sedimentation unterliegen musste. Im Osten, wo die vulkanische Sedimentation erst später anfing, war ausserdem die Zufuhr zu gering, um die Verlandung noch während des Altpleistozän hervorzurufen. Die vulkanischen Poetjanganschichten sind dort ganz in mariner Fazies entwickelt. Die Verlandung hat in dieser Gegend erst später, im Mittelpleistozän (Kaboehschichten) stattgefunden, während noch weiter nach Osten die Zufuhr des vulkanischen Materials dazu wahrscheinlich niemals genügt hat.

Der ganze Sedimentkomplex von den Unteren Kalibèngschichten bis zu den Notopoeroschichten einschliesslich wurde von einer Faltung betroffen, welche ihre höchste Intensität erst nach dem Mittelpleistozän erreicht hat. Vorher haben schon oszillatorische Bewegungen stattgefunden, welche aber so schwach gewesen sind, dass sie, — mit Ausnahme der Umgebung des G. Atasangin —, die allgemeine Konkordanz nicht merklich störten und keine, jedenfalls keine festzustellenden, Ablagerungslücken hervorgerufen haben.

Die später im Jungpleistozän abgelagerten Terrassen sind nicht mehr tektonisch gestört, woraus hervorgeht, dass die Faltung schon vorher ihren Abschluss erreicht haben muss.

Die Vertebraten werden in diesem Gebiete ausschliesslich in vulkanischen Ablagerungen gefunden, auch dort, wo diese in mariner Fazies vorliegen. Man muss daher annehmen, dass ihre Reste durch Laharströme bis ins Meer eingespült wurden.

Nach von Koenigswald lassen sich die Vertebraten in drei Faunen einteilen, die Djetis-, Trinil-, und die Ngandongfauna, welche jede aus einer bestimmten stratigraphischen Abteilung, nämlich aus den Poetjanganschichten, den Kaboehschichten und den Terrassen stammen. Im Kendenggebiet haben die zu der gefalteten Sedimentserie gehörenden Poetjangan- und Kaboehschichten eine allgemeine Verbreitung, während die diskordant darüber liegenden Terrassen nur örtliche Ablagerungen am Solofluss entlang bilden.

Der von Dubois beschriebene Pithecanthropus-

schädel, stammt aus dem untersten Niveau der mittelpleistozänen Kaboehschichten, während der neugefundene Hominidenschädel aus dem oberen Teil der altpleistozänen Poetjanganschichten herrührt und daher sowohl aus stratigraphischen als auch aus paläontologischen Gründen ein etwas höheres Alter haben muss als der erstere.

ANGEFÜHRTE SCHRIFTEN.

1931 Cosijn, J. Voorloopige mededeeling omtrent het voorkomen van fossiele beenderen in het heuvelterrein ten Noorden van Djetis en Perning. Verhand. Geol. Mijnb. Genootsch., Geol. Serie, 9, 1932, S. 113-119.

1932 ..... Tweede mededeeling over het voorkomen van fossiele beenderen in het heuvelland ten Noorden van Djetis en Perning. Ibidem, 9, 1932, S. 135-148.

1800-1898 Dubois, E. Kwartaalverslagen Dienst v. d. Mijnbouw. Ned.-Indië.

1929 Es, L. J. C. van. Fourth Pacific Science Congress Java. Excursion Guide E. 5. Trinil.

1931 ..... The Age of Pithecanthropus. Diss. Delft, Holland.

1934 Haar, C. ter. *Homo soloënsis.* Ing. Ned.-Indië, IV. Mijnb. en Geol. „De Mijningenieur", 1, April 1934, S. 51-57.

1934 Koenigswald, G. H. R. von. Zur Stratigraphie des javanischen Pleistozän. Ibidem, 1, November 1934, S. 185-200.

1935a. ..... Die fossilen Säugetierfaunen Javas. Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, 38, No. 2, 1935.

1935b. ..... Bemerkungen zur fossilen Säugetierfauna Javas. I. Ing. Ned.-Indië, IV. Mijnb. en Geol. „De Mijningenieur", 2, Juli 1935, S. 67-70.

1932 Martin, K. De ouderdom der sedimenten van den door dr. J. Cosijn opgenomen antiklinaal in de Residentie Soerabaja. Verhand. Geol. Mijnb. Genootsch., Geol. Serie, 9, 1932, S. 149-151.

1927 Rutten, L. M. R. Voordrachten over de geologie van Nederlandsch Oost-Indië.

1908 Verbeek, R. D. M. Molukken-Verslag. Jaarb. Mijnw. Ned.-Indië, 1908, S. 783-794.

Ein fossiler Hominide aus dem Altpleistocän Ostjavas

von

Dr. G. H. R. VON KOENIGSWALD (Bandoeng).

(Mit einer Tafel und 5 Textfiguren).

A. Fundbericht und Fundbeschreibung.

Im Februar 1936 wurde in der Nähe von Modjokerto in Ostjava durch einen inländischen Sammler, der zur Ergänzung und Kontrolle der geologischen Aufnahme damit beauftragt war, dort genauer nach Resten fossiler Vertebraten zu suchen, der Schädel eines *fossilen Hominiden* gefunden.

Die Fundstelle liegt an der Nordwestecke des Blattes 116 (Sidoardjo) auf dem Nordflügel der Kedoengwaroe — Anticlinale in den oberen Poetjangan-Schichten, etwas südsüdöstlich des Dörfchens Soembertengah. Diese Schichten erweisen sich durch das Vorkommen von Vertebraten der *Djetis*-Fauna als *Altpleistocän*. Der Schädel stammt aus einem tuffösen konglomeratischen Sandstein; er wurde in situ in etwa 1 m Tiefe bei der Suche nach fossilen Vertebratenresten ganz zufällig entdeckt. Nähere Angaben über Geologie und Stratigraphie des Gebietes finden sich in oben stehendem Artikel von ir. J. Duyfjes.

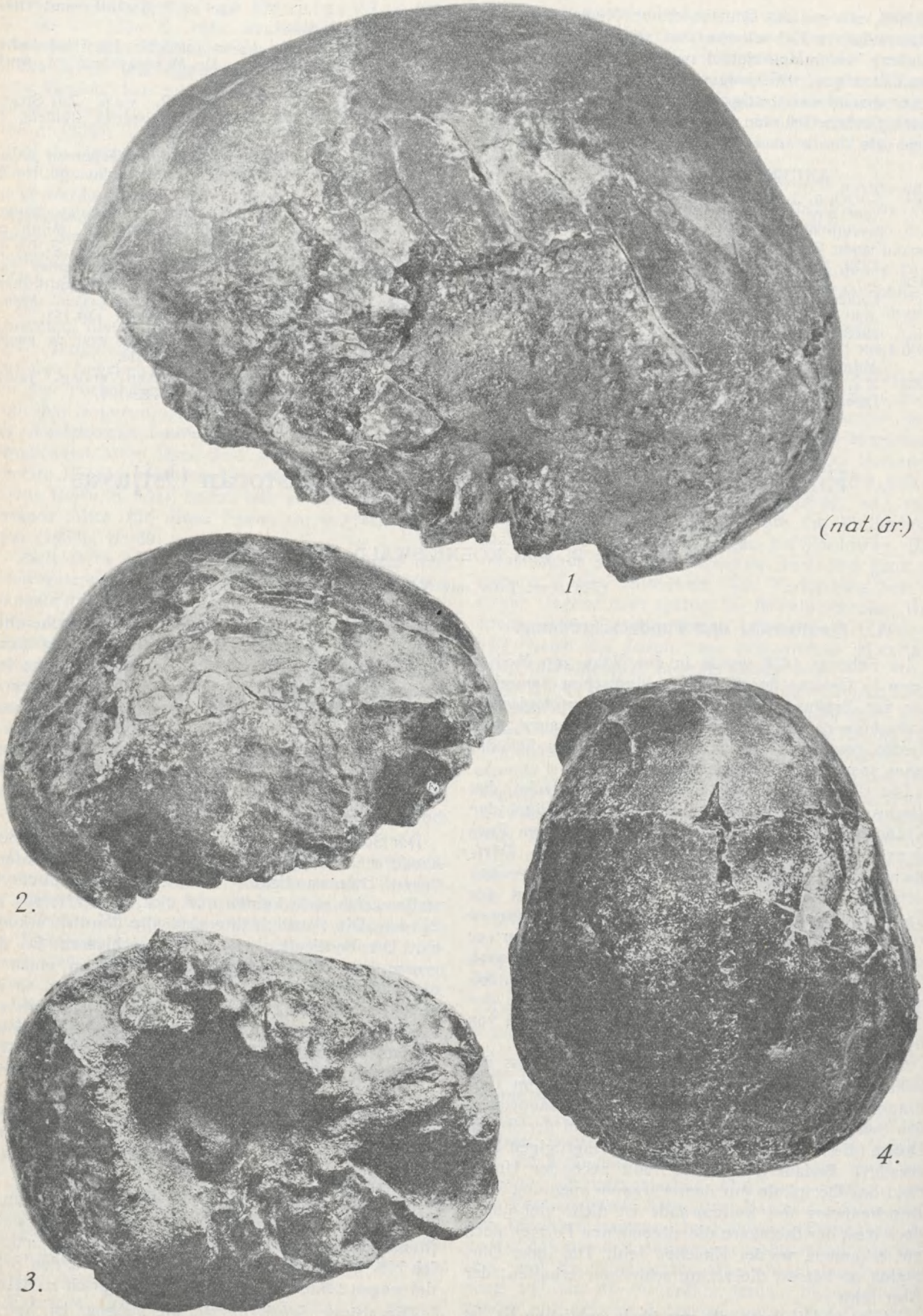
Es kann kein Zweifel darüber bestehen, dass der Schädel echt fossil ist. Die Knochen sind von tiefbrauner Farbe. Erhalten ist uns in der Hauptsache das Schädeldach, vorn mit dem Oberrand der linken Orbita (die rechte ist bis auf einen geringfügigen Rest zerstört). Bedauerlicherweise fehlt auch der Unterrand des Occipitale mit dem Foramen magnum. Vom Knochenbelag der Seitenwände ist nicht viel übrig, doch lässt der Steinkern die allgemeinen Formen noch gut erkennen, wo der Knochen fehlt. Die linke Ohrregion ist besser, die rechte schlechter erhalten; der Rest fehlt.

Die *Schädelkalotte,* die uns übrig geblieben ist, ist nicht nur beschädigt, sondern auch verdrückt. Rechts hinten ist der Schädel zerbrochen, die Stücke sind uns in der Tiefe erhalten geblieben. Wahrscheinlich ist der dünne Schädel auch beim Eintrocknen durch Substanzverlust geschrumpft. Nur wenige Masse lassen sich geben. Auf der Stirne fehlt ein Knochenstück, so dass die Glabella konstruiert werden muss; der Oberrand des Frontale ist gesplittert, so dass auch der Bregmapunkt nicht genau feststeht; hinten klaffen die Frontalia, so dass der Lambdapunkt geschätzt werden muss. Dies ergibt immerhin einige Unsicherheit, doch sind die Fehlergrenzen nicht gross.

Der Schädel ist auffallend klein. Dass er von einem *Kinde* stammt, geht auch aus seiner ausserordentlichen Dünnwandigkeit hervor. Das Occipitale ist stellenweise noch keinen mm dick, die Parietalia ca. $2\frac{1}{2}$ mm. Die Schädelnähte sind alle deutlich erkennbar. Die Fonticuli sind bereits geschlossen. Da der grosse Fonticulus frontalis des Menschen meist in der 2. Hälfte des 2. Lebensjahres zuwächst, so ist, gleiche Umstände vorausgesetzt, 2 Jahre wohl als das Mindestalter anzusehen. Da vom Gebiss nichts erhalten ist, so kann das Alter nicht geschätzt werden. Was die Stärke der Nahtverbindungen wie auch die Stärke der Knochen betrifft, so befinden sich diese etwa in dem gleichen Zustande wie ich sie an einem mir vorliegenden Schädel eines etwa 5 Jahre alten Papuakindes (Sammlung Geneeskundige Hoogeschool Batavia) beobachten kann.

Mit einer grössten Länge von nur *138 mm* ist unser Schädel der *kleinste,* der bisher von einem fossilen Menschen gefunden worden ist. Ich sehe, das möchte ich hier gleich hervorheben, keinen Grund, den Schädel wegen seiner Kleinheit für pathologisch zu halten.

Die grösste *Schädelbreite,* die messbar ist, beträgt 110 mm, doch fehlt auf einer Seite der Knochen. Ergänzt mag die Breite ca. 115 mm besessen haben,



Tafelerklärung.

Die Kalotte des *Homo modjokertensis* aus den oberen Poetjangan-Schichten von Soembertengah bei Modjokerto. Abb. 1 von links gesehen, Abb. 2 von rechts, Abb. 3 von unten, Abb. 4 von oben.
Abb. 1 in natürlicher Grösse, die übrigen verkleinert.

was einem Längenbreitenindex von 83,4 entspricht. Der Schädel ist somit *brachykephal.*

Die Oberfläche des *Frontale* bietet keine weiteren besonderen Vorwölbungen. Zwischen den Augen fehlt ein Stück Knochen mit der Glabella. Der direct messbare Teil des Frontalbogens beträgt 73 mm; bis zum Nasion mögen noch ca. 10 mm fehlen, welcher Betrag eher zu gross als zu klein genommen ist. Der Bogen n — b kann auf 83 mm geschätzt werden.

Die Sutura coronalis zeigt keine Besonderheiten, sie beginnt wie beim rezenten Menschen mit einer einfachen Naht (pars bregmatica), die in eine ausgezackte (pars complicata) übergeht.

Der Glabello-Bregmawinkel beträgt etwa 60°, das ist ebensoviel als beim erwachsenen Australier. Man muss aber bedenken, dass dieser Winkel bei Kindern bis 72° ansteigen kann, so dass die Stirne unseres Schädels für einen Kinderschädel bereits als fliehend bezeichnet werden darf (Fig. 1). Das gleiche ergibt der Stirnwölbungswinkel, der 144° beträgt gegen 122-126° bei europäischen Kindern.

Trotzdem von Tori supraorbitales auch nicht die geringste Andeutung zu sehen ist, fällt doch deutlich die Anlage einer sehr ausgeprägten *postorbitalen Einschnürung* auf.

Die Länge des *Parietale* darf auf mindestens 95 mm geschätzt werden. Durch Druck auf den Hinterkopf sind die Parietalia, wie schon gesagt, etwas gespalten und das Occipitale scheint sich spitz dazwischen zu schieben.

Der sagittale Frontoparietalindex beträgt 114,4.

Unser Schädel hat ein grösseres *Parietale* als *Frontale*. Dies ist nach Schwalbe und Martin eine *typische anthropine* Bildung. *Es mag dies an sich schon als ein Beweis angesehen werden, dass unser Schädelchen nur einem Hominiden angehören kann.* Bei Primaten erreicht der Frontoparietalindex sehr selten 100 und „liegt tief unter den menschlichen Rassenmitteln" (Martin pag. 764). Er geht von 16,4 (*Hylobates agilis* — (eigene Messung): Frontale 85 mm, Parietale 14 mm —) bis 91,3 (*Hapale*). Als ganz grosse Ausnahme erreicht der junge Schimpanse 105 (Mittel 86) und der junge Orang sogar 119 (Mittel 92; nach Oppenheim). Beim Menschen erreicht er ein Maximum nach Schwalbe von 119,1, nach Martin von 124,5 (bei Melanesiern).

Der Unterrand der Parietalia ist auf beiden Seiten versplittert.

Die Abgrenzung des Frontale gegen die Parietalia durch eine geradlinig verlaufende Sutur wie an unserm kleinen Schädel findet sich in der gleichen einfachen Form beim Menschen wie bei vielen Affen. Ganz anders geartet ist sie jedoch bei den Hylobatiden, wo das Frontale gewöhnlich weit hinaufreicht und sich in einem in manchen Fällen spitzen Winkel zwischen die Parietalia drängt, daher die niedrigen Frontoparietalindices dieser Gruppe. Ich weise darauf hin, da gewisse überschätzte Ähnlichkeiten der Kalotte des *Pithecanthropus* von Trinil mit Gibbonschädeln in einigen Fällen dazu geführt hat, das Schädeldach einem Riesengibbon zuschreiben zu wollen. „Das ist ein Tier, das es sonst nicht gibt; die Ähnlichkeit der äusseren Konturen bei Gibbonschädeln besagt für nähere Verwandtschaft gar nichts, da sie sich auch bei echten Menschenaffen genau oder noch besser passend wieder findet" (Weinert 1928, pag. 211).

Das *Occipitale* ist hinten gerundet abgeknickt und ohne Erhöhungen. Nur die Linea nuchae superior ist schwach entwickelt; die Protuberantia externa ist deutlich, aber nicht stark. Das Planum weist unregelmässige flache Vertiefungen auf, paarig angelegt, zur Festheftung einer bereits stärker entwickelten Muskulatur.

Vom linken *Temporale* ist ein grösserer, vom rechten ein kleinerer Teil erhalten. Vom Processus zygomaticus ist noch ein Rest bewahrt; er war ca. 5 mm dick. Das Tuberculum articulare ist stark ausgeprägt und die Fossa mandibularis entsprechend tief. Am Hinterrand stösst sie mit einer durchlaufenden Fissura glaseri an das Tympanicum, ohne dass sich wie bei Primaten — beim Menschen selten und dann nur schwach entwickelt — ein Processus postglenoidalis dazwischen schiebt. Der Gehörgang steht etwa senkrecht auf der Schädelachse, eher etwas nach vorne gerichtet und ist massiv. Der Meatus ist rund und nicht oval, wie beim rezenten Menschen.

Hinter dem Tympanicum fehlt der Knochen, doch lässt der Steinkern den Ausguss eines wohlentwickelten Mastoids erkennen. Hier soll auf eine Eigenartigkeit des Tympanicums hingewiesen werden, das in einen unten offenen Trichter ausläuft und die Anlage einer Fissur erkennen lässt. Ob diese bei fortschreitendem Wachstum eine ähnliche Ausbildung zeigen würde, wie dies bei *Sinanthropus* der Fall ist, entzieht sich unserer Beurteiling; jedenfalls stehen gewissen Ähnlichkeiten dieser Region auch Unterschiede gegenüber.

Tiefe und Begrenzung der Fossa mandibularis machen einen typisch menschlichen Eindruck. (Das fehlen eines Tuberculum articulare ist nach Lubosch pithecoid!). Das gleiche darf auch von der Lage des Porion *unter* der Verlängerung des zygomaticus und der Ausbildung eines kräftigen Mastoids gesagt werden. Bei erwachsenen Anthropomorphen liegt das Porion mehr *in der Verlängerung des Processus zygomaticus* — nur sehr junge machen eine Ausnahme — und wird nach vorne von einem kräftigen Processus postglenoidalis abgegrenzt von der flachen Fossa mandibularis. Auch fehlt ihnen ein ausgeprägter Processus mastoideus, höchstens dass dieser als Ausnahme bei alten Tieren von Orang und Gorilla besser entwickelt ist (siehe Martin pag. 890, Anmerkung).

Soweit es sich bei dem zersplitterten Knochen feststellen lässt, grenzt das Temporale vorn an das Frontale.

Der obere Rand der Orbita — die mit 55 mm auffallend tief ist — verläuft gerade. Der frontale Neigungswinkel der Orbitaleingangsebene ist deutlich sehr gross. Ueber die Nasenbreite (die bedeutend gewesen zu sein scheint) lassen sich keine genauen Angaben machen.

