

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. W. Holleman,
ir. F. M. Ch. Berkhout.

Commissie van Redactie:

Voorzitter: prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh;
Leden: ir. G. Meesters,
ir. J. Duyfjes.

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: Ter herdenking ir. G. A. van Steenbergent† en ir. G. H. M. Vierling‡. — Eigenfuncties, door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh. — Het bepalen van de vrije kniklengte van een rechthoekig raamwerk bij zijdelings uitknikken in zijn vlak, door ir. R. Rooseno. — De oneindig stijve ligger over de geheele lengte elastisch ondersteund, door Vr. — Over eenige bijzondere knikgevallen (vervolg), door ir. W. J. van der Eb. — *Varia*. — *Berichten van allerlei aard*: Octrooien. — *Ontvangen geschriften*. — *Boekbespreking*. — *Uit inhoud van tijdschriften*. — *Personalia*. — *Kon. Inst v. Ingenieurs*: Bestuursmededeelingen.

Commissie van Toezicht.

In verband met hun vertrek naar Europa hebben de heeren ir. Ch. F. van Haeften en P. J. Graaff hun functie als lid van de Commissie van Toezicht op *De Ingenieur in Nederlandsch-Indië* moeten neerleggen.

Ir. van Haeften, lid van de Commissie sinds Mei 1935, vertrok met verlof naar Nederland, terwijl de heer Graaff, die in September van dat jaar in de Commissie zitting nam, aldaar herstel van zijn geschokte gezondheid is gaan zoeken.

Steeds genoot het tijdschrift beider volle belangstelling en gaven zij hun beste krachten aan den groei en bloei ervan.

Het Groepsbestuur stelt er prijs op hun niet alleen hiervoor zijn dank te betuigen, maar ook voor alles, wat zij deden in het belang van den Ingenieur en de Techniek hier te lande, en het prijst zich gelukkig, dat de banden met de Groep niet verbroken zullen worden, daar zoowel ir. van Haeften na zijn verlof en de heer Graaff na een volkomen herstel van zijn gezondheid, hopen we, weer in het volle Groepsleven zullen terugkeeren *).

De heeren ir. W. Holleman, hoofd van den Dienst van den Mijnbouw van het Departement van Verkeer en Waterstaat, en ir. F. M. Ch. Berkhout, ingenieur bij de Onderafdeeling Irrigatie en Assainering van de Afd. Waterstaat van dit Departement, zijn bereid gevonden zitting te nemen in de Commissie van Toezicht.

Het Groepsbestuur meent hiermede een goede keuze te hebben gedaan en het twijfelt er dan ook niet aan, dat de nieuwe functionarissen — de heer Holleman met zijn uitgebreide kennis op mijnbouwgebied en de heer Berkhout niet alleen met die op waterstaats- maar ook op financieel gebied — door hun waardevolle adviezen krachtig zullen medewerken aan den bloei van ons orgaan.

Het Groepsbestuur.

*) Na het afsluiten van de kopij voor dit nummer bereikte ons het droevig bericht, dat de heer P. J. Graaff op den 28sten October te 's Gravenhage is overleden.

Ter herdenking

Ir. Gerard Anthony van Steenberg. †

Bij de ramp van het K.L.M.-vliegtuig „Specht”, dat den 6den October kort na het opstijgen te Palembang verongelukte, heeft, naast drie leden der bemanning, mede den dood gevonden ir. G. A. van Steenberg.

De thans ontslapene werd 27 Januari 1899 te Steenwijk geboren. Reeds in zijn studententijd was „Boy” in gezelschap zeer gezien, en had o.a. zitting in den senaat van het D. S. C. Na in 1923 aan de T. H. te Delft het diploma van civiel-ingenieur te hebben verworven, werd hij benoemd tot ingenieur bij den Rijkswaterstaat en geplaatst bij het herstellingswerk aan de sluis te Hansweert. Kort daarop werd hij door de Nederlandsche Maatschappij voor Havenwerken naar China uitgezonden, in welk land hij belangrijk werk verrichtte, o.a. te Macao, Chefoo en Hulutao.

Daarna opende hij een eigen bureau als „consulting engineer” te Shanghai en Hongkong.



(Cl. Act. Wereldn.)

Nog geen jaar geleden kwam ir. van Steenberg naar Indië met de opdracht, voor het Marsman-concern te onderzoeken, in hoeverre in deze gewesten mijnconcessies zouden kunnen worden verkregen en geëxploiteerd. Indien men weet, dat sedert de N. V. Mijnbouwtechnisch Bureau Marsman werd opgericht, waarvan hij mededirecteur was, bijna 200 concessies of opties werden onder de loupe genomen en aangevraagd, kan men niet anders dan bewondering gevoelen voor de enorme energie, waarmee hij zich van deze taak kweet.

Ongetwijfeld was dan ook een schoone toekomst voor hem weggelegd geweest, indien het noodlot het anders had gewild.

Een treffende bijkomstige omstandigheid is, dat zijn vrouw en kinderen slechts 3 dagen tevo-

ren in Indië waren aangekomen.

Nadat het stoffelijk overschot naar Bandoeng was overgebracht, had op den 11den October onder zeer groote belangstelling de teraardebestelling plaats.

Ir. G. H. M. Vierling. †

Op den 15den October is te Den Haag overleden ir. G. H. M. Vierling, oud buitengewoon hoogleeraar in de Werktuigbouwkunde aan de T. H. te Bandoeng.

Geboren te Scheveningen op den 2den Februari 1874 verwierf hij in 1901 te Delft het diploma van werktuigkundig ingenieur. In hetzelfde jaar werd hij naar Ned.-Indië uitgezonden om te worden aangesteld als ingenieur bij de Staatsspoor- en Tramwegen. Na verschillende rangen te hebben doorlopen werd hij in 1917 benoemd tot hoofdingenieur en in 1919 tot hoofd van den Indischen Centralen Aanschaffingsdienst.

Van 1921 tot 1929 was de thans ontslapene buitengewoon



hoogleeraar aan de T. H. te Bandoeng. In deze periode heeft hij, mede door de groote praktische ervaring, welke hem ten dienste stond, op uitnemende wijze het onderwijs in de Werktuigbouwkunde voor a.s. civiel-ingenieurs verzorgd, waarbij zijn belangstelling vooral ook uitging naar de producten der Nederlandsche industrie. In verband hiermede moge nog worden gememoreerd de belangwekkende rede, welke door prof. Vierling bij de viering van den achtsten verjaardag der Hoogeschool in 1928 werd gehouden, getiteld: „Aandeel van Nederlandsche technici in de ontwikkeling van stoommachine en motor voor het scheepsbedrijf”.

Eigenfuncties

door

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

(met 11 figuren).

Korte inhoud.

De vrije transversale trilling van een elastische staaf in bronvorm uitgedrukt, leidt tot een homogene integraalvergelijking; de gedwongen trilling tot een inhomogene integraalvergelijking van Fredholm.

Aan de hand van de trillingen van een homogene staaf en een staaf, waarbij de massa in eenige punten wordt geconcentreerd, wordt de betekenis uiteengezet van de eigenfuncties en haar normering, de eigenwaarden en van de symmetrische kern. Tevens blijkt, hoe de integraalvergelijking kan worden beschouwd als grensgeval van een systeem van een zeer groot aantal lineaire vergelijkingen met een zeer groot aantal onbekenden, terwijl de eigenwaarden als de wortels eener seculaire vergelijking worden gevonden.

Een willekeurige continue functie kan volgens een convergente reeks van eigenfuncties eener symmetrische kern worden ontwikkeld; een symmetrische kern met positieve eigenwaarden, volgens de bilineaire reeks.

Met behulp van de afgeleide eigenschappen wordt de oplossing gegeven van de gedwongen trilling van een staaf, ook met willekeurige massaverdeeling.

Om resonantiegevaar bij aardbevingen te voorkomen, moet de eerste eigen (circulaire) frequentie der bouwconstructie grooter zijn dan de grootste frequentie der aardtrilling.

De praktijkformule voor de berekening der maximale dynamische uitbuiging bij aardbevingen geldt exact, wanneer de statische uitbuiging gelijkvormig is met de eerste eigendoorbuiging, hetgeen ook op eenvoudige wijze kan worden bewezen.

Voor de bepaling van de eerste eigenfrequentie eener bouwconstructie is de energiemethode van Rayleigh om haar eenvoud en nauwkeurigheid wel het meest aan te bevelen.

Tenslotte wordt de stelling van Rayleigh betreffende de minimum-waarde der eerste frequentie bewezen met behulp van eigenfuncties.

Belangrijkste der gebruikte notaties.

l = lengte staaf of ligger
 x = abscis beschouwde doorbuiging = $l \cdot \xi$
 $\xi = \frac{x}{l}$
 s = abscis aangrijpingspunt beschouwde kracht = $l \cdot \sigma$
 $\sigma = \frac{s}{l}$
 y, η = doorbuigingen van de staaf
 p, q = verdeelde belastingen
 μ = massa van de staaf per lengte-eenheid
 $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_k$ = eigen circulaire frequenties bij vrije trilling, gerangschikt naar opklimmende waarden

ω_1 = eerste of hoofdfrequentie
 ν = circulaire frequentie der dwingende kracht (be-lasting)
 $\frac{\omega_1}{\nu_a} = n$ = zekerheid tegen resonantie bij een grootste circulaire frequentie der aardbeving ν_a
 $A(\xi)$ beteekent, dat de grootheid A een functie is van ξ alleen; $A(\xi, \sigma)$ een functie van ξ en σ ; $A(\xi, t)$ een functie van ξ en t , enz.
 $K(\xi, \sigma)$ = kern der integraalvergelijking
 $K_{k,r}$ = invloedsfunctie, betrekking hebbende op den invloed van een last in het punt r op de doorbuiging in het punt k .

1. De vrije transversale trilling van een homogene prismatische staaf.

Wanneer een stabiel ondersteunde elastische staaf een kleine uitbuiging ondervindt uit haar evenwichtsstand en daarna plotseling aan zich zelf wordt overgelaten, zal de staaf zooals bekend is, een transversale vrije trilling uitvoeren.

Eenvoudigshalve worde verondersteld, dat iedere doorsnede der staaf door het trillingsvlak volgens een hoofdtraagheidsas wordt gesneden.

In fig. 1 zij op een bepaald oogenblik AB een gedeelte van de trillende staaf, waarvan de as in den rusttoestand langs OX moge vallen. De massadeeltjes van AB bewegen zich op het beschouwde tijdstip t in de positieve Y -richting. Het is duidelijk, dat ten tijde $t + dt$ de snelheden dan *kleiner* zullen

zijn geworden, daar de staaf zich immers naar haar uitersten uitbuigingsstand toe beweegt. De versnel-

ling $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$ van ieder massadeeltje van AB is dus gericht volgens de negatieve Y -richting.

Daar volgens het beginsel van d'Alembert op ieder oogenblik evenwicht bestaat tusschen de uitwendige beweegkrachten en de in ieder stoffelijk punt ingevoerde traagheidskrachten¹⁾, gedraagt de staaf ten tijde t zich dus als een statisch belaste

1) In herinnering moge worden gebracht, dat de traagheidskracht, welke op een stoffelijk punt werkt, gelijk is aan het product van de massa van het punt en zijn versnelling in tegengestelden zin genomen. Daar in het onderhavig geval de versnellingen naar boven werken, is de traagheidsbelasting q_t dus naar beneden gericht.

ligger, welke een verdeelde belasting $q_t = -\mu(x) \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$ draagt, wanneer $\mu(x)$ de massa is van de staaf per eenheid van lengte (fig. 1).

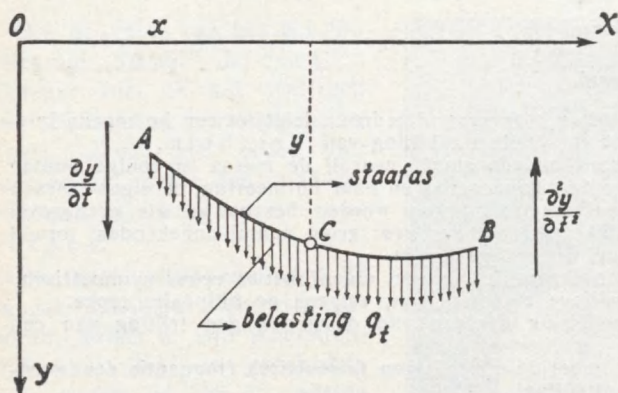


Fig. 1. Staaf belast met traagheidskrachten.

Bedenkt men, dat volgens de elasticiteitsleer de volgende betrekkingen gelden:

$$\frac{d^2 M_x}{dx^2} = -q_x \quad (1)$$

$$E \cdot I_x \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = -M_x \quad (2)$$

wanneer $E \cdot I_x$ de stijfheidsfactor tegen buiging is, zoo vindt men voor de differentiaalvergelijking der trillende staaf:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} (E \cdot I_x \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}) = -\mu(x) \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (3)$$

Het is duidelijk, dat in deze formule de uitbuigingen y moeten worden beschouwd als de uitwijkingen tengevolge van de trilling alleen, die eventueel moeten worden gesuperponeerd op uitbuigingen, die de staaf in den rusttoestand reeds bezat, b.v. ten gevolge van het eigengewicht.

Is de staaf homogeen en prismatisch, dan zijn $E \cdot I_x$ en $\mu(x)$ constant en wordt verg. (3).

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = -\frac{\mu}{E \cdot I} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (4)$$

Een mogelijke oplossing dezer vergelijking is:

$$y(x, t) = y(x) \cdot \sin \omega t \quad (5)$$

Stelt men korthedshalve:

$$\frac{\mu \cdot \omega^2}{E \cdot I} = a^4 \quad (6)$$

zoo vindt men na substitutie van (5) in (4) en deeling door $\sin \omega t$:

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = a^4 y \quad (7)$$

waarvan de oplossing is:

$$y(x) = A \cosh ax + B \sinh ax + C \cos ax + D \sin ax \quad (8)$$

als A, B, C en D nog nader te bepalen constanten zijn ²⁾.

Men zal gemakkelijk inzien, dat verg. (8) de elastische lijn voorstelt van de staaf in haar uitersten uitbuigingsstand, wanneer al hare punten een enkelvoudige harmonische trillingsbeweging uitvoeren met eene *circulaire frequentie* ω ³⁾ volgens (6).

De integraalconstanten A, B, C en D moeten worden bepaald uit de randvoorwaarden van de staaf, welke weer nauw samenhangen met de ondersteuningswijze.

We zullen hiervan twee gevallen in beschouwing nemen, n.l. de aan beide uiteinden vrij opgelegde staaf (statisch bepaalde ligger op twee steunpunten) en de aan één uiteinde ingeklemde staaf.

a. Ligger op twee steunpunten.

Uit (8) vindt men achtereenvolgens:

$$\frac{dy}{dx} = A a \sinh ax + B a \cosh ax - C a \sin ax + D a \cos ax \quad (9)$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = A a^2 \cosh ax + B a^2 \sinh ax - C a^2 \cos ax - D a^2 \sin ax \quad (10)$$

$$\frac{d^3 y}{dx^3} = A a^3 \sinh ax + B a^3 \cosh ax + C a^3 \sin ax - D a^3 \cos ax \quad (11)$$

Daar aan beide uiteinden van den ligger (lengte = l) zoowel de zakking als het buigend moment nul zijn, heeft men de volgende voorwaarden:

$$\left. \begin{aligned} (y)_{x=0} &= 0 \\ \left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)_{x=0} &= 0 \\ (y)_{x=l} &= 0 \\ \left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)_{x=l} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Men vindt uit de eerste twee voorwaarden in verband met (8) en (10):

$$\begin{aligned} A + C &= 0 \\ A a^2 - C a^2 &= 0 \end{aligned}$$

Schakelt men de waarde $a = 0$ uit, omdat dan volgens (6) ook ω nul zou worden en de staaf geen trilling zou uitvoeren, zoo vindt men:

$$A = C = 0$$

2) De differentiaalverg. (7) verwarre men niet met die van den over zijn geheele lengte elastisch ondersteunden balk zonder bovenbelasting, welke zooals bekend is den vorm

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = -4 a^4 y$$
 heeft en de oplossing:

$$y = A e^{ax} \cdot \cos ax + B e^{ax} \cdot \sin ax + C e^{-ax} \cdot \cos ax + D e^{-ax} \cdot \sin ax.$$

3) In dit opstel zal onder *frequentie* steeds worden verstaan de *circulaire frequentie* (= hoeksnelheid der harmonische beweging in vectorvoorstelling).

De laatste twee randvoorwaarden (12) geven:

$$B \sinh al + D \sin al = 0$$

$$B a^2 \sinh al - D a^2 \sin al = 0$$

waaruit met $a^2 \neq 0$ volgt:

$$B \sinh al = 0$$

$$D \sin al = 0 \quad \dots (13)$$

Daar met $a \neq 0$, $\sinh al$ evenmin nul kan zijn, heeft men ook nog $B = 0$, zoodat slechts de constante D overblijft.

Laat men de oplossing $D = 0$ buiten beschouwing, omdat dan geen trilling zou optreden, doordat in (8) alle constanten nul zouden worden, zoo kan alleen aan (13) worden voldaan, wanneer:

$$\sin al = 0$$

of wel:

$$al = k\pi \quad \dots (14)$$

wanneer k een willekeurig geheel getal is.

Substitueert men a uit (14) in (6), zoo vindt men voor de mogelijke frequenties:

$$\omega_k = k^2 \pi^2 \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu \cdot l^4}} \quad \dots (15)$$

terwijl (8) met $A = B = C = 0$ en (14) wordt:

$$y = D \sin \frac{k\pi x}{l} \quad \dots (16)$$

De ligger op twee steunpunten kan dus bij een vrije transversale trilling, al naar gelang $k = 1, 2, 3 \dots$ enz., uitbuigingsvormen aannemen bestaande uit sinuslijnen met resp. 1, 2, 3 $\dots$ enz. halve golven (fig. 2), waarbij frequenties behoren van

$$\text{resp. } \omega_1 = \pi^2 \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu \cdot l^4}}, \quad \omega_2 = 4 \omega_1, \quad \omega_3 = 9 \omega_1 \dots \text{enz.}$$

Het spreekt van zelf, dat deze enkelvoudige uitbuigingsvormen, de z.g. *eigendoorbuigingen*, ook gelijktijdig kunnen optreden, terwijl van iedere eigendoorbuiging de amplitude D volgens (16) onbepaald blijft te zijn⁴⁾. We zullen straks deze eigendoorbuigingen leeren kennen als de z.g. *eigenfuncties* van de kern eener integraalvergelijking.

Het is dan gebruikelijk de constante D zoodanig te bepalen dat:

$$\int_0^1 y^2 dx = D^2 \int_0^1 \sin^2 \frac{k\pi x}{l} = 1 \quad \dots (17)$$

of wel $\frac{x}{l} = \xi$ stellende:

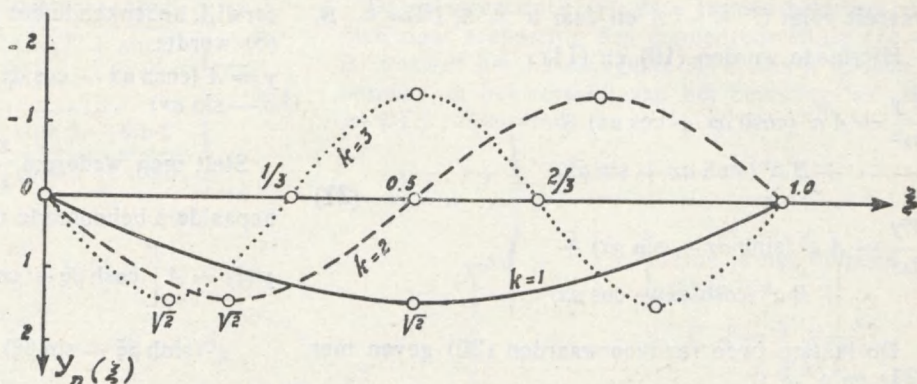


Fig. 2. Genormeerde eigendoorbuigingen bij een prismatische staaf op twee steunpunten.

$$D^2 = \frac{1}{\int_0^1 \sin^2 k\pi \xi} = \frac{1}{\left[\frac{1}{2} \xi - \frac{1}{4k\pi} \sin 2k\pi \xi \right]_0^1} = 2$$

en dus:

$$D = \sqrt{2}$$

De genormeerde eigendoorbuiging wordt dan:

$$y_n(\xi) = \sqrt{2} \cdot \sin k\pi \xi \quad \dots (18)$$

In fig. 2 zijn de geteekende eigendoorbuigingen genormerd, zoodat ze alle dezelfde amplitude $\sqrt{2}$ hebben. De kleinste frequentie:

$$\omega_1 = \pi^2 \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu \cdot l^4}} \quad \dots (19)$$

wordt de eerste of hoofdfrequentie genoemd. De daarbij behorende trillingstijd $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$ en het aantal perioden per sec. $f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi}$.

b. Ligger aan één uiteinde ingeklemd.

Minder eenvoudig wordt het resultaat, wanneer de ligger aan één uiteinde b.v. links is ingeklemd. Het rechter uiteinde blijve geheel vrij.

De integraalconstanten van verg. (8) moeten thans worden bepaald uit de voorwaarden, dat voor $x = 0$ zoowel de zakking als de helling der raaklijn nul zijn en voor $x = l$, het buigend moment en de dwarskracht.