B. Vergleiche und Schlussfolgerungen.

Fassen wir das oben Mitgeteilte zusammen, so ergibt es sich dass wir, abgesehen von dem allgemein morphologischen Bild, zwei Eigenheiten hervorheben

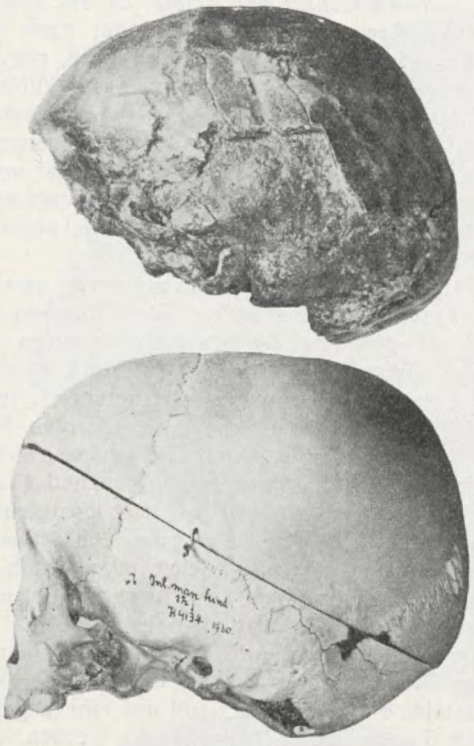


Fig. 1. Die Kalotte von Soembertengah (oben) im Vergleich mit dem Schädel eines inländischen Kindes von Java (unten) von ca. 1½ Jahren mit noch offenen Fontanellen. (Coll. Soerabaja). Gleicher Massstab.

müssen, die uns zeigen, dass hier in der Tat ein *Hominide* vorliegt. Es ist dies die Ausbildung eines Tuber articulare, überhaupt die Ausprägung der Kiefergelenk- und Gehörregion, und ferner der hohe Frontoparietalindex.

Vergleichen wir in Fig. 1 unsern Schädel mit einem rezenten Kinderschädel ungefähr gleicher Länge, so fällt auf, dass von einer sich vorwölbenden „Kinderstirn" — wie sie für *Homo sapiens* typisch ist — keine Rede sein kann, dass die Stirne vielmehr bereits als fliehend bezeichnet werden darf, und dass auch die Hinterhauptsregion platter ist. Die Kleinheit des Schädels ist also nicht nur auf seine Jugendlichkeit sondern auch ein absolut *kleines Gehirnvolumen* zurück zu führen.

Gegen eine Zuweisung des Schädelchens zu *Homo sapiens* spricht nicht nur seine Kleinheit — die Kopflänge entspricht etwa der eines einjährigen Kindes — sondern auch die deutliche Anlage sowohl einer postorbitalen Einschnürung als einer Abknickung des Occipitale. Hervorheben möchte ich ferner, dass die Kiefergelenkregion stärker ausgeprägt und verknöchert ist, als ich dies bei rezenten Kinderschädeln von 1-4 Jahren beobachten konnte.

Auch für einen Neanderthaler Kinderschädel ist der vorliegende zu klein. Von Krapina liegt von einem Kinderschädel mit noch offenen Nähten Frontale und Parietale vor, die zusammen bereits 142 mm messen (Krapina A). Das Fragment Krapina B, ebenfalls von einem Kinde, zeigt ein weit grösseres und geräumigeres Hinterhaupt. Bei Gibraltar II, dem Schädelrest eines etwa 5 jährigen Kindes, messen wir für Nasion bis Lambda 167 mm. Ein Schädel von La Quina, von einem etwa 8 jährigen Kinde, hat 170 mm Länge. Diese Zahlen mögen zeigen, dass die Neanderthal-Kinderschädel an Grösse nicht hinten denen des rezenten Menschen zurückblieben.

Morphologisch erscheint bei Krapina A und Gibraltar II die Parietalregion flacher als bei unserm; mit letzterem verglichen ist der vorliegende vorne flacher, aber hinten höher. Mit dem Kinde von La Quina sind eher Ähnlichkeiten in der äusseren Kontur vorhanden, aber dieser Schädel ist wieder viel grösser.

Es liegt nahe, den Schädel mit dem ja ebenfalls von *Java* stammenden *Pithecanthropus* zu vergleichen. Hier haben wir einen fossilen Hominiden mit geringem Gehirnvolumen, der zwar nicht das gleiche geologische Alter zu besitzen sondern jünger zu sein scheint.

Als Typusstück des *Pithecanthropus* muss die Kalotte angesehen werden; sie gehört, wie ausführliche Untersuchungen gezeigt haben, zu einem *Hominiden*. Diese Auffassung wird u.a. von Abel, Black, Broili, Gieseler, Osborn, Schlosser, Schwalbe, Weinert, Werth in z.T. sehr ausführlichen Schriften verteidigt. Ferner haben wir das grosse Femur, mit sehr auffallenden rezent menschlichen Eigenheiten. Ob es mit dem Schädeldach zu einem Individuum (wie Dubois annimmt) oder überhaupt zu einer Spezies gehört, wird immer wieder bezweifelt. Die beiden von Dubois zum *Pithecanthropus* gestellten Molaren endlich werden von Miller und neuerdings von Weidenreich (nach einem Vergleich mit *Sinanthropus*-Zähnen!) einem Orang-utan zugeschrieben. Diese Auffassung erhält dadurch eine sehr starke Stütze, dass es Verf. vor einigen Monaten gelungen ist, *Simia fossil auf Java nachzuweisen.*

Es handelt sich um eine Spaltenfüllung im Zuidergebergte südlich von Solo, die leider keine brauchbaren Funde zur Bestimmung der Fauna lieferte, deren mindestens pleistocänes Alter aber durch das Vorkommen von *Stegodon* sichergestellt ist. Ganz kürzlich fand sich auch ein unterer Praemolar von Simia in Trinil-Schichten bei Solo, so dass die Anwesenheit dieses grossen Menschenaffen für die Trinil-Periode erwiesen ist. Da die Zähne des rezenten und noch mehr des fossilen Orang-utan ganz ausserordentlich variabel sind, so wird man nur aus einem grösseren Materiale Zähne erwarten können, die denen von Trinil völlig gleichen. Die Molaren von Trinil dürfen jedenfalls nicht als Argument gebraucht werden, wenn es um die Discussion der Stellung des *Pithecanthropus* geht (Gregory).

Die Trinil-Fauna besitzt ein mittel-, unser neuer Fund hingegen ein altpleistocänes Alter. Nun lässt es sich zeigen — Einzelheiten siehe oben in der Arbeit von Duyfjes — dass in Trinil *unter* den Trinil-Schichten ein vulkanisches Konglomerat mit Djetis-Fauna vorhanden ist. Von der Kalotte lässt sich sagen, dass sie verwittert und von einer Erhaltung ist, die sich sehr von der des Femur unterscheidet. Ist es mit Sicherheit auszuschliessen, dass sie sich auf secundärer Lagerstätte befunden hat?

Wie dem auch sei, in China hat sich der zur gleichen Gruppe gehörende *Sinanthropus* im Altpleistocän ge-

funden, so dass sich wegen des geologischen Alters bei einem Vergleich keine weiteren Schwierigkeiten ergeben. Trinil- und Djetis-Fauna sind wohl verschieden, aber eine ganze Reihe von Arten sind beiden Faunen gemein, und dies könnte an sich mit dem *Pithecanthropus* der Fall sein. Hier sind die Faunenunterschiede nicht so bedeutend als in Europa, wo glaciale und interglaciale Faunen abwechseln.

Die Bestimmung dieses Kinderschädels bietet — vor allem auch, da das Alter nicht genau angegeben werden kann — ihre besonderen Schwierigkeiten. Der menschliche Schädel verändert sich noch während des Wachstumes in verschiedener Weise, bei fossilen Formen deutlich stärker als bei rezenten. So ist ein Vergleich mit den Schädeln Erwachsener nur sehr beschränkt möglich und wir sind, da nur sehr wenige fossile Kinderschädel vorliegen, vor allem auf Analogien angewiesen.

Auf den ersten Blick hat unser kleiner Schädel von Scembertengah nichts mit dem Schädeldach von Trinil gemein. Aber wir müssen bedenken dass das, was uns als typisch bei ihm auffällt — fliehende Stirne, die Tori supraorbitales, bedeutende postorbitale Einschnürung, die Abknickung des Occipitale — Merkmale sind, die erst mit zunehmendem Alter entwickelt werden, und von denen beim Kinde noch nichts oder höchstens die erste Anlage zu sehen ist. Welch ein starker Unterschied besteht zwischen den Schädeln von jungen und erwachsenen Anthropomorphen, und ähnliche starke Veränderungen des Schädels während und durch das Wachstum werden wir auch für den *Pithecanthropus* voraussetzen dürfen.

Das Schädeldach von Trinil gehörte einem Erwachsenen, unseres einem Kinde. Dies erschwert einen Vergleich sehr. Vergleichen wir die beiden Mediansagittalschnitte Fig. 5 so sehen wir, dass beide Schädel von etwa der gleichen Höhe sind, dass aber ein bedeutender Unterschied in der Länge besteht und dadurch beide Schädel ein sehr verschiedenes Stirnprofil zeigen.

Der Längenunterschied beider Schädel ist nur anscheinend so gross. Der kleine Schädel gehört zu einem Kinde mit dünnen, der grosse zu einem Erwachsenen mit sehr dicken Schädelwänden. In Prozenten der äusseren Schädellänge beträgt die innere bei Pithecanthropus 84%, beim rezenten Mensch 92%. Die innere Schädellänge der Kalotte von Trinil beträgt 155 mm rechts, 153 mm links (nach Gieseler. Black gibt für rechts 154 mm an). Wenn wir für unseren kleinen Schädel 7 mm in Abzug bringen — welcher Betrag nach Beddoe (nach Martin) von dünnwandigen Schädeln abzuziehen ist, was in unserem Falle sicher zu hoch gegriffen ist, da ein Kind nur äusserst schwache Sinus frontales besitzt — so erhalten wir bei unsern beiden Schädeln:

Differenz der äusseren Schädellängen 45 mm

Differenz der inneren Schädellängen 22-24 mm wobei wir das Schädeldach von Trinil auf 183 mm ergänzt haben (nach Weinert; messbar 180,5 mm).

Diese innere Differenz ist gering und wird schon bei einem schwachen Wachstum des Schädelchens ausgeglichen sein. Die inneren Schädelmasse sind für den *Sinanthropus* Schädel E rechts 157 mm, links 156 mm (äussere Schädellänge 187,6 mm); die ganze Gruppe ist anscheinend sehr kleinhirnig.

Die *Kalottenhöhe* unseres Schädelchens (über der grössten Schädellänge) beträgt 62 mm, das ist ebensoviel wie bei der Kalotte von Trinil. Dass beide trotz-

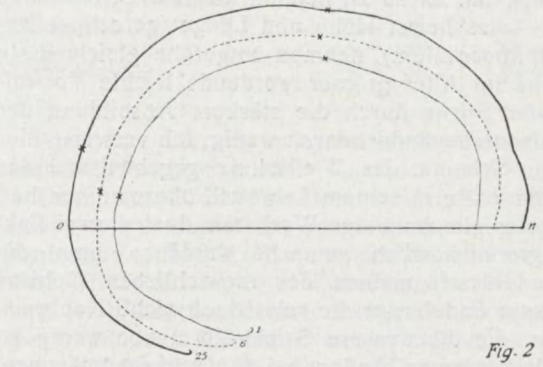


Fig. 2

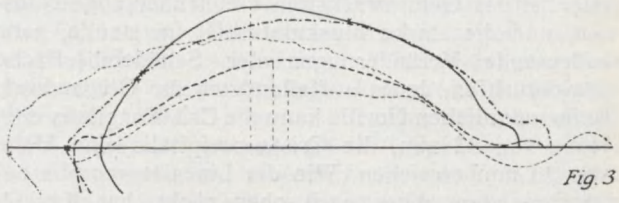


Fig. 3

Fig. 2. Wachstum des menschlichen Schädels. Zunahme der Kalottenhöhe. — Umgezeichnet nach Welcker.
Fih. 3. Wachstum eines Gorilla-Schädels. Abnahme der Kalottenhöhe! — Umgezeichnet nach Oppenheim.

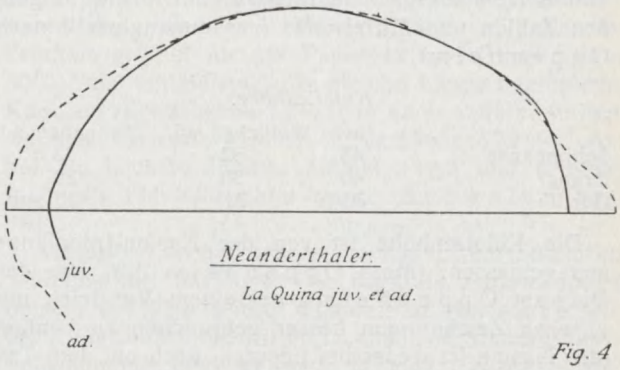


Fig. 4

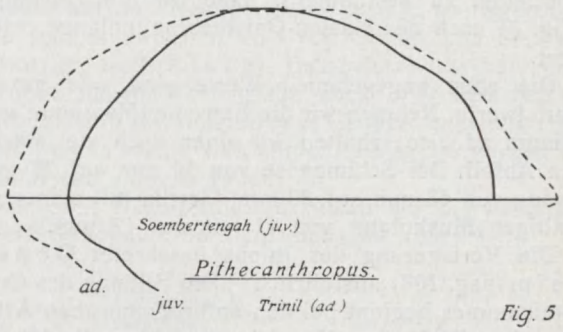


Fig. 5

Fig. 4. Mediansagittalen der Schädel des jugendlichen (innen) und des erwachsenen (aussen) Neanderthalers von La Quina. — Umgezeichnet nach Black.
Fig. 5. Mediansagittale des Schädels von Soembertengah (innen) verglichen mit der des Pithecanthropus (aussen).
Fig. 4 und 5 in ca. 0,4 nat. Grösse.)

dem zur gleichen Form gerechnet werden könnten, macht eine allgemeine Betrachtung über entsprechende Verhältnisse bei Menschen und Anthropomorphen nötig.

Beim Menschen vollzieht sich das Wachstum des Schädels, um es so zu nennen *konzentrisch* — siehe Fig. 2 — das heisst Höhe und Länge (gerechnet Nasion-Opithocranium) nehmen ungefähr gleichmässig zu. Eine im Alter grösser werdende leichte Vorwölbung der Stirne durch die stärkere Ausbildung der Sinus frontales ändert daran wenig. Ich verweise hier auf das Schema, das Welcker gegeben und das auch Martin in seinem Lehrbuch übernommen hat. Für dieses gleichmässige Wachstum dürfen zwei Faktoren verantwortlich gemacht werden; einmal die starke Grössenzunahme des menschlichen Gehirns überhaupt und ferner die relativ schwache Kopfmuskulatur, die die äussere Schädelform nur wenig zu verändern vermag. Anders bei den Anthropomorphen. Hier ist das Gehirnwachstum viel früher abgeschlossen, und die starke Muskulatur ist im stande, ganz bedeutende Veränderungen der Schädeloberfläche hervorzurufen, deren auffallendsten die Cristae sind. Beim männlichen Gorilla kann die Crista sagitalis eine Höhe von 32 mm, die Crista occipitalis eine Höhe von 29 mm erreichen. Wie die Linea temporalis bei zunehmendem Alter nach oben rückt, hat Keith (siehe Martin) sehr übersichtlich gezeigt.

Das starke Anwachsen der Nackenmuskulatur bei zunehmendem Alter bringt es bei unseren Anthropomorphen mit sich, dass das Inion sich langsam mehr und nach *oben* verschiebt, wodurch die Kalottenhöhe abnimmt, wie Fig. 3 deutlich zeigt. Die hier folgenden Zahlen und Mittelwerte (zusammengestellt nach Oppenheim):

	Kalottenhöhe.		
	juv.	Weibchen ad.	Männchen ad.
Schimpanse	45	32	32
Orang	40	30	29
Gorilla	30	21	20 mm

Die Kalottenhöhe ist von der Nasion-Inionlänge aus gemessen. (Mass Oppenheim 32). Um das Diagram Oppenheims bei einem Vergleich mit unseren Zeichnungen besser gebrauchen zu können (das Nasion ist weder bei unserem noch bei dem Trinilschädel zu bestimmen), habe ich die Zeichnung (Fig. 3) nach der Nasion-Opisthocraniumlänge orientiert.

Die oben angegebenen Werte sind, wie gesagt, Mittelwerte. Nehmen wir die Extreme (Maximum juv., Minum ad.), so erhalten wir einen noch viel stärkeren Abfall. Bei Schimpanse von 59 mm auf 27 mm, Orang von 48 mm auf 22 mm, Gorilla mit seiner gewaltigen Muskulatur von 41 mm auf 12 mm.

Die Verlagerung des Inions beschreibt Oppenheim (pag. 108) ausführlich: „Die Bildung des Occipitalkammes beginnt bei den anthropomorphen Affen als eine Wulstung die sich quer über die Hinterhauptsschuppe hinzieht. Diese Wulstbildung schiebt sich allmählich höher, und zwar nicht relativ infolge Zurückbleibens der Oberschuppe im Wachstum sondern durch aktives Hinaufrücken, bis die Lambdanaht erreicht ist..... Nach Joseph beträgt z.B. die Linea nuchae superior von der Lambdaspitze beim Orang-utan und zwar beim Neugeborenen 2.5 cm, vor dem Zahnwechsel 2.0 cm und beim Erwachsenen 0 cm. Des gleichen verringert sich diese Distanz beim Schimpansen von 2.1 cm auf 1.6 cm und 0 cm".

Wir können zusammenfassen: beim *Menschen* findet während des Schädelwachstums eine *Zu*nahme, bei den *Anthropomorphen* eine *Ab*nahme der Kalottenhöhe statt. (Fig. 2 und 3).

Bei *Homo sapiens* nimmt, nach dem 20. Lebensjahre die Schädelkapazität im allgemeinen nicht mehr zu, denn „mit dem 18. Jahre, bei der Frau sogar schon etwas früher, ist in der Regel auch das definitive Gehirngewicht erreicht" (Martin pag. 745). Buxton glaubt aus seiner Untersuchung des Gibraltar II-Schädels folgern zu dürfen, dass bei diesem Neanderthaler das Wachstum des Hirnraumes im Alter von 5 Jahren seine volle Grösse erreicht hat (pag. 84). Das Gehirnwachstum erreicht bei den Anthropomorphen schon während des 1. Lebensjahres ein Ende (Martin pag. 716). Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass die Kapazität des erwachsenen *Pithecanthropus* etwa der eines 2-3 jährigen europäischen Kindes entspricht (nach Welcker männliches Kind: am Schluss des 1. Jahres 900 ccm, am Schluss des 3. Jahres 1080 ccm; weibliches Kind 850 ccm resp. 1010 ccm; nach Martin pag. 744). Für einen jungen *Pithecanthropus* darf also ein relativ grosses Gehirn, aber ein sehr früher Stillstand in der Zunahme der Kapazität erwartet werden.

Der Schädel des Neanderthalers wächst nach anderen Gesetzen als der des rezenten Menschen. Infolge der viel stärker ausgeprägten Muskulatur wird der Schädel während des Wachstums stärker beeinflusst. Die starke Nackenmuskulatur bleibt nicht ohne Einfluss auf die Occipitalschuppe. So kommt es, dass beim Neanderthaler „in der Regel der hervorragendste Teil des Hinterhauptes mit dem Hinterhauptshöcker (Inion) zusammenfällt", während beim rezenten Mensch „dieser Punkt oberhalb vom Hinterhauptshöcker zu liegen kommt". (Werth, pag. 170). Die starke Muskulatur bedingt auch hier ähnlich wie bei den Anthropomorphen ein hochliegendes Inion und somit eine geringe Kalottenhöhe, und es ist sehr typisch, dass der Schädel der Neanderthaler-Gruppe mit der grössten Kalottenhöhe ein dünnwandiger Schädel eines unausgewachsenen wahrscheinlich weiblichen Individuums mit schwachen Muskelmarken ist (Ehringsdorf III).