Men heeft dus:

$$\left. \begin{aligned} (y)_{x=0} &= 0 \\ \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} &= 0 \\ \left(\frac{d^2y}{dx^2} \right)_{x=l} &= 0 \\ \left(\frac{d^3y}{dx^3} \right)_{x=l} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad \dots (20)$$

De eerste twee voorwaarden geven met (8) en (9):

$$A + C = 0$$

$$B a + D a = 0$$

4) Men heeft hier dus iets dergelijks als bij de uitknikking van een staaf, waarbij onder invloed van de Eulersche knikkraft de uitbuigingslijn een sinuslijn wordt, echter met onbepaalde amplitude.

Natuurlijk geldt dit alleen, zoolang de uitbuigingen klein blijven, omdat anders verg. (2) niet meer mag worden toegepast.

waaruit volgt $C = -A$ en daar $a \neq 0$, $D = -B$.

Hiermede worden (10) en (11):

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 y}{dx^2} &= A a^2 (\cosh ax + \cos ax) + B a^2 (\sinh ax + \sin ax) \\ \frac{d^3 y}{dx^3} &= A a^3 (\sinh ax - \sin ax) + B a^3 (\cosh ax + \cos ax) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (21)$$

De laatste twee randvoorwaarden (20) geven met (21) en $a \neq 0$:

$$\left. \begin{aligned} A (\cosh al + \cos al) + B (\sinh al + \sin al) &= 0 \\ A (\sinh al - \sin al) + B (\cosh al + \cos al) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (22)$$

zijnde twee homogene lineaire vergelijkingen⁵⁾ in A en B .

Laat men de oplossingen $A = 0$ en $B = 0$ buiten beschouwing, omdat dan alle coëfficiënten nul zouden worden en de staaf in verband met (8) recht zou blijven, zoo kan alleen aan (12) worden voldaan wanneer:

$$\begin{vmatrix} \cosh al + \cos al & \sinh al + \sin al \\ \sinh al - \sin al & \cosh al + \cos al \end{vmatrix} = 0 \quad (6)$$

of uitgewerkt:

$$\begin{aligned} \cosh^2 al + \cos^2 al + 2 \cosh al \cdot \cos al - \sinh^2 al + \sin^2 al &= 0 \\ \cosh al \cdot \cos al + 1 &= 0 \end{aligned} \dots\dots\dots (23)$$

Aan deze verg. voldoen een oneindig aantal waarden β voor al , waarvan de kleinste zes zijn:

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= 1,875, \beta_2 = 4,694, \beta_3 = 7,855 \\ \beta_4 &= 10,996, \beta_5 = 14,137, \beta_6 = 17,279 \end{aligned} \right\} \dots\dots (24)$$

Ieder dezer waarden β_k bepaalt een mogelijken uitbuigingsvorm (eigendoorbuiging) van de trillende staaf, waarbij, bedenkende dat $a^2 = \frac{\mu \cdot \omega^2}{E \cdot I}$ een frequentie behoort van:

$$\omega_k = \beta_k^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu \cdot l^4}} \dots\dots\dots (25)$$

Uit (22) volgt verder:

$$\frac{B}{A} = -\frac{\cosh \beta + \cos \beta}{\sinh \beta + \sin \beta} = -\frac{\sinh \beta - \sin \beta}{\cosh \beta + \cos \beta} \dots\dots (26)$$

5) In een lineaire vergelijking komen alle onbekenden in den eersten graad voor. Ze is homogeen, als het tweede lid nul is.

6) Heeft men n homogene lineaire vergelijkingen met n onbekenden, dan zijn, zooals bekend is, of alle onbekenden $= 0$ (z.g. *triviale* oplossing), of de determinant der coëfficiënten moet nul zijn. Dit is dadelijk in te zien door oplossing der onbekenden met behulp van determinanten volgens den regel van Cramer.

terwijl, bedenkende dat $C = -A$ en $D = -B$, verg. (8) wordt:

$$y = A (\cosh ax - \cos ax) + B (\sinh ax - \sin ax) \dots\dots\dots (27)$$

Stelt men wederom $\frac{x}{l} = \xi$, dan wordt de bij een bepaalde β behorende uitbuigingsvorm dus:

$$\left. \begin{aligned} y(\xi) &= A \left[\cosh \beta \xi - \cos \beta \xi - \frac{\cosh \beta + \cos \beta}{\sinh \beta + \sin \beta} \cdot (\sinh \beta \xi - \sin \beta \xi) \right] = A \cdot \varphi(\xi) \\ \text{of wel:} \\ y(\xi) &= A \left[\cosh \beta \xi - \cos \beta \xi - \frac{\sinh \beta - \sin \beta}{\cosh \beta + \cos \beta} \cdot (\sinh \beta \xi - \sin \beta \xi) \right] = A \cdot \varphi(\xi) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (28)$$

Ook hier ziet men, dat iedere eigendoorbuiging op een evenredigheidsconstante na, is bepaald. Wordt de eigendoorbuiging weer genormeerd, dan heeft men A zoodanig te bepalen, dat:

$$\int_0^1 y^2 \cdot d\xi = A^2 \int_0^1 \varphi^2(\xi) \cdot d\xi = 1 \dots\dots\dots (29)$$

De waarde der integraal kan men het eenvoudigst bepalen door gebruikmaking van de door Rayleigh bewezen eigenschap (lit. 1, hoofdstuk VIII), dat in het onderhavig geval:

$$\int_0^1 \varphi^2(\xi) \cdot d\xi = \frac{1}{4} \varphi^2(\xi) \Big|_{\xi=1} \dots\dots\dots (30)$$

Men heeft dus in verband met de 2e verg. van (28):

$$\begin{aligned} \varphi(\xi) \Big|_{\xi=1} &= \frac{(\cosh \beta - \cos \beta) \cdot (\cosh \beta + \cos \beta) - (\sinh \beta - \sin \beta)^2}{\cosh \beta + \cos \beta} = \\ &= \frac{2 \sinh \beta \cdot \sin \beta}{\cosh \beta + \cos \beta} \dots\dots\dots (31) \end{aligned}$$

terwijl verder met $al = \beta$ uit (23) volgt:

$$\left. \begin{aligned} \cosh \beta &= -\frac{1}{\cos \beta} \\ \sinh^2 \beta &= \operatorname{tg}^2 \beta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (32)$$

Het 2e lid van (30) wordt dus:

$$\begin{aligned} \frac{1}{4} \varphi^2(\xi) \Big|_{\xi=1} &= \frac{\sinh^2 \beta - \sin^2 \beta}{(\cosh \beta + \cos \beta)^2} = \\ &= \frac{\operatorname{tg}^2 \beta \cdot \sin^2 \beta}{\left(-\frac{1}{\cos \beta} + \cos \beta\right)^2} = \\ &= \frac{\sin^4 \beta}{\sin^4 \beta} = 1 \dots\dots\dots (33) \end{aligned}$$

zoodat in (29), $A = 1$ wordt.

De genormeerde eigendoorbuigingen worden hiermede:

$$\left. \begin{aligned} y_n(\xi) &= \cosh \beta \xi - \cos \beta \xi - \frac{\cosh \beta + \cos \beta}{\sinh \beta + \sin \beta} \cdot (\sinh \beta \xi - \sin \beta \xi) \\ \text{of wel: } y_n(\xi) &= \cosh \beta \xi - \cos \beta \xi - \frac{\sinh \beta - \sin \beta}{\cosh \beta + \cos \beta} \cdot (\sinh \beta \xi - \sin \beta \xi) \end{aligned} \right\} \dots (34)$$

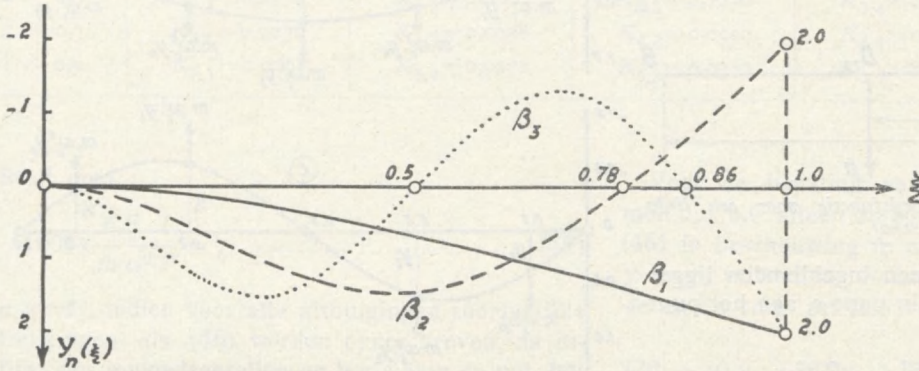


Fig. 3. Genormeerde eigendoorbuigingen bij een links ingeklemde prismatische staaf.

In fig. 3 zijn de genormeerde uitbuigingsvormen geteekend voor de kleinste drie waarden van β , waarbij gebruik is gemaakt van de tabel voorkomende op blz. 354 van lit. 11. Daar volgens (33), $\varphi(\xi) \xi=1 = \pm 2 = y_n(\xi) \xi=1$, hebben de krommen aan het rechter uiteinde dus een uitbuiging van dezelfde grootte.

De hoofdfrequentie vindt men met (25) door hierin voor β_k de waarde β_1 volgens (24) te substitueeren. Men vindt:

$$\omega_1 = 3,52 \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu \cdot l^4}} \dots (35)$$

2. Invloedsfuncties.

In fig. 4 zij AB een prismatische ligger op twee steunpunten (lengte $= l$, stijfheidsfactor tegen buiging $= E \cdot I$). Wanneer zich in D , op een afstand $AD = s$ van links, een last P bevindt, worde gevraagd hoe groot de doorbuiging is van het punt C , gelegen op een afstand $AC = x$ van links, wanneer gegeven is dat $x < s$.

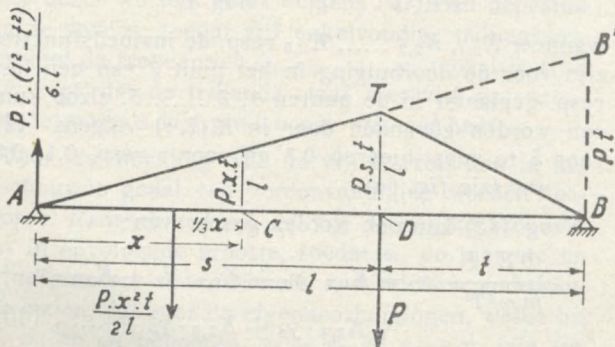


Fig. 4. Bepaling van de invloedsfunctie voor een prismatische staaf op twee steunpunten.

Hiertoe beschouwe men, op de bekende wijze, het momentenvlak ATB als nieuw belastingvlak. Het hierdoor ontstane moment in C gedeeld door $E \cdot I$ geeft dan de gezochte doorbuiging.

De oplegreactie A' bij deze tweede belasting vindt men door toepassing der momentenstelling t/o van B , waarbij het belastingvlak ATB wordt gedacht te bestaan uit het verschil van het belastingvlak ABB' en BTB' . Men vindt:

$$A' = P \cdot t \cdot \frac{l^2 - t^2}{6l}$$

Dus is het buigend moment in C :

$$\begin{aligned} y_c \cdot E \cdot I &= A' x - \frac{P x^2 t}{6l} - \frac{1}{3} x = \\ &= \frac{P t x}{6l} \cdot (l^2 - t^2 - x^2) \dots (36) \end{aligned}$$

waaruit met $t = l - s$ volgt:

$$y_c = \frac{P}{6 E \cdot I \cdot l} \cdot x (l - s) \cdot (2 l s - s^2 - x^2) \dots (37)$$

Bevindt de last P zich links van C , is dus $x > s$, dan wordt (36):

$$y_c \cdot E \cdot I = \frac{P s (l - x)}{6 l} \left[l^2 - s^2 - (l - x)^2 \right]$$

alzo:

$$y_c = \frac{P}{6 E \cdot I \cdot l} \cdot s (l - x) \cdot (2 l x - x^2 - s^2) \dots (38)$$

Stelt men $\frac{x}{l} = \xi$ en $\sigma = \frac{s}{l}$, dan heeft men dus

voor de doorbuiging in het punt ξ tengevolge van een last P in het punt σ :

$$\left. \begin{aligned} y(\xi, \sigma) &= \frac{P l^3}{6 E \cdot I} \xi (1 - \sigma) (2 \sigma - \sigma^2 - \xi^2) & \text{voor } \xi \leq \sigma \\ y(\xi, \sigma) &= \frac{P l^3}{6 E \cdot I} \sigma (1 - \xi) (2 \xi - \xi^2 - \sigma^2) & \text{voor } \xi \geq \sigma \end{aligned} \right\} \dots (39)$$

Men kan ook schrijven:

$$y(\xi, \sigma) = \frac{P \cdot l^3}{6 E \cdot I} \cdot K(\xi, \sigma) \dots (40)$$

waarbij:

$$\left. \begin{aligned} K(\xi, \sigma) &= \xi (1 - \sigma) (2 \sigma - \sigma^2 - \xi^2) & \text{voor } \xi \leq \sigma \\ K(\xi, \sigma) &= \sigma (1 - \xi) (2 \xi - \xi^2 - \sigma^2) & \text{voor } \xi \geq \sigma \end{aligned} \right\} \dots (41)$$

$K(\xi, \sigma)$ noemt men de *invloedsfunctie* voor het berekenen van de doorbuiging in ξ door een last in σ , welke grootheden de *argumenten* der functie zijn. Met het oog op de discontinuïteit ter plaatse van

$\xi = \sigma$, spreekt men ook wel van de Green'sche functie $K(\xi, \sigma)$.

Opgemerkt kan nog worden, dat de invloedsfunctie in het onderhavig geval *symmetrisch* is, d.w.z. overal $K(\xi, \sigma) = K(\sigma, \xi)$ (42)

hetgeen blijkbaar in overeenstemming is met de wederkeerigheidswet van Maxwell.

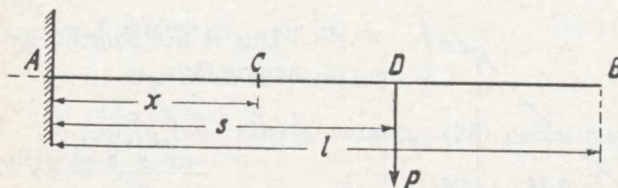


Fig. 5. Bepaling van de invloedsfunctie voor een links ingeklemde prismatische staaf.

Heeft men te doen met een ingeklemden ligger (fig. 5), dan geeft een last P in punt s , aan het punt x een doorbuiging:

$$y_c = \frac{P x^3}{3 E \cdot I} + \frac{P (s - x) x^2}{2 E \cdot I} = \frac{P x^2}{6 E \cdot I} \cdot (3 s - x)$$

althans wanneer $x < s$.

Is $x > s$, dan vindt men:

$$y_c = \frac{P s^2}{6 E \cdot I} \cdot (3 x - s)$$

Met de argumenten ξ en σ kan de doorbuiging weer worden geschreven:

$$y(\xi, \sigma) = \frac{P l^3}{6 E \cdot I} \cdot K(\xi, \sigma) \quad \text{..... (43)}$$

waarbij de invloedsfunctie thans is:

$$\begin{aligned} K(\xi, \sigma) &= \xi^2 (3 \sigma - \xi), \text{ voor } \xi \leq \sigma \\ K(\xi, \sigma) &= \sigma^2 (3 \xi - \sigma), \text{ voor } \xi \geq \sigma \end{aligned} \quad \text{..... (44)}$$

Ook hier is de invloedsfunctie uiteraard symmetrisch.

3. De vrije transversale trilling van een prismatische staaf, waarbij de massa in een aantal punten wordt geconcentreerd.

In fig. 6a is de staaf op twee steunpunten ($l = 1$) in 5 gelijke deelen verdeeld. In het midden van ieder deel bevindt zich een geconcentreerde massa m gelijk aan $1/5$ van de massa der geheele staaf. Tusschen de punten 1 t/m 5 wordt de staaf verder massaloos gedacht, alhoewel ze overal wel een buigingsstijfheid $E \cdot I$ bezit.

Voert de staaf met de massa's m een vrije trillbeweging uit en beschouwt men den toestand op een bepaald oogenblik, dan is de uitbuigingslijn weer niets anders dan de elastische lijn van de staaf, welke *statisch* door de traagheidskrachten is belast.

Deze traagheidskrachten zijn natuurlijk alleen aanwezig ter plaatse van de massa's m , alzoo in de

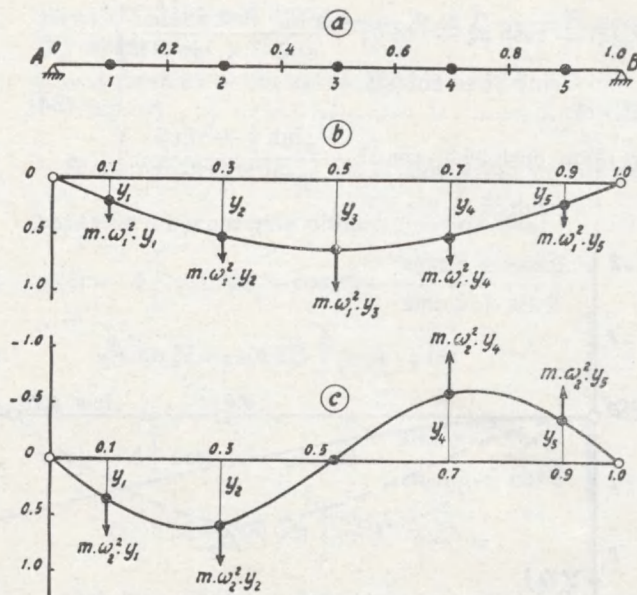


Fig. 6. Prismatische staaf op twee steunpunten, waarbij de gelijkmatig verdeelde massa in 5 punten is geconcentreerd, met de eerste twee genormeerde eigendoorbuigen.

punten 1 t/m 5 in fig. 6a, omdat immers in de tusschengelegen punten de staaf massa-loos werd verondersteld.

Voeren alle punten van de staaf een enkelvoudige harmonische trillbeweging uit met de frequentie ω , dan is het duidelijk, dat de op iedere massa werkende traagheidskracht gelijk is aan $m \cdot \omega^2 \cdot y$, wanneer y de uitwijking van de massa is. Zijn op het beschouwde oogenblik deze uitwijkingen $y_1, y_2, \dots, y_5$, dan is de uitbuigingsvorm van de staaf dus de elastische lijn, bij statische belasting met de geconcentreerde krachten $m \cdot \omega^2 \cdot y_1, m \cdot \omega^2 \cdot y_2, \dots, m \cdot \omega^2 \cdot y_5$ in resp. de punten 1, 2 t/m 5.

Men zal gemakkelijk inzien, dat b.v. voor de uitbuiging y_2 de volgende betrekking moet gelden:

$$y_2 = \frac{m \omega^2 y_1 l^3}{6 E \cdot I} \cdot K_{2,1} + \frac{m \omega^2 y_2 l^3}{6 E \cdot I} \cdot K_{2,2} + \frac{m \omega^2 y_3 l^3}{6 E \cdot I} \cdot K_{2,3} + \frac{m \omega^2 y_4 l^3}{6 E \cdot I} \cdot K_{2,4} + \frac{m \omega^2 y_5 l^3}{6 E \cdot I} \cdot K_{2,5} \quad \text{... (45)}$$

wanneer $K_{2,1}, K_{2,2}, \dots, K_{2,5}$ resp. de invloedsfuncties zijn voor de doorbuiging in het punt 2 van een last resp. geplaatst in de punten 1, 2 5, alzoo kunnen worden gevonden door in $K(\xi, \sigma)$ volgens (41) voor ξ te substitueeren 0,3 en voor σ resp. 0,1, 0,3 0,9 (zie fig. 6a).

Verg. (45) kan ook worden geschreven:

$$\frac{6 E \cdot I}{m \omega^2 l^3} \cdot y_2 = K_{2,1} \cdot y_1 + K_{2,2} \cdot y_2 + K_{2,3} \cdot y_3 + K_{2,4} \cdot y_4 + K_{2,5} \cdot y_5 \quad \text{..... (46)}$$

terwijl soortgelijke vergelijkingen kunnen worden opgesteld voor de overige uitbuigingen y_1, y_3, y_4 en y_5 .

In de volgende tabel zijn de waarden van alle invloedsfuncties, de z.g. *invloedsgetallen*, met behulp van (41) berekend:

7) Dikwijls wordt in (40), $P = 1$ gesteld, terwijl $\frac{l^3}{6 E \cdot I} \cdot K(\xi, \sigma)$ als de invloedsfunctie wordt beschouwd (zie hoofdstuk 7).

Tabel der invloedsgetallen.