Die Schädel sehr junger Neanderthaler stehen denen des rezenten Menschen an Grösse nicht nach. Vergleichen wir das 8 jährige Kind und den Erwachsenen von La Quina untereinander — die Mediansagittalen Fig. 4 sind der Arbeit von Black entnommen — so sehen wir, das trotz der *Verschiedenheit* in *der Länge* beide Schädel die *gleiche Kalottenhöhe* haben. *Die Neanderthaler von La Quina adult und juvenil* (wir haben diese beiden Schädel gewählt, da sie von der gleichen Localität stammen) *verhalten sich zu einander sehr ähnlich wie die Pithecanthropus-Kalotte von Trinil (adult) zu der von Modjokerto (juvenil).*

Wohl erscheint der junge Neanderthaler im vorderen Abschnitt bereits voller, doch könnte dies mit dem Alter zusammenhängen, da der Träger unseres Kin-

derschädels sicher jünger war als das Kind von La Quina.

Die auffallende Gleichartigkeit der beiden Kurven *könnte* man als einen Beweis dafür ansehen, dass hier wirklich der Schädelrest eines jugendlichen Pithecanthropus vorliegt. Was die Median-Sagittale betrifft so besteht im Verlauf der Schädelkrümmung eine Übereinstimmung mit dem Kinderschädel von La Quina, aber die absoluten Masse differieren zu sehr. La Quina juv. hat bereits 170 mm, unser Schädel nur 138 mm Länge. Da beim Neanderthaler und sicher auch bei *Pithecanthropus* die Neigung der Stirne mit zunehmendem Wachstum abnimmt, so müsste unser Schädel bei der gleichen Länge von 170 mm bereits eine sehr viel flachere Stirne aufweisen, d.h. primitiver sein als ein Neanderthaler.

Das Verhältniss der Kalottenhöhe zur Länge ist bei unserem Schädel etwa wie 1 : 2, bei dem von Trinil etwa 1 : 3. Ähnlich verhält sich der Schimpanse, für den Oppenheim angibt, „dass die Kalottenhöhe sich beim Erwachsenen zur Nasion-Inion oder Glabello-Inion-Länge wie 1 : 3 verhält, während des Wachstums hingegen fast wie 1 : 2". (pag. 141).

Der *Längenbreitenindex* beträgt bei unserem Schädel etwa 83,3, bei der schlechten Erhaltung der Schädelseiten nicht genau anzugeben, gegen 71,8 bei dem Schädeldach von Trinil. Beim Menschen ist eine leichte Abnahme der Brachykephalie während des Wachstums zu beobachten und sie dürfte bei seinen fossilen Vertretern durch die starken Veränderungen (durch die Ausbildung eines Torus supraorbitalis und Veränderungen am Occipitale) wahrscheinlich noch grösser gewesen sein. Beim Neanderthaler schwankt der Index zwischen 68,2 (La Quina) und 85,5 (Krapina). Eine Variation um 8-10 Einheiten ist nach Martin auch „bei relativ reinen Rassen" gewöhnlich (Martin pag. 783).

Ein Vergleich von *Frontale und Parietale* zeigt:

	Länge von		Sagittaler Frontoparietal-Index
	Frontale	Parietale	
Soembertengah	83	95	114,4
Pithecanthropus Trinil	120	103	85,8
Homo neanderthalensis			
Neanderthal	133	119	89,4
Spy II	124	120	96,7
Spy I	115	120	104,3
La Quina juv.	105	112	106,6
Homo sapiens fossilis			
Oberkassel I	135	125	92,0
Oberkassel II	124	139 mm	112,0

Die für das Schädeldach von Trinil angegebenen Zahlen nach Schwalbe. Der Anteil der einzelnen Bogenelemente ist nur schwer feststellbar, da die Nähte bereits alle obliteriert sind; dazu ist der untere Teil des Frontale beschädigt und muss ergänzt werden.

Die Frontalia der beiden Schädel weisen absolut einen Unterschied um 37 mm auf. Das ist sehr viel, doch variieren die Frontalia des Menschen bei einer absoluten Grösse zwischen 90 mm und 153 mm (nach Martin) um den weit grösseren Betrag von 63 mm.

Die absoluten Masse von Frontale- und Parietalbogen der Anthropomorphen sind (nach Oppenheim):

	Frontale	Parietale
Orangutan	61 — 77	48 — 72
Gorilla	72 — 100	66 — 77
Schimpanse	52 — 90	54 — 76 mm

Auch hier herrscht, wie man sieht, eine nicht unbeträchtliche Variabilität.

Da die absolute Länge dieser beiden Knochen überhaupt sehr variabel ist, ist es auch der daraus gewonnene *Index*. Für unsere beiden Schädel ergibt sich eine Differenz um 28,6 Einheiten. Bei Neanderthalern ist bisher beobachtet: Länge der Frontalia 105 (La Quina juv.)-133 mm (Neanderthal), der Parietalia 110 (Neanderthal)-121 mm (La Chapelle); die Indices schwanken zwischen 89,4 Neanderthaler) und 106,6 (La Quina juv.). Der rezente Mensch erweist sich in diesem Punkte noch variabler. Bei Melanesiern ist beobachtet: absolute Länge Frontale 105-137 mm, Parietale 108-145 mm. Die zugehörenden Indices (88,5-124,5) differieren um 36. Nur nebenbei sei bemerkt, dass unsere Anthropomorphen in diesem Punkt noch grössere Verschiedenheiten zeigen: Orang differiert um 39, Schimpanse sogar um 50 Einheiten. Einen ähnlichen hohen Wert erreicht *Symphalangus syndactylus* mit 48.

Es sei in diesem Zusammenhang auf die merkwürdige Tatsache hingewiesen, dass Schwalbe bei neun von ihm willkürlich ausgesuchten menschlichen Embryonen und Kindern in keinem Falle das Frontale grösser als das Parietale fand (Erwachsene 50%), nur ein Beispiel für gleiche Länge der beiden Knochen (Erwachsene 7,2%); in allen anderen Fällen war das Parietale grösser (Erwachsene 42,8%), wobei als höchste Indices einmal 116,2 und dreimal mehr als 111 beobachtet wurde (Schwalbe, pag. 191).

Auffallend ist bei unserem Schädelchen die starke Wölbung des Parietale. Der sagittale *Parietal-Index* beträgt nur 91,5. Diese Wölbung ist viel stärker als bei *Pithecanthropus* mit 96,12 oder den *Sinanthropus*-Schädeln mit etwa 94 (nach Black). Kommen wir wieder auf den Neanderthaler zurück, so liegen hier die Indices zwischen 96,3 (La Quina) und 89,7 (Le Moustier; nach Black). Das heisst, dass bei dieser Gruppe neben Werten, die noch *über* den für die *Pithecanthropus-Sinanthropus*-Gruppe bekannten liegen, bereits solche vorkommen, die in die Variabilität von *Homo sapiens* fallen!

Bei den Neanderthalern finden wir die niedrigen Werte besonders bei den unausgewachsenen:

Le Moustier	89,7
Gibraltar II	91 (?)
Krapina	92,8
La Quina juv.	93 (?)

Die höchsten Indices kommen auf völlig erwachsene Individuen:

La Chapelle	94,3
Spy II	94,8
Rhodesia	95,7
La Quina ad.	96,3

Bei den Anthropomorphen beobachten wir (nach Oppenheim):

	Variabilität	Mittelwerte	
		juv.	ad.
Schimpanse	90 — 97	93	94—95
Gorilla	92 — 98	95	95,5
Orangutan	92 — 100	94	96

Auch hier haben die Parietalia ausgewachsener Exemplare einen höheren Index.

Überblicken wir die oben durchgeführten Vergleiche, so sehen wir, dass als grundlegende Merkmale *für* eine Zuweisung unseres Schädelchens zum *Pithecanthropus* sich anführen lassen:

kleiner Gehirninhalt

Anlage einer postorbitalen Einschnürung.

und Abknickung des Occipitale, und dass die Unterschiede in der Gestaltung und Ausbildung der verschiedenen Schädelelemente sich bei Zukennung einer gewissen Variabilität, die nicht grösser ist als bei den Neanderthalern und den Anthropomorphen, bereits eliminieren lassen. Auf der anderen Seite aber darf nicht übersehen werden, dass unser Schädelchen gerade durch sein grosses und gewölbtes Parietale und seine noch relativ gewölbte Stirne mehr an *Homo sapiens* erinnert, obwohl er für diesen absolut zu klein ist. Mit der oben versuchten Zuweisung zum *Pithecanthropus* ist das Problem des altpleistocänen Menschen — auch des von Java — in keiner Weise erschöpft, und es ist in diesem Zusammenhang sehr interessant, dass gerade aus dem Beginn des Pleistocän fossile Hominiden genannt werden, die dichter bei *sapiens* zu stehen scheinen — resp. sogar mit ihm identisch sein sollen — als der Neanderthaler. Wir haben da den *Eocanthropus dawsoni* aus dem Altpleistocän von Piltdown in England zu nennen. „Bei vorsichtiger Beurteilung muss man zunächst feststellen, dass der Schädel des Piltdownmenschen viel höher spezialisiert erscheint als der eines Neanderthalers, wenn wir vom Unterkiefer absehen". (Abel, pag. 43). Mit einem Schädelinhalt von ca. 1300 cm^3) übertrifft er selbst den modernen Australier (in der Regel 1250 cm^3); seine Stirne ist bei weitem nicht so fliehend als die eines Neanderthalers.

Im Altpleistocän Europas, Afrikas und Vorderindiens begegnet man einem immer wiederkehrenden und gleich gearbeiteten Steingeräte, dem Faustkeil oder Fäustel. Man unterscheidet einen mehr primitiven Typ des Chelléen von einem sehr formvollendeten des Acheulien. Diese uralte Kultur verrät eine gewisse Höhe der geistigen Entwickelung ihrer Träger. Nach Funden in Ost-Afrika hat Leakey einen frühen *Homo sapiens* als den Verfertiger der Faustkeilkultur angenommen, doch sind die vorliegenden Skelettreste zu dürftig und seine grossen Kanjera-Schädel Phantasieprodukte.

Das ganze Problem ist auch für Java von Bedeutung, da es hier kürzlich gelungen ist, ein sehr formenreiches Chelléen aufzufinden. Wenngleich die stratigraphische Stellung der Funde noch nicht geklärt ist, so kann doch kein Zweifel darüber bestehen, dass das Chelléen in anderen Teilen der Welt *sicher* altpleistocän ist. Unseren *Pithecanthropus* können wir nicht als Verfertiger dieser Steinkultur ansprechen — was wir aus den ausserordentlich primitiven, mit dem ihm körperlich so nahe stehenden *Sinanthropus* zusammen gefundenen Steingeräten folgern dürfen — und es besteht also die sehr begründete Möglichkeit, dass neben dem *Pithecanthropus gleichzeitig noch ein höherspezialisierter, also mehr sapiens — ähnlicher Hominide auf Java gelebt hat.* Dieser käme z. B. als Träger des so rezent — menschlich anmutenden Femurs von Trinil vielleicht in Frage.

Es ist sehr bedauerlich, dass das Schädelchen von Soembertengah nicht mehr Details erkennen lässt und ausserdem einem Individuum unbestimmbaren Alters zugehört. Was dafür spricht, dass es sich hier um einen jungen *Pithecanthropus* handeln könnte, ist oben ausführlich dargelegt. Manches liesse sich leichter verstehen, wenn man beweisen könnte — was ja leider bei der Unvollständigkeit der Reste nicht möglich ist — dass der neugefundene Schädel einem weiblichen Kinde, der Schädel von Trinil einem erwachsenen Manne zugehört. Bei allem aber bleibt, gerade in der Beurteilung der vermutlichen Variabilität dieser nur auf eine einzige Kalotte begründeten Art, ein starker *subjektiver* Faktor. Daher hat sich Verfasser doch entschlossen, dem neuen Funde einen neuen Namen zu geben —

Homo modjokertensis

— wobei der Name *Homo* absichtlich gewählt worden ist, um die Menschenähnlichkeit des Fundes zu betonen. Wir tun besser daran, weitere und vollständigere Hominiden-Reste aus Schichten mit Djetis-Fauna abzuwarten um die Probleme, vor die uns dieser kleine Schädel stellt, und die wir bei unserm augenblicklichen Wissen vom fossilen Menschen nur ungenügend übersehen, dann *objektiver* beurteilen zu können.

Wir sind am Schlusse unserer Ausführungen. Der Verf. ist Dr. J. Zwierzycki, dem Leiter der Kaarteering, zu grossem Dank verpflichtet, der ihm den wertvollen Fund zur Untersuchung anvertraut hat. Herrn Dr. H. W. Lubberhuizen—Soerabaja dankt Verf. für das Überlassen eines Kinderschädels zu Vergleichszwecken, und ganz besonders Herrn Prof. W. A. Mijsberg—Batavia für Vergleichsmaterial und Literaturhinweise.

Bandoeng, 10 Juli 1936.

LITERATUR.

Abel, O. Die Stellung des Menschen im Rahmen der Wirbeltiere. Jena 1931.

Black, D. On an adolescent skull of *Sinanthropus pekinensis*. Palaeontologia Sinica. Ser. D, Vol. VII, Fasc. II, 1931.

Boule, M. L'Homme fossile. Paris 1928.

Cosijn, J. Voorloopige Mededeeling over het voorkomen van fossiele beenderen in het heuvelland ten Noorden van Djetis en Perning. Verh. Geol. Mijnb. Gen. Nederland en Kol. IX (1931), pag. 113-119.

..... Tweede Mededeeling over het voorkomen van fossiele beenderen in het heuvelland ten Noorden van Djetis en Perning. Ebenda, IX (1932), pag. 135-148.

Dubois, E. *Pithecanthropus erectus* aus Java. Batavia 1894. Unter: „*Pithecanthropus erectus*. Eine menschenaehnliche Übergangsform aus Java", in Jaarb. Mijnw. N.-I., 1895, Wet. Ged.

..... Das geologische Alter der Kendeng- oder Trinil-Fauna. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 2e ser., XXV, 1908.

..... Over de voornaamste onderscheidende eigenschappen van den schedel en de hersenen, de onderkaak en het gebit van *Pithecanthropus erectus*. Versl. Kon. Akad. v. Wet. A'dam, afd. Nat., XXXIII, 1, 1924.
Unter: „On the Principal Characters of the Cranium and the Brain, the Mandible and the Teeth of *Pithecanthropus erectus*" in: Proceedings XXVII, 1924.

Es, L. J. C. van. The age of *Pithecanthropus*. Den Haag 1931.

Garrod, D. A. E., Buxton L. H. D., Elliot Smith G., Bate D. M. A., Excavation of a Mousterian Rock-Shelter at Devils Tower, Gibraltar. Jo. Roy. Anthrop. Inst. LVIII, 1928, pag. 33-114.

Gorjanovic, K. — Kramberger. Der diluviale Mensch von Krapina in Kroatien.
Std. Entwicklungsmechanik des Primatenskelettes, II. Lieferung. Wiesbaden 1906.

Koenigswald, G. H. R. von Zur Stratigraphie des javanischen Pleistocän. Ing. in Ned.-Indië, 1934, 1, IV. pag. 185-201.

..... Die fossilen Säugetierfaunen Javas. Proc. Kon. Akad. Amsterdam, 1935 (XXXVIII) pag. 188-198.
Der gegenwärtige Stand des *Pithecanthropus*-Problems. Handel. VIIde Ned. Ind. Natuurw. Congres Batavia 1935, pag. 724-732.

..... Ueber altpalaeolithische Artefakte von Java. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. LIII (1936), pag. 41-44.

Krogman, W. M. Studies in growth changes in the scull and face of Anthropoids. Amer. Journ. Anatomy, 1931 (47).

Lubosch, W. Über Variationen am Tuberculum articulare des Kiefergelenks. Morph. Jahrb. 1906, pag. 323.

Martin, H. Un crâne d'enfant néanderthalien provenant du gisement de La Quina (Charante). L'Anthropologie 1921. pag. 331-334.

Martin, R. Lehrbuch der Anthropologie. Jena 1928.

Miller, G. S. Notes on the casts of the *Pithecanthropus*-molars. Bull. Amer. Mus. 1923, pag. 527-530.

Oppenheim, St. Zur Typologie des Primatencraniums. Z. f. Morph. u. Anthropologie XIV (1912) pag. 1-203.

Rutten, L. M. R. Voordrachten over de geologie van Nederlandsch Oost-Indië. 1927.

Schwalbe, G. Studien über *Pithecanthropus erectus*. Z. Morph. u. Anthropologie 1 (1899).

Selenka, L. Menschenaffen. Wiesbaden 1898/99.

Weidenreich, F. Entwicklungs- und Rassetypen des *Homo primigenius*. Natur u. Museum (Frankfurt) 1928, pag. 1-13, 51-62.

..... *Sinanthropus pekinensis* und seine Bedeutung für die Abstammungsgeschichte des Menschen. Die Naturwissenschaften 1931 (XIX) pag. 817-825.

..... Über pithecoide Merkmale bei *Sinanthropus pekinensis* und seine stammesgeschichtliche Beurteilung. Z. Anat. u. Entwicklungsgesch. Berlin 1932 (99), pag. 212-253.

..... The *Sinanthropus*-population of Chonkoutien. Bull. Geol. Soc. China XIV (1935) pag. 423-461.

Weinert, H. Die fossilen Menschenreste. In: F. Wiegers, Diluviale Vorgeschichte des Menschen. Stuttgart 1928.

Werth, E. Der fossile Mensch. Berlin 1928.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Productiecijfers van Aardolie in kgtonnen.

	1936		1935	
	Juni	t/m Juni	Juni	t/m Juni
Java en Madoera	31 746,5	201 202,2	36 618,8	222 755,0
Noord-Sumatra ...	50 752,5	335 199,6	75 108,5	476 094,6
Palembang ..	226 331,2	1 349 064,9	205 610,8	1 163 371,–
Djambi	55 123,0	294 148,6	26 892,8	161 032,4
Oost-Borneo	78 803,6	490 881,8	80 516,–	518 038,2
Tarakan	60 336,0	375 429,3	64 870,7	402 820,0
Boenjoe	366,7	3 208,2	635,–	4 111,–
Ceram.....	3 600,–*)	21 822,–	3 664,1	19 617,5
Nederlandsch-Indië:	507 059,50	3 070 956,60	493 916,70	2 967 840,50

*) Geschat.

Productiecijfers van Steenkolen in kgtonnen.

	1936		1935	
	Juni	t/m Juni	Juni	t/m Juni
Gouvernementsmijnen.	59 014,–	367 319,–	57 702,–	340 954,–
Steenkolen Mij „Parapattan"	20 740,–	127 500,–	20 140,–	127 060,–
Oost-Borneo Maatschappij	6 000,–*)	37 522,–	6 102,–	33 735,–
Loa-Boekit kolenmijnen..	2 500,–*)	16 978,75	2 424,75	15 834,25

*) Geschat. Werkelijke productie van Loa-Boekit over April en Mei resp. 2 961,75 en 2 504,25 kgt.

Mijnbouw Maatschappij Redjang Lebong.

Gedurende de maand Juni werden:

8 010 ton erts vermalen van gemiddeld { 3,43 dwts goud per ton. 20,1 „ zilver per ton.
2 320 „ sands en
5 630 „ slimes behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 1 188 ozs. goud en ca. 7 008 ozs. zilver ter gezamelijke waarde van ± *f* 64 000,—.
De bedrijfskosten over Juni bedroegen ± *f* 53 000,— terwijl voor prospecteeren werden uitgegeven ± *f* 2 000,—.

Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand Juni werden:

7 444 ton vermalen van gemiddeld { 10,6 dwts goud per ton. 129,– „ zilver per ton.
2 990 „ sands,
4 283 „ slimes en
276 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 3 536 ozs. goud en ca. 44 491 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 205 000,—.
De bedrijfskosten over Juni bedroegen ± *f* 108 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ± *f* 2 000,— en voor prospecteeren der nieuwe vergunningen ..... ± *f* 3 000,—.

PERSONALIA.

Overleden op 22 Juli 1936 ir. C. ter Haar, ambtenaar op non-activiteit, laatstelijk ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw.

Benoemd tot ingenieur in tijdelijken dienst bij den Dienst van den Mijnbouw ir. E. de Wilde, met ingang van Augustus 1936.

Verleend wegens 6-jarigen dienst 8 maanden verlof naar Europa aan ir. D. W. Weber, ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, tewerkgesteld bij de Ombilin Steenkolenmijnen, met ingang van 2 Juli 1937.

Verleend aan ir. H. K. Hylkema, ingenieur bij de Billiton Maatschappij, verlof naar Europa, tot 15 December 1936.

MEDEDEELING.

In het September-nummer zal een kritiek opgenomen worden over H. H. Badings: „Het Palaeogeen in den Indischen Archipel". Verhand. Geol. Mijnb. Genootsch. Geol. Ser. XI, 1936, p. 233 e.v.

3e JAARGANG
NUMMER 8

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

AUGUSTUS
1936

VI. WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Waterbeheer op Java, door J. E. V. A. Slors. — Waterbeheer en Waterschappen (Discussies). — Varia.

Waterbeheer op Java

door

J. E. V. A. SLORS,

Assistent-Resident van Semarang.

Van bevriende zijde ontving ik kortgeleden het Februari-nummer 1936 van *De Ingenieur in Nederlandsch-Indië*, waarin een tweetal artikelen voorkomen, welke kritische beschouwingen leveren omtrent invoering van bevloeiingscorporaties op Java, en welke mede opvattingen van ir. Happé omtrent dit onderwerp bestrijden.

Aangezien het onderwerp mijn groote belangstelling heeft en ik, als bestuursambtenaar, in den loop van mijn diensttijd veel met waterbeheer te maken heb gehad, heb ik gemeend in de onderhavige materie ook mijne zienswijze naar voren te mogen brengen.

Uiteraard zal ik mij niet in den strijd mengen, waar het technische details betreft, maar meen toch, ook in verband met wat door den heer Zentgraaff in zijn artikel in *De Locomotief* van 16 Februari 1935 „met Kromo's hulp" naar voren is gebracht, de kern van het gestelde probleem te moeten omschrijven als volgt:

1. Het zoeken naar een goedkooper beheer en onderhoud van irrigatiewerken dan het thans bestaande.

2. Bij het te ontwerpen systeem rekening houden met de kosten, welke evenredig dienen te drukken op en in een goede verhouding dienen te staan tot de opbrengst der bevloeide gronden.

3. De bevolking, i.c. de tani, rechtstreeks in te schakelen, teneinde hare zelfwerkzaamheid te prikkelen en daardoor de kans op succes van de te nemen maatregelen te vergrooten.

Uit een artikel in *De Indische Mercuur* van 13 September 1918 „De geschiedenis van een regeling tot exploitatie van irrigatiewerken op Java", door Ter Meulen, oud-Resident van Kedoe, blijkt mij, dat reeds in de negentiger jaren het waterbeheer dezelfde problemen stelde als tegenwoordig het geval is, en wij thans, dus een veertig jaren later, eigenlijk nog geen stap verder zijn opgeschoten. Wij hebben in dien tusschentijd een periode gehad van een geweldige economische opleving, van een enorme uitbreiding van irrigatiewerken, waaraan millioenen ten koste werden gelegd, maar een afdoende voorziening in de regeling van het waterbeheer werd tot nu toe niet getroffen.

Welke zijn nu over het algemeen de bezwaren van de thans bestaande waterregelingen? Naar mijne meening deze: een te groote bevoogding van den tani en speciaal een te groote bemoeienis van de overheid bij de waterverdeeling voor het tertiaire eindvak. Want, hoe mooi ook de inlaat door sluizen en de daaraan voorafgaande technisch landbouwkundige berekening van de hoeveelheid water geregeld is voor het tertiaire vak, zoodra dit water in het tertiaire vak toegelaten is, wordt het eigenlijk overgeleverd aan den willekeur van de oeloe-oeloe's pembagian, oeloe-oeloe desa of hoe verder deze waterverdeelers van het tertiaire vak genoemd mogen worden.

De bevolking, de tani, begrijpt niets van de geldkostende (aan administratieven arbeid) en semilandbouwtechnische berekening van de toegemeten waterhoeveelheid voor dat tertiaire vak, de oeloe-oeloe evenmin, en zoo zien we het verschijnsel, dat de Irrigatie, met veel kosten, vooral aan administratieven arbeid, dat water tot aan het tertiaire vak brengt, maar dan ook verder zijn bemoeienis aan de nadere verdeeling van dat water onthoudt.

Het resultaat is, dat de tani als zoodanig niet meer kan voelen voor dat water, het recht op dat water beschouwt als een willekeurig iets, afhankelijk van den wil van den oeloe-oeloe of waterverdeeler. Hij beschouwt dien waterverdeeler door de tegenwoordige constructie van het waterbeheer als een uitlooper, een onderdeel van het irrigatiepersoneel, uiteindelijk van de overheid, zoodat volgens hem de overheid eigenlijk het water op een, voor zijn gevoel, zoo vreemde manier doet verdeelen.

Het recht op het water wordt niet gevoeld als een bezit, maar als een van den waterverdeeler (de overheid) afhankelijke tegemoetkoming. De tani heeft niets over zijn water te zeggen en dit, terwijl de dienst der Irrigatie met beste weten getracht heeft, iederen landbouwer in het tertiaire vak zijn competente portie te doen toekomen. Hier blijkt dus aanwezig te zijn een fout in het tegenwoordige stelsel.

Hoe kan die fout worden hersteld?

Naar mijne meening moet er weer belangstelling komen van den kant van den tani voor zijn water. De watertoevoer moet dusdanig geregeld worden, dat de tani beseft, dat hij kan rekenen op een bepaald deel van het debiet uit de hoofdleiding.

Zijn begripsvermogen moet die waterverdeeling op voor hem duidelijke manier kunnen omvatten. Hij moet het hem toegedachte deel als zijn recht gaan beschouwen. Voor hem werkt op zijn geest deprimeerend een steeds op en neer gaande verstrekking van water, afhankelijk van formules en alle mogelijke andere ingewikkelde factoren, waarvan de juistheid nog geenszins vaststaat.

Nu blijkt, dat in de negentiger jaren, waar ik het hierboven over gehad heb, bij het vraagstuk van het ontwerpen van een regeling voor de exploitatie der Pategoewanwerken in de afdeeling Bangil door den toenmaligen Assistent-Resident T e r M e u l e n en den ingenieur W e y s dezelfde bezwaren werden gevoeld. Eerstgenoemde ambtenaar blijkt bij de oplossing van het vraagstuk te zijn geleid door dezelfde grondgedachten, welke door ir. H a p p é in zijne artikelen over de soebakregeling in Bali zijn gepropageerd. Ik moge dit in het kort nog even vermelden.

1. De sawahs, die water ontvangen uit dezelfde zijleiding, worden vereenigd tot waterkringen van ongeveer 150 — 200 bouw elk.

2. De verdeeling van het water uit die leiding over de verschillende waterkringen, gelijkelijk naar *evenredigheid van de uitgestrektheid,* wordt opgedragen aan het personeel van den dienst der Irrigatie.

Mantries of mandoers behoeven daartoe dus de verdeelwerken der zijleidingen zoodanig te stellen, dat iedere kring zijn competente portie krijgt.

3. De verdere distributie worde overgelaten aan de dessa, tot welke de sawahs in elken kring behooren.

4. De gezamenlijke dessa's in denzelfden kring treffen voorzieningen om onderling tot een naar dessabegrip billijke verdeeling te komen.

De verdeeling van het aan elke dessa afzonderlijk toebedeelde water over de verschillende sawahs geschiedt namens het dessabestuur in overleg met de belanghebbende tani's door en onder dagelijksche leiding en toezicht van den oeloe-oeloe.

5. De oeloe-oeloe wordt gekozen door de belanghebbende landbouwers uit den waterkring.

Bij deze regeling staat dus voorop, een voor den dessaman begrijpelijke waterverdeeling naar oppervlakte, een uitdrukkelijke ontvoogding van het tertiaire vak, waardoor de tani, de Javaan, de kans krijgt zijn zelfwerkzaamheid te ontplooien.

De betrokken landbouwer zal van de nieuwe regeling dadelijk aanvoelen, de onafhankelijkheid, waarin hij komt te staan tegenover de mandoers van de Irrigatie-afdeeling, de tegenwoordige verstrekkers van het water aan het tertiaire vak, die naar zijn gevoelen eigenlijk als buitenstaanders voor wat betreft allerlei landbouwkundige eischen, verschil in bodemgeaardheid en terreingesteldheid, uit den aard der zaak voor hun taak niet berekend zijn.

De tani zal nu zelf met zijne dessagenooten zijn water mogen verdeelen, hij mag zelf iets doen, hij wordt tot medewerkzaamheid geprikkeld, hij mag zijn geschiktheid toonen om in eigen huis baas te zijn. Het lijkt mij dan ook gewenscht, in de allereerste plaats deze richting van ontvoogding van het tertiaire vak op te gaan. Zeer terecht schrijft ir. v a n W i t z e n b u r g aan het einde van zijne beschouwing, dat in vele bevloeiingsgebieden het waterbeheer voor verbetering en vooral voor vereenvoudiging vatbaar is. Welnu, ik meen hier een poging te hebben aangewend, die tot dat doel zal kunnen leiden.

Inzake aangelegenheden, waarvan gezegd kan worden, dat zij diep reiken in de ziel van Java's volk, dienen wij dat volk niet alleen toe te staan, haar eigen opvattingen en inzichten te mogen kenbaar maken, doch ook hen in de gelegenheid te stellen om practisch, in eigen gemeenschap, naar eigen gewoonten en gebruiken, werkzaam te mogen zijn. Het scheppen van waterschappen in Balischen trant moge voorloopig nog een illusie blijven, onmiskenbaar zal door bovenvoorgestelde waterverdeeling, de tani daadwerkelijk meer medewerken in eigen huishouding, waardoor de dessagemeenschap zal opleven en dus sterker zal worden. De gansche psyche immers van den Javaan is vastgegroeid aan den eigen landbouw, aan het water, toegevoerd aan zijn grond, aan het tertiaire vak.

Wij dienen van deze eigenschap van den Javaan gebruik te maken, niet door terugkeer naar oude methoden, doch door een herziening van de tegenwoordige regeling.

Zij zal een belangrijke bezuiniging aan Irrigatiepersoneel opleveren; mede zal zij den Sectieingenieur ontlasten van veel administratief contrôlewerk, waardoor de Dienst der Irrigatie in het algemeen kans krijgt, productiever werkzaam te worden.

Waterbeheer en Waterschappen*)

Repliek door ir. P. L. E. HAPPÉ.

In het laatste Februari-nummer van dit tijdschrift verscheen een 2-tal artikelen, welke een bestrijding bedoelen van mijn publicatie over bovenstaand onderwerp in *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 11 — 1935. Deze artikelen geven mij aanleiding tot de volgende opmerkingen.

Ad. 1. Statistische gegevens en eenige kritische beschouwingen omtrent invoering van bevloeiingscorporaties op Java, door ir. J. H. van Witzenburg.

In het eerste deel van dit artikel tracht de schrijver aan te toonen, dat de zooveel grootere gemiddelde opbrengsten der Balische sawah's, vergeleken bij die van Java, niet een gevolg zijn van den zooveel hoogeren trap, waarop de rijstcultuur op Bali staat, maar van een vruchtbaarder bodemgesteldheid. Immers, „ook op Java kunnen, zonder het instituut van bevloeiingscorporaties, padioogsten verkregen worden, die niet onderdoen voor die op Bali".

Tot staving van deze uitspraak worden dan verschillende groote oogstcijfers vermeld. Zeker, maar op die gronden zou de Balinees met zijn zooveel betere cultuurmethoden ongetwijfeld een nog veel grooteren oogst behaald hebben. Die cijfers bewijzen dus niets. Trouwens ook op Bali komen gebieden voor met oogsten veel grooter dan de gemiddelde; zoo bedroeg in 1933 de gemiddelde oogst van de *geheele* afdeeling Djembrana 54 picol droge rijst per bouw.

Intusschen blijkt uit die medegedeelde oogstcijfers, waarvan de grootste meest afkomstig zijn van gebieden in Besoeki, die betrekkelijk kort geleden in cultuur werden gebracht, dat het Java-gemiddelde daardoor zeer gunstig is beïnvloed, zoodat ik tot mijn schrik moet constateeren dat, wanneer men deze exceptioneele gebieden buiten beschouwing laat, de gemiddelde Java-oogst, vergeleken bij 50 jaren geleden, zelfs niet eens constant is gebleven, maar achteruit is gegaan.

Nu kan men dit, niettegenstaande de groote irrigatiewerken en de vele bevloeiingsverbeteringen, die tot stand zijn gekomen, wijten aan het in cultuur brengen van daartoe minder geschikte gronden en blijven *veronderstellen*, dat intensiveering van het westersche waterbeheer tot grootere oogsten zal leiden, de practijk wijst echter anders uit.

Beschouwen we daartoe het Pemali-gebied, dat als een voorbeeld geldt van een onder westersche leiding staand bevloeiingsgebied en waar, méér dan in eenig ander gebied, intensiveering, zoowel van waterbeheer als van landbouw plaats heeft.

Kort vóór de eeuwwisseling kwamen hier de beroemde irrigatiewerken van Lamminga tot stand, waardoor de bestaande bevloeiingstoestanden zeer werden verbeterd.

De 5-jarige gemiddelde opbrengsten, geput uit de B.O.W.-jaarverslagen, berekend over alle 5 (later: 6) golongans, bedroegen in dit gebied in pic./bouw

1900 — 1905	39,9	gemiddeld 15 jaren 40,4
1905 — 1910	37,7	
1910 — 1915	43,5	
1915 — 1920	40,–	gemiddeld 16 jaren 38,9
1920 — 1925	38,8	
1925 — 1930 *)	38,5	
1930 — 1933 **)	38,3	

*) alleen berekend over 1926, 1927 en 1930, omdat de cijfers van 1928 en 1929 niet verkrijgbaar waren.

**) Gemiddelde van Oost- en West-Pemali, geput uit de jaarverslagen van de Irrigatieafdeeling „Pemali-Tjomal"; cijfers van 1934 en 1935 waren niet verkrijgbaar.

Instede van een vooruitgang in den loop der jaren — immers in de beginjaren na 1900 dacht men nog niet zoo aan intensiveering — is eerder een achteruitgang merkbaar. Ik wil er hier direct bijvoegen, dat ik dit resultaat allerminst wijt aan onze landbouwkundigen, wier bekwaamheid algemeen erkend is. Maar, zooals ik eens reeds gelegenheid had op te merken, intensiveering in het groot zal *geen* resultaat afwerpen, zoolang het voornaamste daarbij betrokken materiaal, de tani, geen zelfwerkzaamheid vertoont en zoolang hij „gemaszregeld" wordt. Eerst moeten de oorzaken van zijn minderwaardigheidsgevoel weggenomen worden, *dan pas zal intensiveering onder landbouwkundige leiding nut afwerpen.*

Ir. van Witzenburg meent verder het feit te kunnen weerleggen, dat de hoeveelheid water, welke in de rivieren per bevloeide bouw beschikbaar is, op Bali gemiddeld kleiner is dan op Java en voert daartoe eenige alinea's aan uit een artikel van mijn hand gepubliceerd in *De Waterstaats-Ingenieur* No. 10 — 1916.

Hierin noemde ik de debieten der Zuid-Balische rivieren, ook in den oostmoesson, zeer ruim en constant, niettegenstaande den geringen gemiddelden regenval van 1 676 mm 's jaars.

*) Onder „Mededeeling der Redactie" is in No. 4 — 1936 van dit tijdschrift vermeld, dat van ir. Happé een repliek werd ontvangen op de in No. 2 — 1936 gepubliceerde artikelen van ir. J. H. van Witzenburg en van irs. L. J. Polderman en J. F. Graadt van Roggen, waaraan eerst plaatsing zou worden verleend na ontvangst van het antwoord zijner opponenten. Daar dit antwoord thans ontvangen is, volgen onder bovenstaanden titel achtereenvolgens: de repliek van ir. Happé, de duplieken van ir. van Witzenburg en van irs. Polderman en Graadt van Roggen en het slotwoord van ir. Happé. De discussie over bovenstaand onderwerp wordt hiermede van redactiewege gesloten. Red.

Het behoeft echter niet nader betoogd te worden, dat men dit „ruime" beschouwen moet in verband met dien kleinen regenval en dat men daaruit niet moet opmaken, dat de Zuid-Balische rivieren wonderdebieten afvoeren.

Wanneer men dan verder weet, dat b.v. de voornaamste bevloeiingsrivier in Gianjar, de Pekrisan, ruim 140 bouw bevloeit per km² stroomgebied, dan geloof ik wel dat een ieder mij zal toegeven dat, in verband met dien regenval van 1 676 mm de omstandigheden, althans wat de westmoessonbevloeiing betreft, hier op Java gemiddeld zeker niet slechter zijn. Bovendien kan ik naar het landschap Karangasem in Oost-Bali verwijzen, waar een zoodanig watergebrek heerscht, dat alle sawah's er niet eens éénmaal per jaar beplant kunnen worden. Hier brengen 2 jaarlijksche beurtwisselingen uitkomst.

Er bestaat derhalve volstrekt geen aanleiding om de 100% grootere Bali-oogsten toe te schrijven aan ruimere bevloeiing; evenmin kan men ze op voldoende gronden aan vruchtbaarder bodemgesteldheid wijten. Laat ik echter aannemen, dat de Balische bodemgesteldheid voor een deel aan die grootere oogsten debet is. Niemand echter, die de werking der soebakorganisaties heeft medegemaakt en die de groote interesse heeft gezien, welke deze organisatie bij den tani voor den landbouw heeft ontwikkeld, niemand, die de groote zorg heeft bewonderd, welke de Balinees voor zijn aanplant en zijn bevloeiingswerken heeft, zal eraan twijfelen, dat die hoogere productie voor het andere deel uitsluitend een gevolg zijn van deze omstandigheden.

En aangezien het nu een gebiedende eisch wordt om, in verband met de bevolkingstoename, de gemiddelde opbrengst per bouw van de Javaansche sawah's op te voeren, ligt het voor de hand, waar de tegenwoordige intensiveeringsmethoden weinig resultaat hebben, een anderen en natuurlijkeren weg in te slaan, vooral wanneer deze gepaard gaat met zulke groote nevenvoordeelen.

In het 2e deel van zijn artikel memoreert ir. v a n W i t z e n b u r g de Pategoewanregeling, het waterbeheersysteem, dat — volgens opponent — niet zooveel zou afwijken van het irrigatiesysteem in Bali. Volgens ir. v a n W i t z e n b u r g „scheen (deze regeling) aanvankelijk aan het gestelde doel te beantwoorden, doch een voortzetting van de proefneming in andere gebieden gaf minder gunstige resultaten".

Met deze laatste uitspraak is deze regeling echter volstrekt niet voor mij veroordeeld. Zooals straks, bij de beantwoording van het tweede artikel zal blijken, worden ten aanzien van het al of niet gelukken van een waterbeheersysteem vaak uiterst lichtvaardige conclusies getrokken.