	$\sigma = 0,1$	$\sigma = 0,3$	$\sigma = 0,5$	$\sigma = 0,7$	$\sigma = 0,9$
$\frac{f_1}{f_0} = 0,1$	$K_{1,1} = 0,0162$	$K_{1,2} = 0,0350$	$K_{1,3} = 0,0370$	$K_{1,4} = 0,0270$	$K_{1,5} = 0,0098$
$\frac{f_1}{f_0} = 0,3$	$K_{2,1} = 0,0350$	$K_{2,2} = 0,0882$	$K_{2,3} = 0,0990$	$K_{2,4} = 0,0738$	$K_{2,5} = 0,0270$
$\frac{f_1}{f_0} = 0,5$	$K_{3,1} = 0,0370$	$K_{3,2} = 0,0990$	$K_{3,3} = 0,1250$	$K_{3,4} = 0,0990$	$K_{3,5} = 0,0370$
$\frac{f_1}{f_0} = 0,7$	$K_{4,1} = 0,0270$	$K_{4,2} = 0,0738$	$K_{4,3} = 0,0990$	$K_{4,4} = 0,0882$	$K_{4,5} = 0,0350$
$\frac{f_1}{f_0} = 0,9$	$K_{5,1} = 0,0098$	$K_{5,2} = 0,0270$	$K_{5,3} = 0,0370$	$K_{5,4} = 0,0350$	$K_{5,5} = 0,0162$

Stelt men:

$$1000 \cdot \frac{6 E \cdot I}{m \omega^2 l^3} = \chi \quad \dots\dots\dots (47)$$

dan wordt, indien voor alle uitbuigingen soortgelijke betrekkingen als (46) worden opgeschreven, na invulling der invloedsgetallen en herleiding op nul, het volgende systeem van homogene lineaire vergelijkingen verkregen:

$$\left. \begin{aligned} (16,2 - \chi) y_1 + 35 y_2 + 37 y_3 + 27 y_4 + 9,8 y_5 &= 0 \\ 35 y_1 + (88,2 - \chi) y_2 + 99 y_3 + 73,8 y_4 + 27 y_5 &= 0 \\ 37 y_1 + 99 y_2 + (125 - \chi) y_3 + 99 y_4 + 37 y_5 &= 0 \\ 27 y_1 + 73,8 y_2 + 99 y_3 + (88,2 - \chi) y_4 + 35 y_5 &= 0 \\ 9,8 y_1 + 27 y_2 + 37 y_3 + 35 y_4 + (16,2 - \chi) y_5 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (48)$$

Deze vergelijkingen kunnen voor de onbekenden $y_1, y_2, \dots, y_5$ alleen dan een van nul verschillende oplossing geven, wanneer de determinant der coëfficiënten nul is ⁸⁾, alzoo wanneer:

$$\begin{vmatrix} 16,2 - \chi & 35 & 37 & 27 & 9,8 \\ 35 & 88,2 - \chi & 99 & 73,8 & 27 \\ 37 & 99 & 125 - \chi & 99 & 37 \\ 27 & 73,8 & 99 & 88,2 - \chi & 35 \\ 9,8 & 27 & 37 & 35 & 16,2 - \chi \end{vmatrix} = 0 \quad \dots (49)$$

Deze determinant geeft een vergelijking van den vijfden graad in χ met vijf reële positieve wortels. Ieder dezer wortels geeft volgens (47) een bepaalde waarde voor ω , zoodat vijf enkelvoudige trillingsvormen met de frequenties $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_5$ mogelijk zijn. Men zegt, dat de trillende staaf met vijf geconcentreerde massa's *vijf graden van vrijheid* heeft.

Voor de bepaling van de vijf wortels kan in het beschouwde geval een vereenvoudiging worden toegepast. Rangschikt men de vijf mogelijke frequenties in opvolgende grootte, zoodat ω_1 de kleinste en ω_5 de grootste waarde heeft, zoo zal men gemakkelijk inzien, dat voor de eigendoorbuigingen, welke bij ω_1, ω_3 en ω_5 behooren, $y_1 = y_5$ en $y_2 = y_4$ (zie fig. 6) ⁹⁾.

Voor de bepaling van *deze* frequenties behoeft men dus b.v. alleen de eerste drie vergelijkingen van (48) in beschouwing te nemen en hierin $y_5 = y_1$ en $y_4 = y_2$ te stellen, omdat dan van zelf ook aan de 4e en 5e verg. zal zijn voldaan. Men krijgt:

$$\left. \begin{aligned} (26 - \chi) y_1 + 62 y_2 + 37 y_3 &= 0 \\ 62 y_1 + (162 - \chi) y_2 + 99 y_3 &= 0 \\ 74 y_1 + 198 y_2 + (125 - \chi) y_3 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (50)$$

Verder is het duidelijk, dat voor de bij ω_2 en ω_4 behorende uitbuigingsvormen $y_1 = -y_5, y_2 = -y_4$ en $y_3 = 0$.

Substitueert men b.v. in de eerste twee verg. van (48) $y_5 = -y_1, y_4 = -y_2$ en $y_3 = 0$, dan ziet men, dat ook aan de drie overige vergelijkingen wordt voldaan.

Men vindt:

$$\left. \begin{aligned} (6,4 - \chi) y_1 + 8 y_2 &= 0 \\ 8 y_1 + (14,4 - \chi) y_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (51)$$

De bij ω_1, ω_3 en ω_5 behorende waarden χ_1, χ_3 en χ_5 vindt men dus door den determinant der coëfficiënten van (50) nul te stellen alzoo uit:

$$\begin{vmatrix} 26 - \chi & 62 & 37 \\ 62 & 162 - \chi & 99 \\ 74 & 198 & 125 - \chi \end{vmatrix} = 0 \quad \dots\dots (52)$$

terwijl de bij ω_2 en ω_4 behorende waarden χ_2 en χ_4 worden bepaald door nulstelling van den coëfficiënten-determinant van (51) alzoo uit:

$$\begin{vmatrix} 6,4 - \chi & 8 \\ 8 & 14,4 - \chi \end{vmatrix} = 0 \quad \dots\dots\dots (53)$$

De determinant (52) uitgewerkt geeft:

$$\chi^3 - 312 \chi^2 + 1528 \chi - 1216 = 0 \quad \dots\dots\dots (54)$$

Door substitutie ziet men dadelijk, dat de wortel $\chi_5 = 1$ voldoet. Verg. (54) door $(\chi - 1)$ deelende, vindt men de vierkantsvergelijking:

8) Zie de opmerking onder noot 6.

9) in de figuren 6b en 6c zijn de uitbuigingsvormen geteekend resp. behorende bij ω_2 en ω_1 (verg. ook fig. 2).

$$\chi^2 - 312\chi + 1216 = 0$$

waarvan de wortels zijn:

$$\chi_1 = 308,05 \text{ en } \chi_3 = 3,95$$

De determinant (53) uitgewerkt geeft:

$$\chi^2 - 20,8\chi + 28,16 = 0$$

met de wortels

$$\chi_2 = 19,34 \text{ en } \chi_4 = 1,46$$

De wortels der frequentievergelijking (49) zijn dus:

$$\chi_1 = 308,05, \chi_2 = 19,34, \chi_3 = 3,95, \chi_4 = 1,46, \chi_5 = 1$$

De bij iedere χ -waarde behorende frequentie volgt uit (47) nl.:

$$\omega = \sqrt{\frac{6000 E \cdot I}{\chi m l^3}} \dots\dots\dots (55)$$

Terugkeerende tot de vergelijkingen (48) kan men, de oplossing $y_1 = y_2 = y_3 = y_4 = y_5 = 0$ buiten beschouwing latende, beide leden van iedere vergelijking b.v. door y_1 deelen. Men krijgt dan vijf vergelijkingen met 5 onbekenden n.l.

$$\frac{y_2}{y_1}, \frac{y_3}{y_1}, \frac{y_4}{y_1}, \frac{y_5}{y_1} \text{ en } \chi. \text{ De determinant (49) is dan}$$

niets anders dan het resultaat der eliminatie van de eerste vier onbekenden. Substitueert men een bepaalde waarde van χ in de verg. (48), dan kan men

de bijhorende *ordinaatverhoudingen* $\frac{y_2}{y_1}, \frac{y_3}{y_1}, \frac{y_4}{y_1}$ en

$\frac{y_5}{y_1}$ berekenen, waardoor de *uitbuigingsvorm* voor deze

χ -waarde is bepaald, doch niet de uitbuigingen zelf, daar immers y_1 willekeurig kan worden gekozen.

Ook hier kan men de uitbuigingen *normeeren*, waaronder men dan verstaat ze, met behoud van hun juiste onderlinge verhouding, een zoodanige grootte geven, dat

$$m y_1^2 + m y_2^2 + \dots\dots + m y_5^2 = 1 \dots\dots\dots (56)$$

In de fig. 6b en 6c zijn resp. de genormeerde uitbuigingsvormen ω_1 en ω_2 geteekend wanneer $m = 1$.

Men zou het hier behandelde geval van een staaf met 5 geconcentreerde gelijke massa's kunnen beschouwen als een *benadering* van het in hoofdstuk 1 onder a. berekend geval eener staaf met een gelijkmatige massaverdeeling μ .

Substitueert men in (55) voor m de waarde $1/5 \mu \cdot l$, dan krijgt men:

$$\omega = \frac{100 \sqrt{3}}{\sqrt{\chi}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}}$$

of wel:

$$\omega = \frac{17,5499}{\sqrt{\chi}} \cdot \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}} \dots\dots\dots (57)$$

Substitueert men hierin voor χ resp. de boven gevonden waarden voor χ_1 t/m χ_5 zoo vindt men:

$$\left. \begin{aligned} \omega_1 &= 1,00 \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}} \\ \omega_2 &= 3,99 \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}} \\ \omega_3 &= 8,83 \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}} \\ \omega_4 &= 14,52 \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}} \\ \omega_5 &= 17,55 \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (58)$$

terwijl volgens (15), voor de staaf met gelijkmatige massaverdeeling, de coëfficiënten der kleinste vijf frequenties resp. zijn 1, 4, 9, 16 en 25.

Men ziet hieruit, dat door concentratie van de massa der geheele staaf in vijf punten, voor de kleinste twee frequenties alleszins bevredigende waarden worden gevonden. Dat de afwijkingen met het grooter worden der frequenties steeds zullen toenemen is duidelijk, wanneer men bedenkt, dat een staaf met vijf geconcentreerde massa's slechts vijf graden van vrijheid (vijf enkelvoudige frequenties) heeft en een staaf met een verdeelde massa d.i. met oneindig veel stoffelijke punten, een oneindig aantal frequenties.

Wanneer het alleen om de hoofdfrequentie is te doen (kleinste waarde van ω) kan men dikwijls de totale massa in een nog kleiner aantal punten geconcentreerd denken, zooals uit het volgende moge blijken.

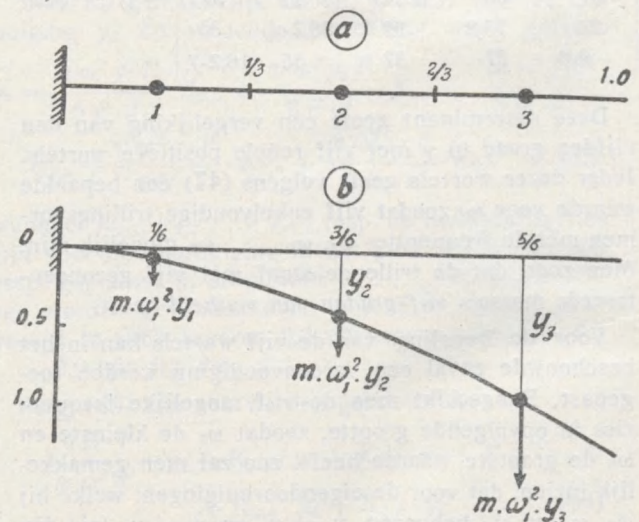


Fig. 7. Links ingeklemde prismatische staaf, waarbij de gelijkmatig verdeelde massa in 3 punten is geconcentreerd, met de eerste genormeerde eigendoorbuiging.