De vraag waar het bij mij om gaat is: hebben degenen, die deze regeling in andere gebieden wilden invoeren er ook de psychologische zijde van begrepen? In mijn publicatie „Een beschouwing over het Zuid-Balische soebakwezen en haar verwording, in verband met de voorgenomen vorming van waterschappen in Ned.-Indië (*Indische Gids* No. 2 — 1919) heb ik er reeds omstandig op gewezen, hoe het niet voldoende begrijpen van alle voorname factoren, die aan een waterschapswezen vast zitten, oorzaak is, dat op Bali zelf, met de voorbeelden naast de deur, mislukkingen zijn voorgekomen bij de vorming van nieuwe soebaks.

In dit geval lag de oorzaak daaraan, dat door de Bestuursambtenaren voornamelijk de technische zijde van het vraagstuk niet goed begrepen was. Bij ingenieurs bestaat daarentegen het gevaar, dat de psychologische zijde van zoo'n zaak over het hoofd wordt gezien.

Waar ir. v a n W i t z e n b u r g nu als oorzaak van de slechte resultaten met het Pategoewanstelsel allerlei bezwaren opsomt van technischen aard — die allen ondervangen hadden kunnen worden! — en den menschelijken factor, die een der hoofdzaken was bij dit stelsel, dat aan de ingelanden zoo'n groote vrijheid liet, buiten beschouwing laat, verwonderen mij die slechte resultaten dan ook heelemaal niet.

In het Pategoewangebied zelf heeft het stelsel echter uitstekend voldaan. Niet „aanvankelijk" maar geruimen tijd, n.l. zoolang de ontwerpers ervan, de ingenieur W e y s, een onzer grootmeesters der irrigatie, en de Assistent-Resident T e r M e u l e n, de leiding ervan hadden, en verder zoolang als hunne opvolgers in den geest der ontwerpers bleven doorwerken.

Na ongeveer 4 jaren in werking te zijn geweest, werd van dit stelsel getuigd, dat het uitstekend voldeed — zie *Kol. Verslag* 1899 —. Acht jaren later, bij den grooten strijd over de Demaksche waterregelingen, adviseerde de toenmalige Resident van Semarang, d e V o g e l, bij schrijven van 22 Februari 1906 No. 551/16 aan den Directeur B.O.W., om de Pategoewanregeling in te voeren, aangezien deze, als zijnde de eenvoudigste en de bevolking de meeste vrijheid latende, zijns inziens de voorkeur verdiende.

De Pategoewanregeling werd dus, na 12 jaren leven, door een kenner van het volk nog zoo kwaad niet bevonden. Dat echter de Pemaliregeling, waarbij het werk van den tani volgens formules en cijfers wordt vastgelegd, een stelsel is, dat meer geschikt is om door ingenieurs beheerd te worden, valt niet te ontkennen. Of echter, menschkundig gesproken, zoo'n systeem van onmondighouding van den tani gewenscht is, is een tweede. Hierdoor immers wordt de toch al niet groote drang tot zelfwerkzaamheid bij hem heelemaal verlamd.

Nu meent ir. v a n W i t z e n b u r g, dat men in de Irrigatieafdeeling „Pemali — Tjomal" met de oeloe-oeloe regeling — waarover straks meer — den tani tot zelfwerkzaamheid brengt. Het is maar, wat men onder zelfwerkzaamheid verstaat. In *De Waterstaats-Ingenieur* No. 8 — 1916 vindt men een uitvoerige beschrijving van ir. N u m a n s betreffende de door hem ingevoerde arbeidsregeling voor het onderhoud van de leidingen in bovengenoemd gebied. In het kort komt deze regeling hierop neer.

In een vak worden eerst de verschillende soorten leidingen, n.l. aanvoer-, afvoer- en spruitleidingen, nauwkeurig opgemeten. Deze lengten vermenigvuldigt men resp. met 4, 1 en 2. De som van deze gereduceerde lengten wordt nu verdeeld onder de onderhoudsplichtige sawahbezitters, in evenredigheid aan

het oppervlak van hun sawahs. Iedere sawahbezitter krijgt dus een bepaalde lengte gereduceerde leiding in onderhoud, welke lengte al naar gelang zijn aandeel een aanvoer- of spruitleiding betreft, eerst nog gedeeld wordt door 4 of 2. Verder wordt er bij de toewijzing der leidinggedeelten, na onderzoek ter plaatse, nog zooveel mogelijk rekening mede gehouden, dat deze gedeelten zoo dicht mogelijk bij de sawah van den onderhoudsplichtige moeten zijn gelegen. Tenslotte wordt ieder leidinggedeelte nog afgebakend door middel van houten borden, voorzien van den naam van den onderhoudsplichtige, welke naam bovendien ook nog in een register wordt aangeteekend.

Volgens mijn opvatting is dit geen zelfwerkzaamheid, maar het baboesysteem in zijn vollen omvang. Nu kan men wel vinden, dat met al dit technisch volmaakte werk van formules en cijfers een billijke arbeidsverdeeling wordt bereikt, maar waar blijft dan de grens? Is deze methode goed, dan zij men consequent en voere ze overal in; alleen voor de Provincie Midden-Java zou dit dan echter reeds neerkomen op het berekenen en uitzetten van een paar millioen leidinggedeelten.

Hoeveel eenvoudiger, minder kostbaar en voor den tani begrijpelijker is dan echter niet de arbeidsverdeeling aan de waterwerken op Bali; zonder contrôle van boven en zonder formules worden die werken aldaar keurig onderhouden in gemeenschap en volgens een regeling, die niet door *ons*, maar door den *tani* de billijkste wordt gevonden.

Dat de rijstcultuur zich op Bali zoo heeft kunnen ontwikkelen, is voor een zeer groot deel dáaraan te danken, dat de Balinees het aan zijn velden toegevoerde aandeel water als zijn *bezit beschouwt*. Hij betaalde daarvoor vroeger retributie en heeft er die zorg voor, welke slechts uit een bezitsgevoel kan voortspruiten. Nochtans is hierbij van vaste bezitsrechten geen sprake; de vorst kon, waar hij het maar wenschte, water aan de rivieren onttrekken en kon dus over water altijd zijn souvereine rechten laten gelden.

Door het ontbreken van willekeur bij de verdeeling ervan, is de Balinees echter zijn aandeel water als zijn bezit gaan beschouwen, zoodat het waarde voor hem heeft. Vandaar dat wanneer bij waterschaarschte beurtregelingen noodig zijn, hij spreekt van *uitleenen* van zijn aandeel of een gedeelte ervan.

Of hij zijn aandeel ongebruikt zou mogen laten wegvloeien, terwijl er elders behoefte aan bestaat, weet ik niet. Dit is echter een verondersteld geval, dat zich even zelden zal voordoen als dat van den man, die zijn geld in de rivier keilt. Immers, zou een tani zijn aandeel water niet noodig hebben, dan zijn er altijd soebakgenooten, aan wie hij het kan uitleenen en van wie hij het later weer terugkrijgt. Alleen bij wateroverv loed zou op uitleenen geen kans bestaan; maar dan zou zijn ongebruikte water elders ook geen nut afwerpen.

Op grond van bovengenoemd verondersteld geval, dat het bewijs moet vormen, dat het water bij het Balische systeem niet nuttig wordt aangewend, is ir. van Witzenburg er tegen, dat een zoodanig systeem van waterverdeeling op Java wordt ingevoerd, want: „Bij elke waterregeling blijve als hoofdbeginsel voorop staan: een zoo nuttig mogelijk gebruik van het beschikbare water".

Wel, dit is ongetwijfeld het eenige goede beginsel dat denkbaar is, vooral wanneer het begrip „nuttig" zich niet alleen beperkt tot de landbouwtechnische zijde van het vraagstuk, maar wanneer daarin ook betrokken worden de voor den Indischen Staat van groot gewicht zijnde ethische imponderabiliën, als tevredenheid van de bevolking, rechtsgevoelbevrediging enz. Er is geen landstreek, waar dit beginsel meer in toepassing wordt gebracht dan op Bali; de cultuur-resultaten en de tevredenheid van den tani wijzen het uit. Of dit juiste beginsel echter even goed te bereiken is, wanneer de overheid de zaak regelt, valt te betwijfelen.

De tani, individueel of in gemeenschap, beschikt toch over een veel grootere kennis van landbouwaangelegenheden, gevestigd op jarenlange ondervinding, dan het irrigatiehoofd. Beter dan deze, zal hij voor het gebied dat hij overziet, kunnen beoordeelen, wat en hoeveel hij, in verband met de grootte van zijn wateraandeel, kan planten. Hierdoor komt hij er dan ook toe, om bouwende op eigen inzichten andere cultuurmethoden te beproeven. Zoo komt dan die cultuur tot ontwikkeling, terwijl tevens het water tot zijn hoogste nut aangewend zal worden.

Onze waterverdeeling echter, in theoretisch volmaakte formules uitgedrukt, bevat als hoofdfactor: het aangenomen waterbehoeftecijfer van de plant. Is dit aangenomen waterbehoeftecijfer juist — allen die daaromtrent proeven doen, krijgen echter verschillende uitkomsten! — dan zal onze waterverdeeling, *wanneer ze tot in het tertiaire vak kon worden voortgezet*, inderdaad ook perfect zijn, althans van een *zuiver technisch* standpunt bezien.

Hoe staat het echter met de juistheid dier waterbehoeftecijfers? Keeren we daarvoor terug naar het Pemaligebied.

Voor dit gebied werd een 5-deelige golonganregeling ontworpen. De ontwerper voelde wel de bezwaren, die aan zoo'n groot aantal golongans zijn verbonden, maar met het oog op het gemiddelde westmoessondebiet van de Pemali-rivier, kon het nu eenmaal niet met minder; anders zouden aan de sawah's niet de volle waterbehoeftedebieten verstrekt kunnen worden en zou de oogst gedeeltelijk mislukken.

In den westmoesson 1902 — 1903 nu kwam een geweldige droogteperiode voor. Niet alleen dus, dat de sawah's geen regenwater ontvingen, maar het debiet van de Pemali daalde en werd zoo gering, dat men einde December moest overgaan tot een beurtregeling met $\frac{1}{3}$ van de noodig geachte hoeveelheden. En ziet, instede, dat de oogst nu voor $\frac{2}{3}$ mislukte, bedroeg de *gemiddelde* opbrengst van het Pemaligebied 43,1 picol droge padi per bouw; men behaalde dus een topproductie.

Uit het bovenstaande kan blijken, hoe weinig wij nog van de waterbehoefte der verschillende cultures afweten en hoe voorbarig het is, op grond van kleinere of anders verstrekte debieten, dan die volgens de aangenomen behoefte, direct „oogstmislukking" te verwachten. Voor de Bestuursambtenaren, op wie dit woord als de duvel uit het doosje werkt, moge het te-

vens een leering zijn, zich bij hunne voorstellen en beslissingen niet te spoedig door dit woord te laten beinvloeden.

Tenslotte meent ir. v a n W i t z e n b u r g, op wiens bezwaren betreffende het inschakelen van de suikercultuur in het gepropageerde nieuwe waterbeheersysteem ik bij de beantwoording van het 2e artikel zal ingaan, het als een gevaar te moeten beschouwen, dat bij een ander — eenvoudiger — systeem van waterverdeeling, de bestaande verdeelwerken in onbruik zouden geraken. Dit bezwaar begrijp ik niet. Tot dat andere systeem immers zou pas overgegaan kunnen worden, nadat uit ernstige proeven zou zijn gebleken, dat dit nieuwe stelsel verkieslijker is. Maar dan moeten we er ons slechts over verheugen, met een eenvoudiger en goedkooper stelsel van verdeelwerken te kunnen volstaan.

Dat men zulke eenvoudige verdeelwerken niet dagelijks voor allerlei standen zal kunnen verstellen, om aan de zgn. oogenblikkelijke waterbehoefte van den aanplant te voldoen, is geen bezwaar, omdat met die evenredige waterverdeeling gepaard kan gaan het principe van gemiddelde waterbehoefte over een langere periode. Ook bij beurtregelingen zullen dan slechts wijzigingen noodig zijn volgens een *vaste* evenredigheid en dan nog meestal voor een langdurige periode.

Dat ik op grond van de mindere geschiktheid tot die — onnoodige — verstelbaarheid der Balische verdeelwerken, deze 20 jaren geleden „gebrekkig" noemde, is volstrekt nog geen bewijs, dat ze niet aan hun doel beantwoorden. Wel echter, dat ze minder geschikt zijn voor de vele golongans met een gering phaseverschil, die ik toen, in navolging van de regelingen op Java, blijkbaar wenschte.

In den loop der jaren en niet het minst doordien ik op veel verschillend gebied ben werkzaam geweest, heb ik echter leeren inzien, dat in de bevolkingsmethoden veel elementen schuilen, die wij niet begrijpen of onderschatten en dat onze techniek met formules, welke wij als een panacée daartegenover stellen, veelal niet zal voldoen, doordien ze zich niet harmonisch aanpast aan het volkseigen.

Ad. 2. Is invoering op Java van watergemeenschappen in den geest van de Balische Soebaks gewenscht? door irs. L. J. P o l d e r m a n en J. F. G r a a d t v a n R o g g e n.

Allereerst pogen de schrijvers onder het hoofd „Doelstelling" de gronden te bestrijden, welke voor de wenschelijkheid van de invoering van een ander waterbeheersysteem (watergemeenschappen) zijn aangevoerd.

Een van de voornaamste dezer gronden betrof de hooge kosten van het huidige waterbeheer. Volgens de irs. P o l d e r m a n en G r a a d t v a n R o g g e n kostte dit in 1934 in het Pemali-Tjomal-gebied aan mantri's en mandoers *f* 0,42 per bouw, bevloeide en wilde gebieden tezamen genomen.

Inderdaad is dit niet veel; ditzelfde cijfer echter aanhoudende voor geheel Midden-Java met, naar ik meen, 1¼ millioen bouw sawah, komt men echter toch nog op ruim ½ millioen gulden, wanneer eenmaal dit goedkoopste waterbeheer overal zal zijn ingevoerd. Op de begrooting van de Provincie Midden-Java, groot rond *f* 6 millioen, dus geen te verwaarloozen kleinigheid.

De irs. P o l d e r m a n en G r a a d t v a n R o g g e n vergeten echter bij hun opgave nog het aandeel in rekening te brengen van de hoogere leiding in het waterbeheer, de kwestie waar het, in verband met de uitbreiding van het ambtenarencorps om gaat.

Het beste laat zich dit aandeel bepalen, door vergelijking met den toestand van 25 jaren geleden. Toen ter tijde had het waterbeheer nog niet zoo intensief plaats, terwijl men in de irrigatieafdeelingen minstens evenveel project- en uitvoeringswerk had als nu. Het meerdere personeel (ingenieurs, opzichters en kantoorpersoneel) van thans, vergeleken bij toen, komt dus hoofdzakelijk voor rekening van dat intensiever waterbeheer.

Zoo beschouwd mag men voor het aandeel dier leiding zeker minstens 30% stellen.

Verder meenen de irs. P o l d e r m a n en G r a a d t v a n R o g g e n het voordeel van zelfwerkzaamheid aan dessabevloeiingswerken en waterverdeeling, uit een oogpunt van kostenbesparing, ook te kunnen bereiken met het instituut der oeloe² pembagian. Dit is de instelling, welke in het Pemali-Tjomal-gebied gekomen is in de plaats van die der oeloe² dessa, dat zijn personen, die het water in het eindvak verdeelen, maar tevens deel uitmaken, dan wel onder invloed staan, van het dessabestuur, hetgeen tot groote bevoordeeling leidt van dit dessabestuur bij de waterverstrekking.

Aan dit laatste oeloe² stelsel, dat al heel lang bestaat — R a f f l e s memoreert de oeloe² in zijn „Substance of a minute enz." — heeft genoemd bezwaar altijd gekleefd. Reeds D a e n d e l s gelastte bij instructie van 19 Juni 1808, om toezicht en leiding van de geheele rijstcultuur van het dessabestuur los te maken en op te dragen aan een Commissie van inlanders, daarmede het bewijs leverende niet alleen een groot soldaat te zijn, maaar tevens een open oog te hebben voor sociale zaken.

Zoo werden ook in het Pemaligebied de dessa oeloe-oeloe's omstreeks 1900 vervangen door oeloe-oeloe's gekozen door de sawahbezitters van een eindvak.

Na allerlei moeilijkheden inzake hun bezoldiging, is deze thans zóó geregeld, dat de oeloe² pembagian zijn tractement uit handen van den Irrigatiedienst ontvangt. Ook kan hij, indien de Irrigatiedienst tevreden over hem is, een vlijtpremie ontvangen. Omtrent zijn werk ontvangt hij instructies en aanwijzingen van een irrigatieambtenaar, n.l. den mantri waterbeheer.

De oeloe² pembagian voelt zich dus een ondergeschikte van den Irrigatiedienst, hetgeen hij feitelijk in wezen ook is. In zooverre is dit instituut dus een consequente doorvoering van het bestaande stelsel van centralisatie van het waterbeheer bij den Irrigatiedienst.

Doordien hij geen ondergeschikte meer is van het dessabestuur, zijn de wantoestanden bij de waterverstrekking veel verbeterd, zoodat de afdeeling Pemali — Tjomal in dit opzicht een goed figuur slaat tegenover gebieden op Java, waar de dessa oeloe-oeloe nog voorkomt.

Dat de ingenieurs van Pemali — Tjomal hierover enthousiast zijn, is begrijpelijk; men moet echter wel zéér optimist zijn, om aan de oeloe[2] pembagian — feitelijk mandoers voor de waterverstrekking — nog de verdere perfectionismen toe te schrijven, welke in het artikel der irs. Polderman en Graadt van Roggen worden genoemd.

Zoo zou door deze instelling de zelfwerkzaamheid der bevolking gestimuleerd worden. Hoe het met die zelfwerkzaamheid inzake het onderhoud der leidingen in het tertiaire vak is gesteld, heb ik boven reeds uiteengezet.

Verder heeft deze instelling (zie artikel ir. J. F. Graadt van Roggen in *De Waterstaats-Ingenieur* No. 4 — 1932) „bewezen zeer veel bij te dragen tot het verkrijgen van zoo groot mogelijke resultaten met de aangelegde irrigatiewerken, waardoor de rentabiliteit van de in die werken gestoken kapitalen wordt verhoogd". Blijkens het hier tevoren opgegeven staatje van de oogstresultaten over 1900 — 1933 is van die verhoogde rentabiliteit nog niet veel te bespeuren.

Voorts zou ermede bereikt zijn een „decentralisatie, die de bevolking een vruchtbare training in zelfwerkzaamheid gaf, merkbaar vooral bij het als regel goed opvangen van de vele getroffen crisismaatregelen op landbouwkundig-economisch terrein". Die vruchtbare training geschiedt dus bij de verkiezingen. Maar in dit opzicht is de bevolking toch al getraind door de verkiezingen van de dessahoofden?

Tenslotte halen de irs. Polderman en Graadt van Roggen eenige regels aan uit de proefschriften van dr. Adam en dr. Haga, welke hunne instemming heeft, en bevelen „voor de inderdaad noodige opwekking tot hernieuwde zelfwerkzaamheid op Java", het beproefde oeloe[2] pembagianstelsel aan. Ik zou naar aanleiding hiervan de vraag willen stellen: meenen de schrijvers werkelijk, dat met het verkiezen van zoo'n irrigatie-ambtenaar de grens van het kunnen op zelfwerkzaamheidsgebied bij den tani is bereikt?