In fig. 7 is bij een ingeklemde prismatische staaf de lengte in drie gelijke deelen verdeeld en de massa

$m = \frac{1}{3} \mu l$ van ieder deel in het midden daarvan geconcentreerd gedacht.

De invloedsgetallen voor de punten 1, 2 en 3 worden thans berekend met behulp van de invloedsfunctie (44).

Tabel der invloedsgetallen.

	$\sigma = 1/6$	$\sigma = 3/6$	$\sigma = 5/6$
$\xi = 1/6$	$K_{1,1} = 1/108$	$K_{1,2} = 4/108$	$K_{1,3} = 7/108$
$\xi = 3/6$	$K_{2,1} = 4/108$	$K_{2,2} = 27/108$	$K_{2,3} = 54/108$
$\xi = 5/6$	$K_{3,1} = 7/108$	$K_{3,2} = 54/108$	$K_{3,3} = 125/108$

Op dezelfde wijze de vergelijkingen opstellende als bij de staaf op twee steunpunten vindt, men met:

$$108 \cdot \frac{18 E \cdot I}{\mu l^4 \omega^2} = \chi \quad \dots\dots\dots (59)$$

de volgende betrekkingen:

$$\left. \begin{aligned} (1 - \chi) y_1 + 4 y_2 + 7 y_3 &= 0 \\ 4 y_1 + (27 - \chi) y_2 + 54 y_3 &= 0 \\ 7 y_1 + 54 y_2 + (125 - \chi) y_3 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (60)$$

De frequentievergelijking wordt dus:

$$\begin{vmatrix} 1 - \chi & 4 & 7 \\ 4 & 27 - \chi & 54 \\ 7 & 54 & 125 - \chi \end{vmatrix} = 0 \quad \dots\dots\dots (61)$$

of uitgewerkt:

$$\chi^3 - 153 \chi^2 + 546 \chi - 160 = 0 \quad \dots\dots\dots (62)$$

De wortels dezer vergelijking zijn:

$$\chi_1 = 149,35$$

$$\chi_2 = 3,33$$

$$\chi_3 = 0,32$$

Bij een bepaalde waarde van χ wordt de frequentie in verband met (59):

$$\omega = \frac{44,09}{\sqrt{\chi}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}}$$

Substitueert men hierin de boven berekende waarden van χ zoo vindt men:

$$\omega_1 = 3,60 \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}}$$

$$\omega_2 = 24,1 \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}}$$

$$\omega_3 = 246 \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu l^4}}$$

De overeenkomstige coëfficiënten voor de staaf met gelijkmatig verdeelde massa zijn volgens (24) en (25) resp. 3,52; 22,0; 61,7.

Men ziet, dat alleen de hoofdfrequentie bevredigend overeenstemt¹⁰⁾.

In fig. 7b is de eerste genormeerde eigendoorbuiging geteekend met $m = 1$.

10) Voor een andere wijze van vervanging van verdeelde massa's door geconcentreerde, zie men lit. 10, blz. 18 e.v.

4. De integraalvergelijking der vrije trilling van een homogene prismatische staaf.

Door het aantal deelen, waarin de staaf verdeeld wordt, steeds grooter te kiezen, m.a.w. de gelijkmatig verdeelde staafmassa in een steeds grooter aantal punten te concentreren, worden natuurlijk de eigendoorbuigingen en frequenties steeds juister gevonden.

Het is duidelijk, dat wanneer de verdeeling wordt voortgezet tot de deeltjes oneindig klein zijn geworden, de in het vorig hoofdstuk uiteengezette berekeningswijze tot de nauwkeurige resultaten van het eerste hoofdstuk moet leiden¹¹⁾.

In een bepaald punt ξ wordt de doorbuiging $y(\xi)$ dan gevormd door de integraal van de elementaire doorbuigingen veroorzaakt door ieder van de elementaire traagheidskrachtjes $\mu \cdot ds \cdot \omega^2 \cdot y(\sigma) = \mu \cdot l \cdot d\sigma \cdot \omega^2 \cdot y(\sigma)$.

Men heeft dus overeenkomstig verg. (45):

$$y(\xi) = \int_0^1 \frac{\mu \cdot l \cdot d\sigma \cdot \omega^2 \cdot y(\sigma) \cdot l^3}{6 E \cdot I} \cdot K(\xi, \sigma) \dots\dots\dots (63)$$

waarbij de invloedsfunctie, al naar gelang men te doen heeft met een ligger op twee steunpunten of met een ingeklemden ligger, wordt gegeven door (41) of (44).

Met:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot \omega^2 \cdot l^4}{6 E \cdot I} \quad \dots\dots\dots (64)$$

kan (63) nog worden geschreven:

$$y(\xi) = \lambda \cdot \int_0^1 K(\xi, \sigma) \cdot y(\sigma) \cdot d\sigma \quad \dots\dots\dots (65)$$

Dit is een homogene lineaire *integraalvergelijking*. De onbekende functie is hierbij $y(\xi)$, die onder het integraalteeken voorkomt met σ als integratieparameter. Het is duidelijk, dat onder het integraalteeken ξ als een constante moet worden beschouwd. $K(\xi, \sigma)$ noemt men de *kern* der integraalvergelijking, welke kern ingevolge (42) hier *symmetrisch* is.

Een oplossing $y(\xi)$, die aan de integraalvergelijking voldoet, is alleen mogelijk bij een bepaalde waarde van λ . Deze waarde noemt men de *eigenwaarde* van de kern $K(\xi, \sigma)$ en de bijbehorende oplossing $y(\xi)$ een bij deze eigenwaarde behorende *eigenfunctie* der kern. Evenals bij een systeem van homogene lineaire vergelijkingen wordt hierbij de triviale oplossing $y(\xi) \equiv 0$ buiten beschouwing gelaten.

In het onderhavig geval bestaan uiteraard een oneindig aantal eigenwaarden en eigenfuncties.

11) In lit. 16 vindt men een rekenvoorbeeld, waarbij de eerste frequentie wordt bepaald door de oplossing van 16 homogene lineaire vergelijkingen met 16 onbekenden, hetgeen met een kunstgreep geschiedt.

Wordt de onderverdeeling zeer groot, dan voert de frequentievergelijking (49) tenslotte tot een z.g. *seculaire* vergelijking (zie b.v. lit. 3, blz. 1342).

Neemt men voor $K(\xi, \sigma)$ de invloedsfunctie (41) van den ligger op twee steunpunten, dan is wanneer k een positief geheel getal is:

$$\lambda_k = \frac{k^4 \cdot \pi^4}{6} \dots\dots\dots (66)$$

een eigenwaarde dezer kern en is de bijbehorende eigenfunctie:

$$y_k(\xi) = \sin k \pi \xi \dots\dots\dots (67)$$

We zullen laten zien, dat dit inderdaad het geval is.

Verg. (41) kan ook als volgt worden geschreven:

$$K(\xi, \sigma) = \left. \begin{aligned} &2\xi \cdot \sigma - 3\xi^2 \cdot \sigma - \sigma^3 + \xi^3 \cdot \sigma + \\ &+ \xi \cdot \sigma^3, \text{ als } \sigma \leq \xi \\ &2\xi \cdot \sigma - 3\xi \cdot \sigma^2 - \xi^3 + \xi \cdot \sigma^3 + \\ &+ \xi^3 \cdot \sigma, \text{ als } \sigma \geq \xi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (68)$$

De waarden (66), (67) en (68) in het 2e lid van (65) substitueerende, vindt men met $y(\sigma) = \sin k \pi \sigma$:

$$\begin{aligned} \lambda \cdot \int_0^1 K(\xi, \sigma) \cdot y(\sigma) \cdot d\sigma = \\ = \frac{k^4 \cdot \pi^4}{6} \cdot \left\{ \int_{\sigma=0}^{\sigma=\xi} (2\xi \cdot \sigma - 3\xi^2 \cdot \sigma - \sigma^3 + \xi^3 \cdot \sigma + \right. \\ \left. + \xi \cdot \sigma^3) \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma + \right. \\ \left. + \int_{\sigma=\xi}^{\sigma=1} (2\xi \cdot \sigma - 3\xi \cdot \sigma^2 - \xi^3 + \xi \cdot \sigma^3 + \right. \\ \left. + \xi^3 \cdot \sigma) \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma \right\} = \\ = \frac{k^4 \cdot \pi^4}{6} \cdot \left[(2\xi + \xi^3) \cdot \int_{\sigma=0}^{\sigma=1} \sigma \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma + \right. \\ \left. + \xi \cdot \int_{\sigma=0}^{\sigma=1} \sigma^3 \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma - \right. \\ \left. - 3\xi^2 \cdot \int_{\sigma=0}^{\sigma=\xi} \sigma \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma - \right. \\ \left. - \int_{\sigma=0}^{\sigma=\xi} \sigma^3 \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma - \right. \\ \left. - 3\xi \cdot \int_{\sigma=\xi}^{\sigma=1} \sigma^2 \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma - \right. \\ \left. - \xi^3 \cdot \int_{\sigma=\xi}^{\sigma=1} \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma \right] \dots\dots\dots (69) \end{aligned}$$