Irs. L. J. Polderman en J. F. Graadt van Roggen gaan in het 2e deel van hun artikel over tot een vergelijking tusschen Java en Bali uit klimatologisch, topografisch, geologisch en technisch oogpunt. Deze zeer gedegen en interessante studie gaat echter buiten de kern der zaak om. Dezelfde verschillen en nog grootere treft men op Bali zelf aan tusschen Karangasem en Zuid-Bali en toch floreert het soebakwezen in Karangasem. Ook in Bali komen complexen voor van 5 000 en 8 000 bouw grootte, bevloeid vanuit 1 prise d'eau. Ook in deze gebieden werkt het zulke schitterende resultaten afwerpende soebakstelsel. Nu kan men, wanneer men tegen dit stelsel gekant is, slechts óf de voordeelen ervan trachten te verkleinen of te ontkennen, hetgeen echter heel moeilijk is, aangezien de bestaande bewijzen en gegevens anders uitwijzen, óf trachten aan te toonen, dat de Javaan nog niet rijp is voor samenwerking in gemeenschapsverband. Verschillen in klimaat, topografie, techniek en geologie leveren dit bewijs echter niet. Wel in zekeren zin de door irs. Polderman en Graadt van Roggen vermelde omstandigheid „dat het soebakstelsel in Zuid-Lombok, waar het na de verovering door de Baliërs ook werd ingevoerd en opgelegd, een kwijnend bestaan bleef lijden, omdat dat stelsel niet werd aangevoeld en beleefd door de autochthone bevolking en alleen beschouwd werd als van boven opgelegd".

Dit motief zou inderdaad tegen invoering van een watergemeenschapswezen op Java pleiten, *indien* die mededeeling juist was en *indien* men den Javaan even hoog aansloeg als den Sassakker.

Hetgeen mij echter van het soebakwezen op Lombok bekend is, komt hierop neer, dat het in het door de Baliërs veroverde gebied West-Lombok is ingevoerd en zeer goed voldoet, alhoewel aldaar, tengevolge van den grooten waterrijkdom der rivieren, minder noodzaak tot samenwerking bestaat.

In Oost-Lombok heerscht groote waterschaarschte, terwijl Zuid-Lombok geheel verstoken is van water. Hier in Zuid-Lombok komt de vlakte van Praja voor, groot ruim 40 000 bouw, welke volkomen en geheel van regen afhankelijk is.

In deze vlakte van Zuid-Lombok nu, moet naar ik van ir. R. M. Notodiningrat, die langen tijd in Lombok bij den Irrigatiedienst is werkzaam geweest, vernam, een poging gedaan zijn om het soebakwezen in te voeren. Niet door de Baliërs, die dat gebied bij mijn weten nimmer veroverd hebben, maar door de Ned.-Indische overheid.

Dat die soebaks daar een kwijnend bestaan lijden, wil ik graag gelooven; zonder prise d'eaux, zonder leidingen en zonder water, lijken mij waterschappen moeilijk te kunnen bloeien.

Het gaat dus niet aan hieruit te concludeeren, dat de Sassakker niet geschikt is „voor de democratische soebakinstelling, die zich uit de historie heeft ontwikkeld en geheel in de bevolking leeft".

De werkelijkheid is bovendien anders. In een aan West-Lombok grenzend bovengebied, waar nog water voorkomt, maar dat toch door Sassakkers is bewoond, zijn soebaks opgericht, die aan hun doel beantwoorden.

Waar nu de Javaansche tani ongetwijfeld op een veel hooger peil van ontwikkeling staat dan den — ook Mohammedaanschen — Sassakker, heeft dus de door de irs. Polderman en Graadt van Roggen aangevoerde vergelijking met de soebaks in Lombok mij juist in de overtuiging gesterkt, dat watergemeenschappen op Java mogelijk zijn.

Wanneer ik de bezwaren, aangevoerd door de irs. Polderman en Graadt van Roggen tegen de invoering van watergemeenschappen op Java, nader resumeer, dan kom ik tot de conclusie, dat deze bezwaren óf gemakkelijk te ondervangen zijn, óf juist pleiten vóór de invoering dier watergemeenschappen. Immers:

a. Verschil in waterrijkdom.

Zooals ik reeds uiteenzette, komen op Bali zulke waterarme streken voor — Karangasem — als men nergens op Java aantreft. Juist in deze streken heeft het soebakwezen, aangezien het hier het meest noodig was, zijn hoogste ontwikkeling bereikt. Het principe van evenredige verdeeling sluit niet uit, dat

ook hier de polowidjo-aanplant bij beurtregeling soms slechts 2 × gedurende een geheelen oostmoesson bevloeid wordt. Dit soebakwezen is juist een waarborg voor een zoo nuttig en billijk mogelijke verdeeling van het water, nuttiger en billijker, dan bij centrale verdeeling mogelijk is. Mochten dus op Java streken voorkomen, waar de oostmoessondebieten gering zijn, geringer zelfs dan in Zuid-Bali, dan kan dit slechts *te meer* pleiten voor de invoering van watergemeenschappen.

b. Verschil in aard der kunstwerken.

Dat de kunstwerken op Java meer onderhoud zouden vorderen dan die op Bali is niet juist. Dit is ook begrijpelijk wanneer men bedenkt dat, zooals de irs. Polderman en Graadt v. Roggen zelf mededeelen, in Gianjar b.v. 1 prise d'eau op gemiddeld 125 bouw voorkomt en deze prise d'eaux ieder op zichzelf groote kunstwerken zijn. 20 Jaren geleden reeds waren de Balineezen genegen voor het permanent maken van zoo'n prise d'eau vele jaren lang *f* 4,— per bouw per jaar te betalen. Evenwel zie ik niet in, waarom onze Irrigatiedienst, wanneer ze de tertiaire waterverdeeling niet meer zou bewerkstelligen, niet het onderhoud der kunstwerken zou blijven verzorgen.

Dit is *technisch* werk, het ware werk voor dezen technischen dienst, terwijl het waterbeheer uiteraard meer bij den landbouwkundigen dienst thuis behoort, temeer waar deze dienst tegenwoordig ook irrigatie in haar leerprogram heeft staan. En waarom zouden de tani's dit onderhoud plotseling moeten betalen?

Dat de ombouw der verdeelwerken tot overlaten met evenredige kruinslengten zulke hooge kosten zou vorderen, betwijfel ik ten zeerste. Meerendeels bestaat die evenredige verdeeling reeds tot en met de secundaire vakken. Het gaat dus hoofdzakelijk om ombouw van de tertiaire inlaten, hetgeen op den bestaanden onderbouw zeker voor een paar tientjes per inlaat mogelijk zal zijn. Deze ombouw is echter bovendien niet eens noodzakelijk; ik stelde ze slechts voor als *bezuinigingsmaatregel*, opdat deze verdeelwerken niet meer, zooals thans, iederen dag versteld behoeven te worden, hetgeen groote personeelsuitgaven vordert.

c. Economische en sociaal-psychologische verschillen.

Zooals ik aantoonde, pleiten de aangevoerde motieven juist vóór de invoering van watergemeenschappen.

d. Overgangstijd.

De schrijvers halen hier weer het bekende duveltje uit het doosje te voorschijn, n.l. „achteruitgang der productie". Laat ik er echter nogmaals den nadruk op leggen, *dat ik niet vóór het invoeren van een watergemeenschapswezen ben, zoolang ernstige proeven dienaangaande niet de superioriteit ervan bewezen hebben.*

Is dit gebeurd, dan kan zeer geleidelijk, b.v. over een tijdsverloop van 20 jaren, verdere invoering plaats hebben.

Natuurlijk zal zulks eerst moeten gebeuren in de uitgestrekte gebieden, waar nog geen of weinig suikercultuur bestaat. Schieten de watergemeenschappen daar wortel en bewijzen ze daar hun bestaansrecht, dan pas zal men ertoe kunnen overgaan ze ook in de suikergebieden in te voeren. Maar dan hebben die watergemeenschappen hun doelmatigheid reeds bewezen en zal men ook zeker geen bezwaren inbrengen tegen een noodige wijziging van de grondhuurordonnantie, een wijziging die echter alleen een paar bepalingen, maar niet den geest ervan, betreft.

De heeren Polderman en Graadt v. Roggen meenen, dat het inhuren van een tertiair vak in zijn geheel tot de economische onmogelijkheden behoort. In mijn publicatie heb ik er echter reeds op gewezen, dat in zoo'n kring altijd gronden zullen voorkomen, die *niet* ingehuurd zullen worden. Evenals echter thans door een fabriek zooveel mogelijk de gronden worden ingehuurd, behoorende tot het bekende $\frac{1}{3}$ deel der dessagronden, zullen bij het nieuwe systeem zooveel mogelijk de gronden, behoorende tot 1 kring, ingehuurd worden. In wezen blijft de toestand dus precies dezelfde.

Voorts meenen de irs. Polderman en Graadt v. Roggen evenals ir. v. Witzenburg, dat bij evenredige waterverdeeling het nachtwater der suikerkringen ongebruikt zou wegloopen. Nogmaals zij erop gewezen, dat die evenredige verdeeling beurtregelingen zeer goed mogelijk maakt. Men kan zoo'n evenredige verdeeling b.v. 2 × 's jaars instellen, maar in de tusschentijden, evenals zulks op Bali geschiedt, beurtregelingen treffen. Het gaat dan echter niet om het dagelijks instellen der inlaten op een bepaald debiet, maar om het geheel — of gedeeltelijk volgens een *vaste* verhouding — afsluiten der overlaten, hetgeen heel wat eenvoudiger is en evenals op Bali door een tani kan geschieden.

Op Bali b.v., waar de *echte* dag- en nachtregeling bestaat, treft men die veranderingen dus 2 × per etmaal. Met echt bedoel ik dan de regeling geboren uit *werkelijk* watergebrek.

De dag- en nachtregeling op Java echter, welke men aantreft tusschen suikerriet- en bevolkingsaanplant, is in wezen niet ontstaan uit watergebrek, maar uit de moeilijkheid om het water in het tertiaire vak behoorlijk tusschen suikerriet- en bevolkingsaanplant te verdeelen. Ze is dus een gevolg van onvolledig beheer, hoewel ze in streken waar inderdaad weinig water beschikbaar is, ook aan het bezwaar tegemoet komt, dat het nachtwater minder goed benut wordt.

Waar echter over voldoende water beschikt wordt, daar zou dit laatste motief een mystificatie zijn.

Wanneer wij aannemen, dat tegenwoordig in het Pemaligebied de dag- en nachtregeling is, om aan bovengenoemd bezwaar tegemoet te komen, dan bestond dat bezwaar toch zeker niet 25 jaren geleden, toen de oostmoessonaanplant zooveel kleiner was en men over 3 × grooter rivierdebiet beschikte dan thans. Toch paste men ook toen de dag- en nachtregeling toe.

Om aan de ethische bezwaren, welke tegen deze regeling zijn ingebracht, tegemoet te komen, heeft men op vele plaatsen op Java kringwadoeks aan-

gelegd. In hoevele gevallen nu past men niet de dag- en nachtregeling toch toe, daar waar men over een nachtwadoek beschikt? *). Dit is wel het zuiverste bewijs ervan, dat die dag- en nachtregeling, die ik voor deze gevallen de *onechte* zal noemen, een gevolg is van de moeilijkheid om een *juiste*, tevens gelijktijdige waterverstrekking te bewerkstelligen, zonder in te groote kosten voor toezichtpersoneel te vervallen.

In het door mij aangegeven systeem nu, is voor deze onechte dag- en nachtregeling, die zeker een belangrijk deel uitmaakt van alle gevallen van dag- en nachtregeling, geen plaats meer. Ook kringwadoeks zullen dan precies dienen voor het doel, waarvoor ze zijn aangelegd. Mocht die dag- en nachtregeling echter wenschelijk worden voor streken, waar inderdaad te weinig water is en geen wadoeks voorkomen, dan kan ze zonder het minste bezwaar toegepast worden; het zal dan slechts gaan om een beurtregeling *tusschen* en niet *in* de tertiaire vakken; een zeer groote vereenvoudiging derhalve.

Tenslotte merk ik op, dat ik de in mijn publicatie genoemde verhoudingen voor een kringwaterverdeeling, n.l. riet $= 1\frac{1}{2} \times$ polowidjo en in den westmoesson $\frac{1}{5} \times$ padi, slechts voor het eenvoudigste voorbeeld heb gegeven.

Het spreekt echter vanzelf, dat wanneer het gepropageerde systeem in de suikerstreken ingevoerd wordt, voor ieder bevloeiingsgebied afzonderlijk, rekening houdende met alle factoren, die waterverdeeling tevoren overwogen moet worden. Eenmaal vastgesteld zijnde, zal de uitvoering dier verdeeling, in den geest van het voorbeeld, een zeer groote vereenvoudiging, dus bezuiniging, beteekenen, vergeleken bij den thans bestaanden toestand.

*) Ten dienste van de waterverstrekking wordt de wadoek dan maar gedeeltelijk uitgenut. Na stopzetting van de waterverstrekking aan de bevolking — b.v. te 10 of 11 uur n.m. — wordt de wadoek gedurende de resteerende nachturen bijgevuld.

Dupliek van ir. J. H. VAN WITZENBURG.

Op het wederwoord van den heer H a p p é kan ik kort zijn. Ik laat het aan den aandachtigen en deskundigen lezer van mijn bijdrage in *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 2 van den loopenden jaargang over om te beoordeelen of ir. H a p p é er in dit wederwoord in geslaagd is de door mij te berde gebrachte bedenkingen tegen de door hem gepropageerde reorganisatie van het bevloeiingswezen op Java te weerleggen.

Ik vestig er slechts nogmaals de aandacht op, dat ir. H a p p é zelf er een twintigtal jaren geleden melding van maakte, dat ook op Bali *tengevolge van onvoldoende contrôle veelal diefstal van water voorkomt* en dat als gevolg hiervan ook *alle waterschappen in Zuid-Bali, naarmate ze dichter aan zee gelegen zijn, meer last van watergebrek hebben.*

Met deze reëele feiten houde men rekening, indien men op Java bevloeiingscorporaties wenscht in te stellen in den geest van de Balische soebaks!

Tot slot nog een enkele opmerking! Ir. H. geeft de bestuursambtenaren in overweging zich niet te spoedig te laten beïnvloeden door het woord „oogstmislukking", welk woord naar zijn meening op die ambtenaren als „de duvel uit het doosje" werkt. Ter motiveering van deze raadgeving memoreert ir. H., hoe weinig wij nog van de waterbehoefte der verschillende cultures afweten, als bewijs waarvan hij het een en ander mededeelt betreffende de hooge opbrengsten van den westmoessonpadiaanplant 1902/1903 in het Pemaligebied. Deze hooge opbrengsten werden, naar ir. H. mededeelt, verkregen ondanks het voorkomen van een „geweldige droogteperiode" in den westmoesson 1902/1903. „Niet alleen dus", aldus de heer H., *„dat de sawahs geen regenwater ontvingen* *), maar het debiet van de Pemali daalde en werd zoo gering, dat men einde December moest overgaan tot een beurtregeling met 1/3 van de noodig geachte hoeveelheden".

Het is mij niet bekend, waaruit ir. H. de bovenvermelde bijzonderheden geput heeft. Ik acht het daarom niet ondienstig hier ook nog te vermelden hetgeen in het B.O.W.-jaarverslag 1903 omtrent de bovenbedoelde hooge opbrengstcijfers is gepubliceerd. Op blz. 191 van dat jaarverslag staat daaromtrent het volgende:

> „De bevloeiing uit de Pemali-Brebes-hoofdkanalen had geregeld plaats. Dat de opbrengst zoo bijzonder bevredigend was, is voor een deel te danken aan den drogen oostmoesson 1902, waardoor de grond gelegenheid had goed uit te zuren, want *ook op niet bevloeide velden was de opbrengst in 1903 groot* *)".

De door ir. H. vermelde bijzonderheden over den westmoessonpadiaanplant 1902/1903 stemmen derhalve in het geheel niet overeen met hetgeen daartrent in het B.O.W.-jaarverslag is medegedeeld.

*) Cursiveering van mij. v. W.

Dupliek van irs. L. J. POLDERMAN en J. F. GRAADT VAN ROGGEN.

In Zwitserland bereikte mij de repliek van ir. H a p p é op de artikelen van de ingenieurs v a n W i t z e n b u r g, P o l d e r m a n en G r a a d t v a n R o g g e n over „Waterbeheer en Waterschappen" in het Februari-nummer van *De Ingenieur in Ned.-Indië*, benevens het slotwoord van ir. v a n W.

Door verschillende omstandigheden wat vertraagd, mogen hier ook mijnerzijds, mede namens ir. G r. v. R., nog enkele slotopmerkingen volgen.

Voor de publicaties, die ir. H. in den loop der jaren als de *versche* vrucht van zijn ervaring en studie op verschillend gebied het licht heeft doen zien, hebben

o wij steeds alle achting en waardeering gehad. Zijn jongste artikelen en repliek betreffende het bovengenoemd onderwerp vol geïdealiseerde oude soebakherinneringen en bedenkelijk gemis aan zakelijke argumentatie en aan waardeering voor de frissche Java-ervaring zijner irrigatiecollega's, waaraan hij bij ernstigen en objectieven opzet zijn soebak-„begeisterung" voor Java toch nog wel eens terdege had mogen toetsen, hebben ons echter te meer teleurgesteld.

Wij hebben sinds begin 1935 al meerdere malen gelegenheid gehad hem dit mondeling te kennen te geven en hoopten, dat onze collegiale geste in eenige meerdere objectiviteit en bezonkenheid weerklank zou vinden, maar zijn repliek geeft daar helaas niet de minste blijk van; integendeel, hij meent zijn bestrijders lichtvaardigheid en gebrek aan inzicht te moeten toeschrijven en vergeet allereerst zijn eigen betoog daarop te toetsen.

Ir. v. W. maakt zijn antwoord — en o.i. zeer geslaagd — kort en van verschillende andere zijden werd ons aangeraden niet te uitvoerig op het verweer van ir. H. in te gaan, maar wat ons geval betreft meenen wij dat het onderwerp te belangrijk is, dan dat ook wij verschillende punten van zijn repliek zonder meer zouden mogen voorbijgaan. Ook tegenover belangstellende kringen buiten den Waterstaatsdienst, doch daarmede toch intensieve bemoeienis hebbende, mag een duidelijke teekening van ir. H a p p é's strijdwijze niet uitblijven, zulks voor een juister waardebeoordeeling zijner argumenten.

1e. Een merkwaardig voorbeeld doet zich b.v. voor op blz. 139, waar ons de zakelijkheid van ir. H.'s bewering ten eenenmale ontgaat, n.l., dat op de beste gronden van Java, met proefsnitten van meer dan 90 pikol droge padi per bouw, de Balinees met zijn zooveel betere cultuurmethoden *ongetwijfeld* een nog veel grooteren oogst zou behaald hebben. Ziet, dit wordt toch wel fantastisch en is tegenover het keurige, sobere betoog van ir. v. W. wel een kolossale dooddoener, die weinig bewondering afdwingt.

2e. Dan het bewijs, dat niet het steeds groeiend percentage minder goede gronden op Java, doch het westersche waterbeheer tot kleiner gemiddelde opbrengsten zou hebben geleid, waarvoor dan verwezen wordt naar het Pemaligebied (blz. 139). De opbrengsten van den westmoesson (?) aanplant in dit gebied zouden n.l. bij vergelijking der irrigatietijdvakken 1900 — 1915 met 1915 — 1933 een daling vertoonen, die circa 4% bedraagt. Geheel wordt daarbij echter uit het oog verloren, de belangrijke invloed, die b.v. de daling der gemiddelde Pemalidebieten op de producties heeft gehad, als gevolg van de rigoureuze ontwoudingen in het boven-Pemaligebied vóór en in het begin dezer eeuw en zelfs ook nog tijdens de beruchte periode der voedselvoorziening aan het einde van den wereldoorlog. Wij kunnen in verband met ons verblijf in Europa geen volledige cijfers geven, doch verwijzen voor wat betreft de oostmoessondebieten naar de grafiek in mijn publicatie over het Pendjalinreservoir (*De Waterstaats-Ingenieur* No. 12 — 1933), waarin de vergelijking der beide genoemde tijdvakken wel tot een daling van 50% zou leiden.