Nu is, zooals men gemakkelijk kan verifieeren, met weglating der integraalconstanten:

$$\int \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma = -\frac{\cos k \pi \sigma}{k \pi}$$

$$\int \sigma \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma = -\frac{\sigma}{k \pi} \cdot \cos k \pi \sigma +$$

$$+ \frac{1}{k^2 \pi^2} \cdot \sin k \pi \sigma$$

$$\int \sigma^2 \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma = -\frac{\sigma^2}{k \pi} \cdot \cos k \pi \sigma + \frac{2\sigma}{k^2 \pi^2} \cdot$$

$$\sin k \pi \sigma + \frac{2}{k^3 \pi^3} \cdot \cos k \pi \sigma$$

$$\int \sigma^3 \cdot \sin k \pi \sigma \cdot d\sigma = -\frac{\sigma^3}{k \pi} \cdot \cos k \pi \sigma + \frac{3\sigma^2}{k^2 \pi^2} \cdot$$

$$\sin k \pi \sigma + \frac{6\sigma}{k^3 \pi^3} \cdot \cos k \pi \sigma -$$

$$-\frac{6}{k^4 \pi^4} \cdot \sin k \pi \sigma$$

Voert men de grenzen der integralen in, dan wordt de vorm tusschen haken van (69):

$$\begin{aligned} \left[\right] = &(2\xi + \xi^3) \cdot \left(-\frac{\cos k \pi}{k \pi}\right) + \xi \cdot \left(-\frac{\cos k \pi}{k \pi} + \right. \\ &+ \frac{6}{k^3 \pi^3} \cdot \cos k \pi) - 3\xi^2 \cdot \left(-\frac{\xi}{k \pi} \cdot \cos k \pi \xi + \right. \\ &+ \frac{1}{k^2 \pi^2} \cdot \sin k \pi \xi) - \left(-\frac{\xi^3}{k \pi} \cdot \cos k \pi \xi + \right. \\ &+ \frac{3\xi^2}{k^2 \pi^2} \cdot \sin k \pi \xi + \frac{6\xi}{k^3 \pi^3} \cdot \cos k \pi \xi - \\ &- \frac{6}{k^4 \pi^4} \cdot \sin k \pi \xi) - 3\xi \cdot \left(-\frac{1}{k \pi} \cdot \cos k \pi + \right. \\ &+ \frac{2}{k^3 \pi^3} \cdot \cos k \pi + \frac{\xi^2}{k \pi} \cdot \cos k \pi \xi - \\ &- \frac{2 \cdot \xi}{k^2 \pi^2} \cdot \sin k \pi \xi - \frac{2}{k^3 \pi^3} \cdot \cos k \pi - \\ &- \xi^3 \cdot \left(-\frac{\cos k \pi}{k \pi} + \frac{\cos k \pi \xi}{k \pi}\right) = \\ = &\frac{-2\xi \cdot \cos k \pi}{k \pi} - \frac{\xi^3 \cdot \cos k \pi}{k \pi} - \frac{\xi \cdot \cos k \pi}{k \pi} + \\ &+ \frac{6\xi \cdot \cos k \pi}{k^3 \pi^3} + \frac{3\xi^3 \cdot \cos k \pi \xi}{k \pi} - \\ &- \frac{3\xi^2 \cdot \sin k \pi \xi}{k^2 \pi^2} + \frac{\xi^3 \cdot \cos k \pi \xi}{k \pi} - \\ &- \frac{3\xi^2 \cdot \sin k \pi \xi}{k^2 \pi^2} - \frac{6\xi \cdot \cos k \pi \xi}{k^3 \pi^3} + \\ &+ \frac{6 \sin k \pi \xi}{k^4 \pi^4} + \frac{3\xi \cdot \cos k \pi}{k \cdot \pi} - \\ &- \frac{6\xi \cdot \cos k \pi}{k^3 \pi^3} - \frac{3\xi^3 \cdot \cos k \pi \xi}{k \pi} + \\ &+ \frac{6\xi^2 \cdot \sin k \pi \xi}{k^2 \pi^2} + \frac{6\xi \cdot \cos k \pi}{k^3 \pi^3} + \frac{\xi^3 \cdot \cos k \pi}{k \pi} - \\ &- \frac{\xi^3 \cdot \cos k \pi \xi}{k \pi} = \frac{6 \sin k \pi \xi}{k^4 \pi^4}. \end{aligned}$$

Verg. (69) wordt dus:

$$\frac{k^4 \pi^4}{6} \cdot \frac{6 \sin k \pi \xi}{k^4 \pi^4} = \sin k \pi \xi = y(\xi)$$

zoodat inderdaad aan (65) is voldaan.

De eigenwaarden van de kern (68) of (41) met de bijbehorende eigenfuncties zijn dus volgens (66) en (67):

$$\begin{aligned}
 k=1 \quad \lambda_1 &= \frac{\pi^4}{6} & y_1(\xi) &= \sin \pi \xi \\
 k=2 \quad \lambda_2 &= \frac{16 \pi^4}{6} & y_2(\xi) &= \sin 2 \pi \xi \\
 k=3 \quad \lambda_3 &= \frac{81 \pi^4}{6} & y_3(\xi) &= \sin 3 \pi \xi
 \end{aligned}$$

en in het algemeen:

$$\lambda_k = \frac{k^4 \pi^4}{6} \text{ en } y_k(\xi) = \sin k \pi \xi \quad \dots\dots\dots (70)$$

Duidelijk herkent men in de eigenfuncties de verschillende mogelijke enkelvoudige uitbuigingsvormen (eigendoorbuigingen), die de staaf — waarvan de opleggingswijze door de kern is bepaald (hier dus een ligger op twee steunpunten) — bij een vrije trilling kan aannemen, terwijl de eigenwaarden λ , in verband met (64), de daarbij behorende frequenties bepalen.

Immers stelt men:

$$\lambda_k = \frac{k^4 \pi^4}{6} = \frac{\mu \cdot \omega_k^2 \cdot l^4}{6 E \cdot I}$$

dan volgt hieruit:

$$\omega_k = k^2 \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu \cdot l^4}}$$

zijnde de frequentie voor de vrije trilling met k halve sinusgolven volgens form. (15).

De eigenfuncties zijn op grond van de integraalvergelijking op een constante na bepaald. Immers is $y_k(\xi)$ een oplossing met λ_k als eigenwaarde, dan zal $c \cdot y_k(\xi)$ eveneens een oplossing zijn bij dezelfde eigenwaarde.

Bepaalt men de constante c zoodanig dat:

$$\int_0^1 \left[c \cdot y_k(\xi) \right]^2 \cdot d\xi = 1 \quad \dots\dots\dots (71)$$

dan is de eigenfunctie *genormeerd* en aldus *eenduidig* bepaald.

Zooals in hoofdstuk 1 reeds werd afgeleid, is de constante c in het beschouwde geval van een ligger op twee steunpunten voor alle eigenfuncties $\sqrt{2}$, zoodat de algemeene vorm voor de genormeerde eigenfunctie overeenkomstig (18) is:

$$y_k(\xi) = \sqrt{2} \cdot \sin k \pi \xi.$$

Wellicht ten overvloede moge nog worden opgemerkt, dat de normeeringsconstante eener eigenfunctie niets heeft uit te staan met haar eigenwaarde, evenmin als de amplitude eener genormeerde doorbuiging iets heeft uit te staan met de frequentie bij dien uitbuigingsvorm behorende.

Uit de ontstaanswijze der homogene integraalvergelijking zal men verder gemakkelijk inzien, dat zij gelijkwaardig is met een oneindig aantal homogene lineaire vergelijkingen met een oneindig aantal onbekenden (doorbuigingen y), waarvan de determinant van het oneindig aantal coëfficiënten de seculaire vergelijking geeft voor de bepaling van het oneindig aantal mogelijke frequenties (eigenwaarden λ) der vrije trilling van het oneindig aantal massapunten $\mu \cdot ds$.

Evenals bij de homogene lineaire vergelijkingen alleen bij bepaalde waarden van ω niet-triviale oplossingen mogelijk zijn, zal aan de homogene integraalvergelijking, indien λ geen eigenwaarde is, alleen de triviale oplossing $y(\xi) \equiv 0$ kunnen voldoen.

Wanneer in de integraalvergelijking (65) voor de kern wordt gesubstitueerd de invloedsfunctie (44) van den ingeklemde ligger, zoo zullen de eigenwaarden der kern worden:

$$\lambda = \frac{\beta^4}{6} \quad \dots\dots\dots (72)$$

waarbij β overeenkomstig (23) wordt bepaald door de wortels der verg.:

$$\cosh \beta \cdot \cos \beta + 1 = 0 \quad \dots\dots\dots (73)$$

De genormeerde eigenfuncties worden in dit geval door (34) gegeven.

Ook hier bepalen de eigenfuncties de verschillende mogelijke eigendoorbuigingen bij vrije trilling en de eigenwaarden de daarbij behorende frequenties.

Wanneer in de integraalvergelijking (65) voor $K(\xi, \sigma)$ de invloedsfuncties (41) of (44) worden gesubstitueerd, kan daaruit de differentiaalvergelijking (7) voor de eigendoorbuigingen der vrije trilling worden afgeleid, hetgeen uit het volgende moge blijken.

Wanneer een accent duidt op een eenmalige differentiatie naar ξ , volgt uit (65), bedenkende dat de invloedsfunctie voor $\sigma < \xi$ en $\sigma > \xi$ een anderen vorm heeft resp. aangeduid met ${}_1K$ en ${}_2K$:

$$\begin{aligned}
 y'''(\xi) &= \lambda \cdot \left\{ \int_{\sigma=0}^{\sigma=\xi} {}_1K'''(\xi, \sigma) \cdot y(\sigma) \cdot d\sigma + \right. \\
 &\quad \left. + \lambda \int_{\sigma=\xi}^{\sigma=1} {}_2K'''(\xi, \sigma) \cdot y(\sigma) \cdot d\sigma \right\} \quad \dots\dots (74)
 \end{aligned}$$

Nog een keer differentieerende vindt men:

$$\begin{aligned}
 y''''(\xi) &= \lambda \cdot {}_1K''''_{\sigma=\xi} \cdot y(\xi) - \\
 &\quad - \lambda \cdot {}_2K''''_{\sigma=\xi} \cdot y(\xi) = {}^{12)} \\
 &= \lambda \cdot y(\xi) \cdot \left[{}_1K''''_{\sigma=\xi} - {}_2K''''_{\sigma=\xi} \right] \quad \dots (75)
 \end{aligned}$$

Nu wordt, zooals men gemakkelijk kan verifiëren, de vorm tusschen haakjes zoowel voor de invloedsfunctie van den ligger op twee steunpunten als voor die van den ingeklemde ligger = 6.

Vult men in (75) voor λ de waarde (64) in, dan vindt men

$$\frac{d^4 y}{d\xi^4} = \frac{\mu \cdot \omega^2 \cdot l^4}{E \cdot I}$$

of wel daar $x = \frac{\xi}{l}$:

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{\mu \cdot \omega^2}{E \cdot I} \cdot y = a^4 \cdot y$$

welke betrekking overeenkomt met (7).

12) Differentieert men een bepaalde integraal resp. naar zijn bovenste en onderste grens, dan krijgt men zooals bekend is de integrand ter plaatse van die grens resp. voorzien van het plus- en het mintteeken.

Opgemerkt kan nog worden, dat de vorm tusschen haakjes in het 2e lid van (75) steeds de waarde 6 aanneemt, onafhankelijk van de wijze waarop de ligger is ondersteund. Immers volgens (40) en (43) is de elastische lijn van een ligger met een lengte $l=1$, wanneer in het punt σ zich een last $P=1$ bevindt, steeds voor te stellen door de verg.:

$$y(\xi) = \frac{1}{6 E \cdot I} \cdot K(\xi, \sigma) \dots\dots\dots (76)$$

wanneer $K(\xi, \sigma)$ de bijbehorende invloedsfunctie is.

Gebruik makende van de formule $D = -E \cdot I \cdot y'''$ voor de dwarskracht en bedenkende, dat ter plaatse $\xi = \sigma$ deze dwarskracht een sprong $= 1$ vertoont, kan men in verband met (76) opschrijven:

$$\begin{aligned} -\frac{1}{6} K'''(\xi, \sigma)_{\xi=\sigma-\varepsilon} - 1 = \\ = -\frac{1}{6} K'''(\xi, \sigma)_{\xi=\sigma+\varepsilon} \dots\dots\dots (77) \end{aligned}$$

wanneer ε een zeer kleine grootheid is met limiet $= 0$.