Wat de westmoessondebieten betreft, kan worden medegedeeld, dat de gevolgen dier ontwoudingen ook daarbij niet uitbleven. Vooral de *October*debieten bij den aanzet der bevloeiing — in een dan geheel uitgedroogde vlakte, waarin men het noodlijdende riet toch ook nog gaarne wat wil helpen — en de *December*debieten in een periode van zeer groote waterbehoefte, zijn in de laatste decenniën eveneens achteruitgegaan en hebben geregeld veel zorg gebaard; zeer zeker heeft deze factor op de westmoessonproducties zijn slechten invloed doen gelden, welke waarschijnlijk zonder het bekende intensieve en economische waterbeheer in die streken wel grooter dalingen dan 4% tengevolge zou hebben gehad.

Als typische bijzonderheid mag nog vermeld worden, dat ook de oostmoessonpadi in de zgn. bandjirgolongan aldaar in steeds ongunstiger condities komt i.v.m. de toenemende opslibbing en ophooging der velden door de jaarlijksche inundaties, die ook al tengevolge der ontwoudingen door de jaren meer slib — van zeker niet beter gehalte — aanbrachten. Een en ander maakt o.a. reeds nu aldaar de herziening der aanvoerleidingprofillen urgent.

Daartegenover is echter in de crisisjaren o.a. een nieuwe vroegtijdige en vroegrijpende gadoegolongan geschapen in de M. O. Pemali (± 2 000 bouws), waar geen polowidjoverbouw mogelijk blijkt en waar van het overtollige Pemalidebiet in Maart t.m. Juni wordt partij getrokken; de totaalproductie wordt aldus weer gunstig beinvloed. Met al dergelijke factoren en inzichten, waarvan ir. H. kennis had kunnen nemen, heeft hij geen rekening gehouden. Zoo simplistisch als hij de zaken voorstelt, zijn zij zeker niet.

En dan, hoe staat het met de vergelijking van de Baliproducties van voorheen en thans? Wij hebben, zoover ik weet, daarover weinig of niets gehoord. Een vergelijkig van Java en Bali is dus zoo niet mogelijk en het aangehaalde Java-voorbeeld bovendien weinig gelukkig gekozen.

3e. Een volgend punt is de uitlating van ir. H. op blz. 140, dat de hoogere Bali-opbrengsten niet op voldoende gronden aan vruchtbaarder bodemgesteldheid kunnen worden geweten. Een Bali-deskundige als de landbouwconsulent ir. S t r a u b (5 jaar Bali-ervaring), door ons daarover geraadpleegd, deed dat echter zeer beslist.

In noot 4 op blz. 35 van *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 2 — 1936, lezen wij:

„Men heeft echter op Bali voornl. jong-vulkanischen grond met een harde ondoordringbare tuflaag daaronder. Van zware en soms onvruchtbare mergelgronden is daar geen sprake en slechts in geringe mate van lateritisch sterk verweerd materiaal".

4e. Bij de vergelijking op blz. 140 van de door hem zoo hooggeschatte Pategoeanregeling — welke

geen verdere doorvoering ten deel viel — met de zijnerzijds naar den maatstaf van zelfwerkzaamheid zoo verfoeide Pemaliregeling, die in tal van gebieden als degelijke handleiding geldt en in verband met de oeloe² pembagian-regeling en het reglement op het leidingonderhoud een algemeen gewaardeerd nuttig effect sorteert, diept ir. H. ten bewijze, dat de eerstgenoemde regeling „nog zoo kwaad niet" was, de uitspraak van een „kenner van het volk" op en denkt hij dan daarmee wel het doodvonnis van de Pemaliregeling te hebben geteekend. Hij vergeet echter, dat de residentie Pekalongan en de I. A. Pemali-Tjomal in den loop der jaren eveneens eenige kenners van het volk heeft mogen herbergen, zoowel onder het B. B. als onder hare waterstaatsingenieurs. Wij noemen b.v. ir. N u m a n s, die taal, streek en volk door en door kende; de goede en practische doorwerking van de laatstgenoemde beide regelingen der oeloe² pembagian en van het leidingonderhoud zijn juist ook in de eerste plaats aan deze figuur te danken en de bevolking in genoemde afdeeling heeft in de crisisjaren daar zeer veel profijt van getrokken.

5e. Merkwaardig is ook de tirade van ir. H. over de *verdeeling der leidingaandeelen* voor het onderhoud. Zijn veroordeeling daarvan strookt niet met de werkelijkheid, daar deze verdeeling in elk gebied als regel eens en voor altijd en in overleg met de bevolking en naar haar billijkheidsgevoelens geschiedt en overigens op eenvoudige wijze door een mantri-opnemer wordt verzorgd.

Over het onderhoud *zelf* wordt door hem met geen woord gesproken, alhoewel hij op blz. 141 toch zonder meer concludeert dat het met de zelfwerkzaamheid der bevolking inzake het *onderhoud* der leidingen slecht zou zijn gesteld. Het tegendeel is echter waar; vaak is juist uit klachten in andere afdeelingen gebleken, hoe veel beter en vlotter dat leidingonderhoud door de bevolking in overleg met haar oeloe² pembagian als regel in de Pemali-Tjomal geschiedt en dat zonder beteekenende contrôle. Slechts in bijzondere gevallen, b.v. in droge jaren met krappe debieten, wordt van hoogerhand, na bespreking in de geregeld gehouden bijeenkomsten der irrigatiecommissies een wenk gegeven in de oeloe² koempoelans, om het onderhoud extra vlot en degelijk te doen plaats hebben, teneinde groote waterverliezen te voorkomen.

6e. Op blz. 143 komt dan op grond van wat daarover op papier bekend is, de vrij krasse veroordeeling naar den maatstaf van zelfwerkzaamheid van het instituut der oeloe² pembagian, hetwelk de bevolking in de W. A. Pemali-Tjomal slechts gelegenheid tot die zelfwerkzaamheid zou bieden bij de verkiezing van haar vertegenwoordiger. Deze enormiteit is weer het gevolg van ir. H.'s exclusief standpunt, waarop wij zijn eigen woorden op blz. 143 zouden willen toepassen, waar hij schrijft: „Nu kan men, wanneer men tegen dit stelsel gekant [1]) is, slechts óf de voordeelen ervan trachten te verkleinen of te ontkennen, hetgeen echter heel moeilijk is, aangezien de bestaande bewijzen en gegevens anders uitwijzen enz.".

Het eenparig oordeel van alle ambtelijke instanties is immers, dat de bevolking der regentschappen Tegal, Pemalang en Brebes, waar die oeloe² regeling het langst en grondigst heeft doorgewerkt, de talrijke en belangrijke welvaartsmaatregelen [2]) der laatste 5 crisisjaren bewonderenswaardig heeft opgevangen en dat dit voor een niet gering deel te danken is geweest aan het innige contact en de natuurlijke samenwerking, welke hier is gegroeid tusschen de oeloe² pembagian en de bevolking, die voor haar vertrouwensmannen dan ook gaarne haar jaarlijksche bijdrage offert, wat van andere heffingen lang niet gezegd kan worden.

Ir. H. zal hiermede wel niet overtuigd zijn; wil hij het eigenlijk ook wel? Hij zou anders na onze herhaalde opmerkingen sinds begin 1935 persoonlijk zijn licht nog wel eens hebben opgestoken bij tot oordeelen bevoegden als b.v. resident M a t r a y en de landbouwconsulenten ir. M i d d e l b u r g en S t r a u b, als het oordeel zijner eigen collega s hem niet welkom mocht zijn.

Hoe menig ambtenaar begon in deze afdeeling niet met een minder gunstig oordeel over de genoemde regelingen i.v. met de mindere bemoeienis, welke zij met de bevolkingsirrigatie hadden, en hoe werd hij ten slotte een enthousiast voorstander daarvan na de groote voordeelen van de meerdere zelfwerkzaamheid te hebben ondervonden. Dat de bevolking daarmede aan de grens van haar zelfwerkzaamheidsvermogen zou zijn gekomen, hebben wij nimmer beweerd; het tegendeel bewijst ons artikel. Wel is de toestand in de Pemali-Tjomal zeker als een goed begin en een navolgenswaardig voorbeeld op Java aan te merken.

7e. Een onjuist verwijt maakt ir. H. ons nog op blz. 142 t.a.v. de kosten-berekening van het waterbeheer bij de vergelijking der bedragen van *f* 0,94 (1934) en *f* 0,87 (1935) van *thans* met die van *f* 2,50 van *vroegere jaren,* in een krantenartikel genoemd en welke cijfers alle de in de vroegere jaarverslagen der B.O.W. bedoelde kosten betroffen. Wij vergaten de kosten van het hooger technisch personeel zeer zeker niet, maar die kwamen in deze vergelijking niet te pas.

8e. Wat ir. H. schrijft over het soebakwezen op Lombok is door ons niet te controleeren. Andere bronnen, ir. G r o o t h o f f, ir. S t r a u b en ook ir. H. zelf zeggen, dat de soebaks daar een

---

1) Op ons is dit t.a.v. het soebakstelsel zeker niet van toepassing, zooals een ieder uit ons meergenoemd artikel heeft kunnen lezen; trouwens ir. H. zelf noemt die studie zeer gedegen en interessant.

2) O.a. herzieningen van golonganregelingen, invoering van extra gadoe-golongans, opvoering van polowidjoaanplantingen door complexgewijze plensbevloeiingen over het meetschot, intensieve plagenbestrijdingen enz.

kwijnend bestaan hebben. De verontschuldiging, dat er geen prise's d'eau, leidingen en kunstwerken waren, doet wel zeer vreemd aan, daar die soebaks daar immers zelf voor zouden zorgen.

Tot slot de opmerking, dat op Java, waar naast den inheemschen landbouw ook de economisch en intellectueel sterkere uitheemsche landbouwindustrie staat en voorts de ingrijpende invloed van woekerpraktijken door bepaalde bevolkingsgroepen in het landbouwbedrijf van den tani zeer groot is, bij een niet behoorlijk geregeld en gecontroleerd waterbeheer zeer zeker willekeur is te verwachten.

Wil men ir. H. echter een kans geven, men late hem dan persoonlijk een proef leiden in een gebiedsdeel, waar dat geen al te verstrekkende gevolgen kan hebben, b.v. in het Rembangsche, waar enkele bevloeiingsgebieden met geringe producties hem alle gelegenheid zullen geven zijn vertrouwen op verdubbeling waar te maken.

Slotwoord van ir. P. L. E. Happé.

Ir. van Witzenburg meent er nogmaals de aandacht op te moeten vestigen, dat ook op Bali diefstal van water voorkomt en concludeert daar blijkbaar uit, dat zulke diefstal inhaerent is aan watergemeenschappen. Zooals uit het ondervolgende moge blijken, is juist het tegendeel waar.

Inderdaad hebben, zooals ik schreef de waterschappen op Bali, naarmate ze dichter aan zee gelegen zijn, meer last van watergebrek. Onder waterschappen verstond ik, zooals ik nadrukkelijk schreef, geen soebaks, maar bevloeiingsgebieden in hun geheel, welke over een eigen prise d'eau in een rivier beschikken.

Hoewel nu dikwijls tusschen die, uit eenzelfde rivier bevloeide waterschappen — die veelal in verschillende vroegere vorstendommen zijn gelegen — regelingen en afspraken bestaan omtrent de grootte van het debietgedeelte, dat bij iedere prise d'eau aan de rivier onttrokken mag worden, spreekt het vanzelf, dat ieder waterschap bij zijn prise d'eau wat meer dan het afgesproken aandeel tracht af te tappen. Contrôle daarop van de vaak ver afgelegen, meer benedenstrooms gelegen waterschappen, is uiteraard niet altijd voldoende effectief. Zonder waterschappen en zonder regelingen zouden de benedenstrooms gelegen bevloeiingsgebieden mogelijk echter geheel van water verstoken zijn.

Tusschen de soebaks van een waterschap komt diefstal van water practisch echter niet voor, tengevolge van de contrôle, die de soebaks onderling op elkander uitoefenen; iedere soebak weet precies, hoe bij de betreffende verdeelwerken de verhouding der waterverdeeling moet zijn.

Wat het door mij medegedeelde betreft omtrent de droogte-periode in den westmoesson 1902 — 1903, alvorens zijn twijfel uit te spreken ten aanzien van dit uiterst makkelijk controleerbare feit, had ir. van Witzenburg beter gedaan de regencijfers en de Pemalidebieten uit die priode te raadplegen. Verder had hij ook in het bekende rapport van de commissie tot het instellen van een onderzoek naar de werking van de ordonnantie in Stbl. 1903 No. 269, op blz. 17, van de hand van ir. Lamminga o.m. kunnen lezen: „Einde December viel een droogteperiode in, die een beurtregeling met 1/3 van het benoodigde water noodzakelijk maakte".

Intusschen wil ik, ten aanzien van onze kennis van de waterbehoefte van padi, nog verwijzen naar het artikel van den bekwamen ir. de Gruyter in *De Waterstaats-Ingenieur* No. 12 — 1933. Op blz. 324 vindt men daar vermeld, hoe op een 3-tal perceelen, met een gemiddelde oogstopbrengst van 22,8 picol, tijdens de groeiperiode van de padi gadoe droogleggingen plaats vonden gedurende 34 resp. 45 resp. 54 dagen.

Volgens onze waterbehoeftewetenschap had die aanplant allang dood moeten gaan. Instede daarvan verkreeg men opbrengsten van 35 resp. 44 resp. 56 picol.

Duidelijker dan allerlei betoogen bewijzen deze proeven dat wij inderdaad van de waterbehoefte van padi zeer weinig afweten. Van dit feit moge door niet-technici, die ook met de rijstcultuur te maken hebben, terdege nota genomen worden.

Op de dupliek van ir. Polderman valt weinig te antwoorden, aangezien deze van een zakelijke, ontaardt is in een persoonlijke bestrijding.

Bovendien vormt zij, evenals zijn eerste artikel niet zoozeer een bestrijding van mijn inzichten, als wel een verheerlijking van de Pemali-regeling en van den arbeid, in die irrigatieafdeeling verricht.

Laat ik ir. Polderman tot zijn geruststelling mededeelen, dat ik graag wil aannemen, dat de Pemali-toestanden in hun soort de beste zijn; het gaat er echter om, of het soort niet voor verbetering vatbaar is.

Tenslotte ben ik ir. Polderman zeer erkentelijk voor de „fair chance", die hij me geven wil om een proef te nemen; n.b. niet in de Sahara, maar in Rembang. Tot nog toe immers, heeft het mij zeer verwonderd, dat mijn bestrijders zich zoo verzet hebben tegen een *proefneming*, een proefneming, die beter dan allerlei aangevoerde argumenten zou kunnen uitwijzen, welke zienswijze de juiste is.

VARIA.

Reguleering van de Hoang-Ho in China aan de hand van modelproeven.

In *Die Bautechnik* 1936, Heft 6 komt een belangwekkend artikel voor over proeven, verricht in het „Forschungsinstitut für Wasserbau und Wasserkraft" te München, waarbij de reguleering van de Hoang-Ho met hare telkenmale catastrophale inundaties, aan de hand van modelproeven in studie werd genomen, zulks in opdracht van de „Flood Relief Commission" van de Chineesche Regeering. De probleemstelling was, den invloed na te gaan van den dijkafstand op:

den stand van den waterspiegel bij hoogwater,
de erosie van het bandjirwater, en
eventueele opzandingen van rivierbedding en uiterwaarden.

De eerste reeks proeven, waarbij in hoofdzaak rechte riviergedeelten aan een onderzoek werden onderworpen, werd naderhand op last van de „National Economic Council of China" uitgebreid met een tweede reeks om den invloed van bochten na te gaan.

Het model was 97,50 m lang en 8,91 m breed, zooals in *fig. 1* is te zien.

Als schaal van het model werd voor de lengte en de breedte 1 : 165 gekozen, waardoor de dijkafstand van *serie 1* in werkelijkheid overeenstemde met 631 m en van *serie 2* met 1 471 m. De diepteschaal was echter een andere en wel 1 : 82½. De bestaande bandjirdiepte van 9 m werd hierdoor in het model 10,9 cm. De debieten waren de volgende. Het bandjirdebiet van 8 400 m³/sec werd in het model 193 l/s en het laagwaterdebiet van 1 100 m³/sec werd 23,7 l/s.

De rivierbedding bestond uit een onderlaag van planken, waarop een bed van gruis was aangebracht; de taluds waren van beton onder een helling van 1 : 2 (in de figuur abusievelijk als 2 : 1 aangegeven), terwijl de uiterwaarden uit kalksteenzand werden vervaardigd om zich aan de werkelijke ruwheid aan te passen (zie *fig. 1a*).

Bij de tweede reeks proeven werd een 27 m lang inloopstuk voorgeschakeld, om een gelijkvormige waterbeweging te verkrijgen. Vier hoofdgroepen van veranderingen werden hierbij onderzocht (zie *fig. 2*).

Deze groepen waren de volgende:

serie 3: bochtige rivier, evenwijdige bandjirdijken met een dijkafstand van 8,9 m;
serie 4: idem, maar met toepassing van vleugeldijkjes, evenwijdig aan de rivier;
serie 5: bochtige bandjirdijken, niet evenwijdig aan de rivier, maar met een grootere straal. Dijkafstand 5,72 m;
serie 6: bochtige bandjirdijken, evenwijdig aan de rivier met een dijkafstand van 3,47 m.

De eerste moeilijkheid was het zoeken naar een geschikte zandsoort, aangezien het noodzakelijk verband tusschen model en natuur vereischte, dat de bij de proeven gebezigde zinkstoffen bij gelijkvormige waterdiepten ongeveer dezelfde bewegingsgrenzen moesten bezitten als het materiaal van de Hoang-Ho,

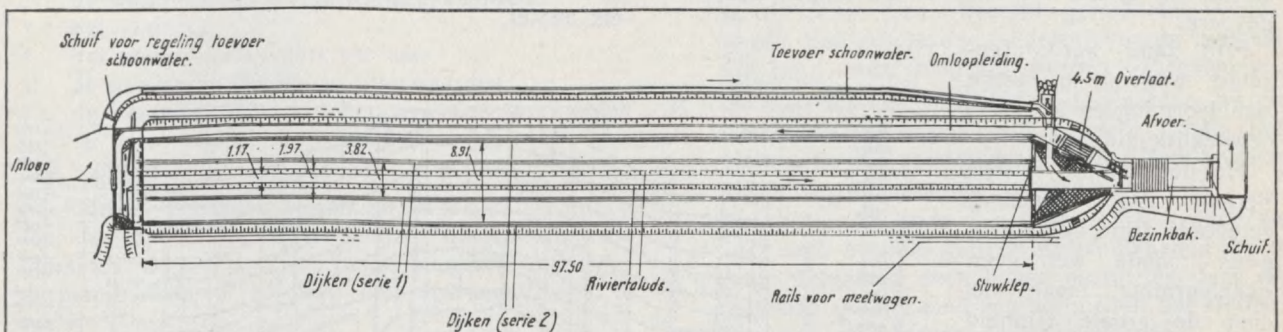
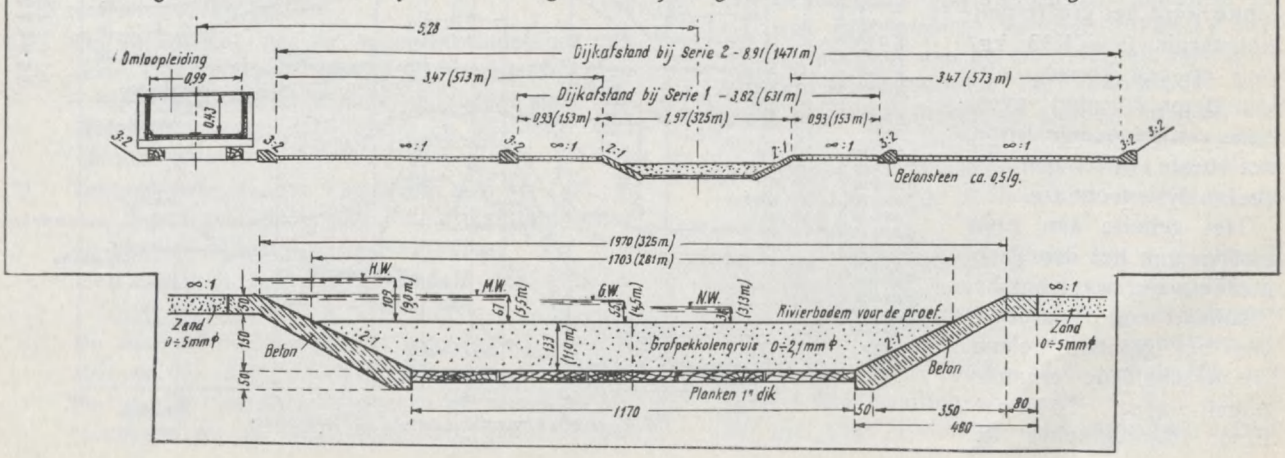


Fig. 1. — Model 1e reeks [rechte riviergedeelten]. Fig. 1a. — Doorsnede rivierbedding.



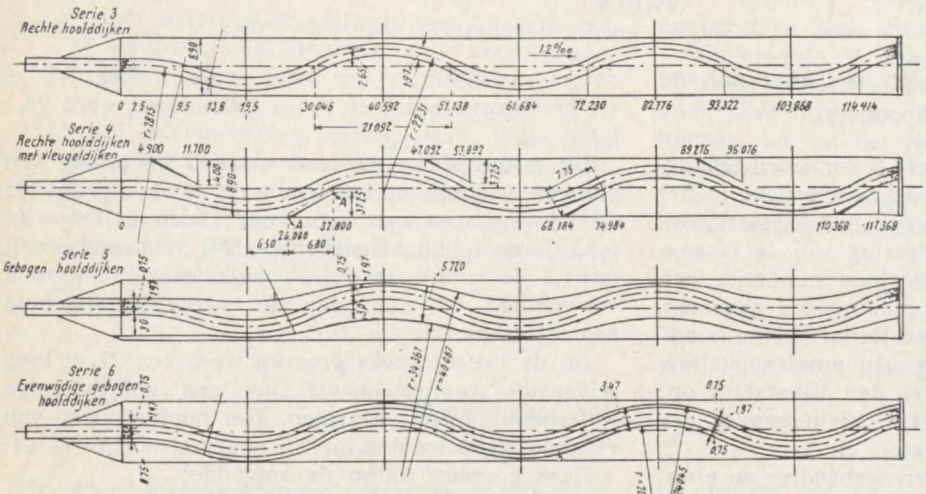


Fig. 2. 2e reeks: (bochtige riviergedeelten).

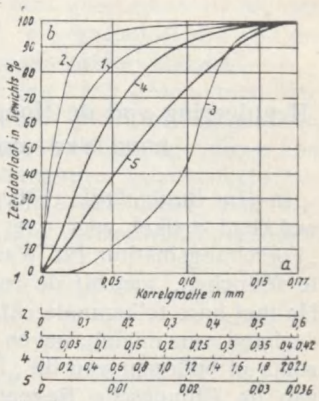


Fig. 3. Zeefanalysen van eenige monsters en het Hoang Ho-löss.
1. Isarslib.
2. Löss uit Prietitz in Saksen.
3. Fijn zand uit Beieren.
4. Grof pekkolengruis.
5. Hoang Ho-löss.

het Chineesche löss. Maatgevend was, dat deze stoffen in het model hoofdzakelijk zwevend moesten worden vervoerd, d.w.z. dat de deeltjes klein en licht moesten zijn. Hiertoe werden uitgebreide proefnemingen verricht in een 30 m lange, 1,40 m breede en 0,75 m diepe houten goot. Onderzocht werden Duitsche löss, Isarslib, fijnzand en pek-kolengruis. Duitsche löss bleek door een in verhouding te groot gehalte aan fijne bestanddeelen en het daardoor sterk aan elkander klonteren, slecht beweeglijk te zijn. Daarbij traden verschijnselen van sterke richelvorming op.

Isarslib toonde wel geen duinvorming, maar werd slechts bij groote vervallen en na langen tijd meegevoerd.

Fijn zand werd afgekeurd wegens te sterke richelvorming en te groote beweeglijkheid.

Het door de „Bayerische Bergbau AG", Penzberg geleverde fijne pek-kolengruis toonde wel geen richelvorming, maar was door de groote fijnheid moeilijk beweeglijk. Tenslotte werd het groffe pekkolengruis ($\gamma = 1{,}33$ kg/dm^3 en een korrelgrootte van 0 tot 2,1 mm), eveneens van genoemde firma, het beste bevonden. De zeefanalyse toont *fig. 3*.

Het gehalte aan vaste stoffen van het doorstroomende water was voor het resultaat van de proeven van het grootste belang. Uit verscheidene verhandelingen (oa. Köhler: Eine Physiographie der Hwangho; Freeman: Flood Problems in China; Francius: Der Hwangho und seine Regelung) kon worden nagegaan, dat bij N.W. nagenoeg geen materiaaltransport plaats had, daarentegen bij H.W. geweldige hoeveelheden.

Circulatie in het model had plaats door middel van pompen. Bij een gelijkblijvend debiet moest dan steeds vaste stof worden toegevoegd. Hoogere waterstanden met een grooter kwantum aan vaste stof werden verkregen door toevoer van versch water, terwijl vermeerdering van materiaal uit de hand plaats had aan het begin van het model. Het een en ander is aangegeven in *fig. 4*, evenals de duur van elk debiet.

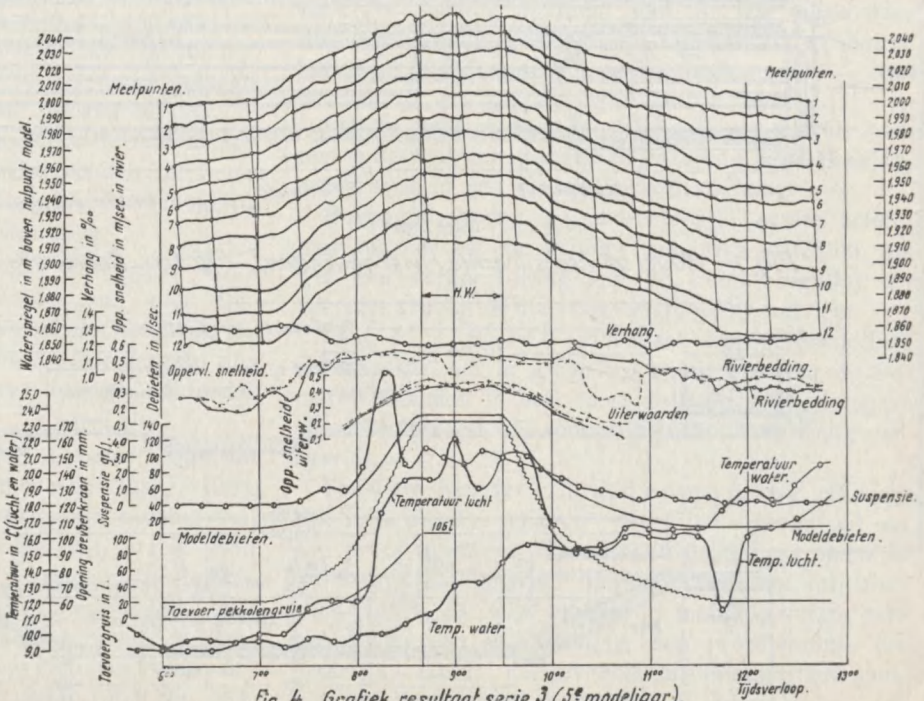


Fig. 4. Grafiek resultaat serie 3 (5e modeljaar).

De waterspiegel werd tijdens de proef met behulp van staafjes met millimeterverdeeling vanaf ijzeren bruggetjes afgelezen. Hieruit kon dan het verhang worden bepaald. De oppervlaktesnelheid in de rivier en op de uiterwaarden werd door drijvingen gemeten. Ter bepaling van de hoeveelheid suspensiestoffen werden op gelijke tijdstippen monsters van 1 l genomen. Hierbij was de afhankelijkheid van het specifiek gewicht van het water van de temperatuur in rekening te brengen. Dit geschiedde aan het eind van het model bij de aldaar aangebrachte stuwklep. De laminaire of turbulente strooming stelde men vast door kleurproeven met fluorescine. Het materiaal in de rivier en op de uiterwaarden werd nauwkeurig verzameld en opgemeten; de afzettingen aan den inloop en in den verzamelbak werden met speciaal geijkte meetinstrumenten bepaald. Lucht- en watertemperatuur werden met vast ingebouwde thermometers afgelezen. Na iedere serie proeven werd het materiaal van de vorige proef weer in de goot teruggebracht en met het daar nog overgebleven materiaal flink dooreengemengd, waardoor eenzelfde samenstelling was gewaarborgd. Voor het maken van foto's was aan het begin van het model een waarnemingstorentje opgericht, terwijl een installatie met een schijnwerper van 5 000 Watt de proeven ook des nachts mogelijk maakte.

Zooals reeds werd opgemerkt, waren de resultaten grootendeels afhankelijk van hoogwater. De proeven zijn dan ook alleen voor dezen stroomtoestand volledig uitgewerkt. Dit geschiedde aan de hand van de volgende waarnemingen:

1. de oppervlaktesnelheid in de rivier en op de uiterwaarden;
2. de waterdiepte, ook op de uiterwaarden;
3. het verhang;
4. het materiaaltransport per sec;
5. de aanzandingen op de uiterwaarden;
6. de veranderingen van het rivierbed (verdieping en vorm van de stroomgeul).

De hoeveelheid getransporteerd materiaal en de gemiddelde oppervlaktesnelheid werden gevonden door het oppervlak, begrensd door de betrekkelijke krommen, de *0*-lijn en de beide hoogwaterordinaten te planimetreeren en door den absissenafstand te deelen.

Resultaten eerste reeks:

1. De verhouding van de oppervlaktesnelheid van *serie 1* tot *serie 2* bedroeg op de uiterwaarden 1,48 : 1 en in de rivier 1,12 : 1, zoodat door verkleining van den dijkafstand de snelheid resp. vermeerderde met 48 en 12%.
2. De hoogwaterstanden verhielden zich als 1,47 : 1, dus door verkleining van den dijkafstand werd de waterdiepte met 47% vergroot.
3. Het verhang bedroeg gemiddeld bij *serie 1* 1,174% en bij *serie 2* 1,163%.
4. De hoeveelheid suspensie bedroeg bij *serie 2* 1,61 en bij *serie 1* 2,93 kg/kgwater.
5. De gemiddelde verhooging van de uiterwaarden (berekend uit de totale opzanding, gedeeld door de grootte van de uiterwaarden) werd door verkleining van den dijkafstand met 2/3 verminderd.

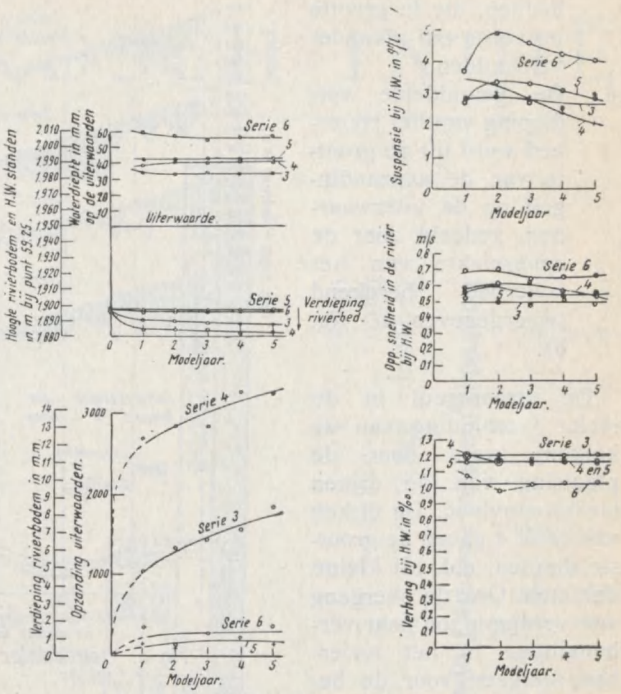


Fig. 5 Resultaten 2e reeks.

Resultaten tweede reeks (zie *fig. 5*):

1. De oppervlaktesnelheid in de rivier was voor *serie 6* (kleinste dijkafstand), zooals wel te verwachten was, het grootst; bij *serie 3* het kleinst, terwijl *series 4* en *5* dezelfde gemiddelde waarde gaven. Een grootere verandering van de snelheid kon na 3 modeljaren niet worden waargenomen.
2. De waterdiepten, ook op de uiterwaarden, waren voor *serie 6* het grootst, voor *serie 3* weer het kleinst, terwijl voor *series 4* en *5* cijfers werden gevonden, die niet veel uiteenliepen.
3. De verhanglijn was voor *serie 3* het grootst en voor *serie 6* onder gelijke omstandigheden (even groot debiet en even hooge opstuwing door de stuwklep aan het eind van het model) het kleinst. *Series 4* en *5* gaven dezelfde waarde.
4. De hoeveelheid getransporteerd materiaal per sec was voor *serie 6* (bochtige dijken op zeer kleinen afstand) aan het eind van elk modeljaar grooter dan gedurende het voorgaande. Voor *serie 4* (rechte dijken op grooten afstand met toepassing van vleugeldijkjes) werd het geringste gehalte aan zinkstoffen gevonden, terwijl de waarden van *series 3* en *5* niet veel in grootte verschilden.
5. De gemiddelde opzanding van de uiterwaarden (berekend uit de hoeveelheid van de gezamenlijke opzanding, gedeeld door de grootte van het oppervlak) was voor *serie 4* het grootst en bedroeg wel rond 10-keer het gemiddelde van *serie 5*. De waarden voor *series 3* en *6* scheelden niet veel, ofschoon beide series uiterwaarden

hadden, die in grootte en vorm van elkander verschilden.

6. De gemiddelde verdieping van het rivierbed werd uit de grootte van de aanzandingen op de uiterwaarden, gedeeld door de oppervlakte van het rivierbed berekend (weergegeven in *fig. 6*).

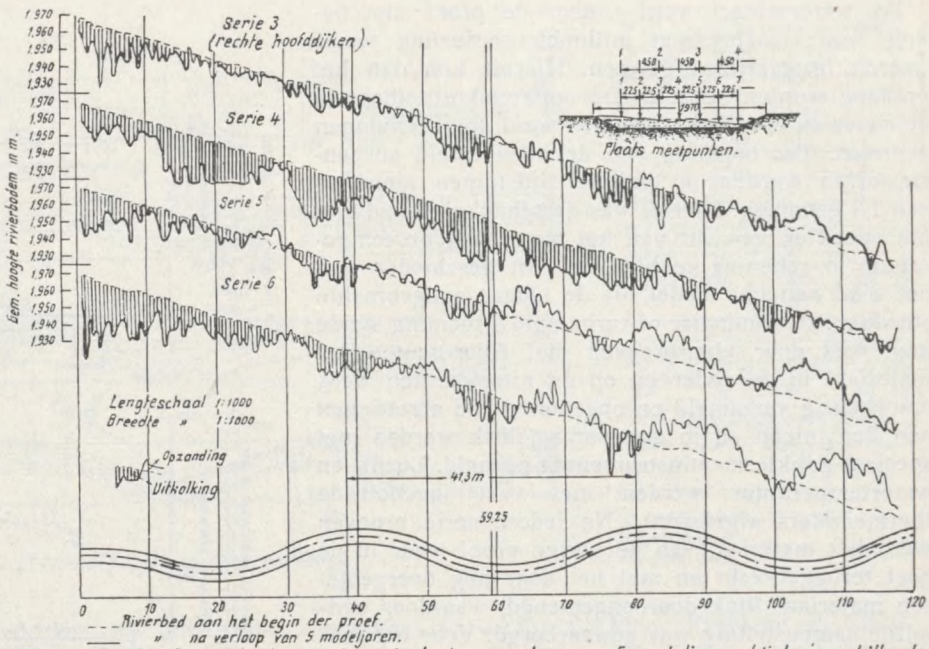


Fig. 6. Gemiddelde hoogte rivierbed na verloop van 5 modeljaren bij de verschillende series.

De stroomgeul in de rivier (verbinding van de kolken) werd door de plaatsing van de dijken sterk beïnvloed. De dijken van *serie 4* gaven de grootste diepten, ook bij kleine debieten. Ook de overgang van verdiepingen naar verhoogingen in het rivierbed, hetgeen voor de beoordeeling van het vaarwater van belang is, bleek voor *serie 4* het gunstigst door de gestrekte ligging.

Eindconclusies:

Om resultaten van de verschillende dijkvormen op de reguleering van de Hoang-Ho qualitatief te kunnen overdragen, moest de vastgelegde riviervorm met uiterwaarden naar bepaalde waterbouwkundige regels worden geïnterpreteerd. In hoofdzaak toonden 2 verschillende werkwijzen de volgende resultaten:

Eerste werkwijze: vermindering van dijkafstand en hiermede gepaard gaande vermindering van de uiterwaarden:

a. Een verhooging van den waterspiegel. Een verlaging door verdieping van het rivierbed kon niet worden geconstateerd. De verhooging voor *serie 6* (dijkafstand 3,47 m) verhield zich tot die voor *serie 3* (dijkafstand 8,90 m) als 1,69 : 1.

b. Een vermeerdering van de hoeveelheid getransporteerd materiaal en wel *serie 3 : serie 6* als $1 : 1\frac{1}{2}$.

c. Een vermindering van afzetting van vaste stoffen op de uiterwaarden en wel *serie 3 : serie 6* als 1 : 0,76.

d. Een vermindering van de verdieping van het rivierbed en wel *serie 3 : serie 6* als 1 : 0,74.

Tweede werkwijze: bij behoud van gelijken dijkafstand toepassing van vleugeldijken, in de bochten ongeveer parallel aan de rivier en bij hoogwater gedeeltelijk overstroomd:

a. Een stijging van den waterspiegel bij hoogwater, die verhoudingsgewijs wel gering was, maar door verdieping van het rivierbed weer gecompenseerd werd. Verwacht kan worden, dat na verloop van tijd een verdere daling van den waterspiegel zal optreden. De waterdiepten verhielden zich bij *series 3* en *4* als 1 : 1,23.

b. Een vermindering van het gehalte aan vaste stoffen en wel *serie 3* in verhouding tot *serie 4* als 1 : 0,76.

c. Een merkbare opzanding op de uiterwaarden en wel is de hoeveelheid bij *serie 4* 90% meer als bij *serie 3*.

d. Een wezenlijke vergrooting van de verdieping in het rivierbed en wel *serie 3* in verhouding tot *serie 4* als 1 : 1,62.

Tenslotte moet nog worden opgemerkt, dat bij de vleugeldijken van *serie 4* na verloop van 5 modeljaren nog geen stationnaire toestand was ingetreden, wat betreft de verdieping van het rivierbed en de aanzanding der uiterwaarden, zoodat hiermede ernstig rekening zal moeten worden gehouden.

Aan de opdrachtgevers werden de volgende voorstellen gedaan inzake de voor de Hoang-Ho te treffen maatregelen. Aangezien de rivierbodem van de Hoang-Ho op vele plaatsen hooger ligt dan het omringende land, is ophooging van de uiterwaarden noodzakelijk.

Hiermee moet, om een redelijke daling van den waterspiegel te bewerkstelligen, een verdieping van het rivierbed, door het treffen van bepaalde waterbouwkundige maatregelen, hand in hand gaan. De vormgeving volgens *serie 4* — toepassing van den grootsten dijkafstand en van vleugeldijken — geven een beeld van de te treffen maatregelen.

Gt.