Het is duidelijk, dat K''' in het eerste lid dezer vergelijking betrekking heeft op ${}_2K$ en in het 2e lid op ${}_1K$, daar immers in het eerste geval $\sigma > \xi$ en in het tweede $\sigma < \xi$.

Met $\varepsilon = 0$ kan (77) dan worden geschreven:

$${}_1K'''_{\sigma=\xi} - {}_2K'''_{\sigma=\xi} = 6.$$

De eigenfuncties van de integraalvergelijking (65) kunnen dus worden gevonden door oplossing van de differentiaalvergelijking (7), met inachtnaam der gegeven randvoorwaarden. Dat dit resultaat moest worden verkregen kon natuurlijk worden verwacht.

Terugkeerende tot de integraalvergelijking (65), zal men gemakkelijk inzien, dat deze niets anders uitdrukt, dan dat de doorbuiging in een bepaald punt ξ gelijk is aan de som van alle elementaire doorbuigingen, in dat punt veroorzaakt door de in alle punten van den ligger werkende traagheidskrachtjes $\mu \cdot ds \cdot \omega^2 \cdot y$.

In analogie met het bekende vraagstuk uit de theorie der warmtegeleiding in een staaf, waarbij het temperatuurverloop wordt gevraagd, wanneer over de geheele lengte van de staaf zich elementaire warmtebronnen bevinden en welk vraagstuk eveneens tot een integraalvergelijking voert (zie b.v. lit. 4), zegt men ook bij de trillende staaf, dat de eigenuitbuiging door (65) in *bronvorm* is voorgesteld. Over de geheele lengte van de staaf kan men zich hier als het ware elementaire *krachtbronnen* denken, waarvan de invloeden op de doorbuiging in een bepaald punt lineair kunnen worden gesuperponeerd.

(Wordt vervolgd).

Literatuur.

1. Rayleigh, „The Theory of Sound”, Vol. I, 2nd ed. (revised and enlarged), Macmillan, London 1926.
2. Hilbert, „Grundzüge einer allgemeinen Theorie der linearen Integralgleichungen”, Leipzig 1912.
3. Hellinger und Toeplitz, „Integralgleichungen und Gleichungen mit unendlichvielen Unbekannten” (Sonderausgabe aus der Encyclopädie der Mathem. Wissensch.), Berlin 1928.
4. Kneser, „Die Integralgleichungen”, Braunschweig 1922.
5. Vivanti-Schwank, „Lineare Integralgleichungen”, Hannover 1929.
6. Wiarda, „Integralgleichungen” (Math.-Phys. Lehrbücher herausgegeben von E. Trefftz), Leipzig-Berlin 1930.
7. Courant und Hilbert, „Methoden der mathematischen Physik” I, Berlin 1924.
8. Hort, „Die Differentialgleichungen des Ingenieurs”, Berlin 1925.
9. Biezeno, „Een toepassing van de leer der integraalvergelijkingen op de bepaling van de elastische lijn van een over zijn geheele lengte elastisch ondersteunden balk”, *Verslagen Kon. Academie van Wet.* Amsterdam, deel XXXII, No. 3, 1923.
10. Koch, „Eenige toepassingen van de leer der eigenfuncties op vraagstukken uit de Toegepaste Mechanica”, Delft 1929.
11. Hohenemser und Prager, „Dynamik der Stabwerke”, Berlin 1933.
12. Hort, „Technische Schwingungslehre”, Berlin 1922.
13. Timoshenko, „Schwingungsprobleme der Technik”, Berlin 1932.
14. Den Hartog, „Mechanical Vibrations”, New-York-London 1934.
15. Cole, „Theory of vibrations for engineers”, London 1935.
16. Blokland, Visseren Meerdink, „Methode ter berekening van langsscheepsche buigingstrillingen van een schip met behulp van een stelling van Maxwell”, *De Ingenieur* 1935 — No. 45.
17. Biezeno en Koch, „Over de berekening van de eigen trillingen van niethomogene machines, *Schip en Werf* 1936 — No. 25, 26.
18. Stodola, „Dampf- und Gasturbinen”, Berlin 1922.
19. Vianello, „Graphische Untersuchung der Knickfestigkeit gerader Stäbe”, *Zeitschr. Ver. D. Ing.* 1898, blz. 1436.
20. Klopper, „Leerboek der Toegepaste Mechanica” II, Delft 1935, blz. 420.
21. Vreedenburgh, „Berekening der spanningen in den wand van vlak belaste buisleidingen met grooten diameter met behulp der benaderingsformules voor samengestelde knik”, *De Waterstaatsingenieur* 1931 — No. 7.
22. Bijlaard, „Knikzekerheid van den bovenrand van open wandbruggen”, *De Ingenieur* 1932 — No. 4.
23. Briske, „Die Erdbebensicherheit von Bauwerken”, Berlin 1927.
24. Vreedenburgh, „Eenige beschouwingen over het gevaar van aardbevingen voor bouwconstructies”, *De Ingenieur in Ned.-Indië* 1935 — No. 7.

Het bepalen van de vrije kniklengte van een rechthoekig raamwerk bij zijdelings uitknikken in zijn vlak

door

ir. R. ROOSSENSO,

Ingenieur bij de onderafd. Constructiebureau van het Dep. van V. en W.

In zijn boekwerk „Die Knickfestigkeit” behandelt R. Mayer op blz. 117 de uitknikking van een rechthoekig raamwerk voor het *symmetrisch* knikgeval, waarbij de punten B en C onverschuifbaar zijn.

Tevens neemt hij aan, dat de stijfheden van boven- en onderregel *gelijk* zijn.

Bij de afleiding van zijn formules gaat hij uit van een cosinuslijn als knikkromme.

Zijn de stijfheden van boven- en onderregel (resp. I_b en I_o) niet aan elkaar gelijk, dan zal de nulas van de cosinuslijn — zooals onmiddellijk valt in te zien — niet meer verticaal zijn.

Aan de hand van fig. 1 kunnen nu de volgende

betrekkingen worden neergeschreven:

$$\frac{\pi f}{L} \sin \frac{\pi a}{L} = -\frac{\pi^2 u f I_s}{2 I_b L^2} \cos \frac{\pi a}{L} + \frac{f}{h} \left(\cos \frac{\pi(h-a)}{L} - \cos \frac{\pi a}{L} \right);$$

$$\frac{\pi f}{L} \sin \frac{\pi(h-a)}{L} = -\frac{\pi^2 u f I_s}{2 I_o L^2} \cos \frac{\pi(h-a)}{L} + \frac{f}{h} \left(\cos \frac{\pi a}{L} - \cos \frac{\pi(h-a)}{L} \right);$$

en na deeling door $\frac{\pi f}{L}$, onder invoering van $\frac{I_s}{I_b} = \frac{1}{n}$

$$\text{en } \frac{I_s}{I_o} = \frac{1}{m};$$

$$\sin \frac{\pi a}{L} = -\frac{\pi u}{2nL} \cos \frac{\pi a}{L} + \frac{L}{\pi h} \left(\cos \frac{\pi(h-a)}{L} - \cos \frac{\pi a}{L} \right);$$

$$\sin \frac{\pi(h-a)}{L} = -\frac{\pi u}{2mL} \cos \frac{\pi(h-a)}{L} + \frac{L}{\pi h} \left(\cos \frac{\pi a}{L} - \cos \frac{\pi(h-a)}{L} \right).$$

Uit deze twee goniometrische vergelijkingen met a en L als onbekenden is het niet gemakkelijk een der grootheden te elimineeren, zoodat de oplossing probeerderwijs c.q. grafisch wordt verkregen (zie hiervoor lit. 1 en 2).

Het geval van *zijdelings uitknikken* in het vlak van het raamwerk laat zich op de volgende wijze behandelen.

Uit het feit, dat bij willekeurige waarden van m en n de nulas van de sinus-kromme *steeds verticaal* blijft, kunnen we uit het stelsel vergelijkingen de grootheid a elimineeren (zie fig. 2).

De twee vergelijkingen in a en L hebben den volgende vorm:

$$\operatorname{tg} \frac{\pi a}{L} = \frac{6nL}{\pi u} \quad \text{en}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\pi(h-a)}{L} = \frac{6mL}{\pi u}.$$

Toepassing van de goniometrische formule

$$\operatorname{tg}(\alpha - \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$$

levert na eenige herleiding:

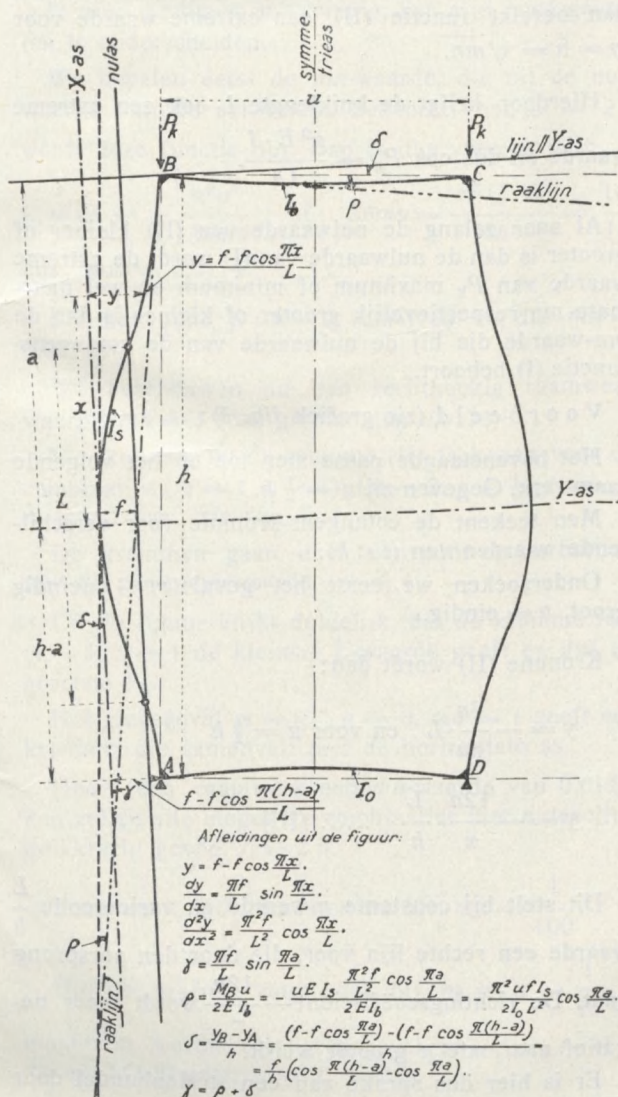


Fig. 1. Uitknikking bij verticaal blijvende symmetrie-as.

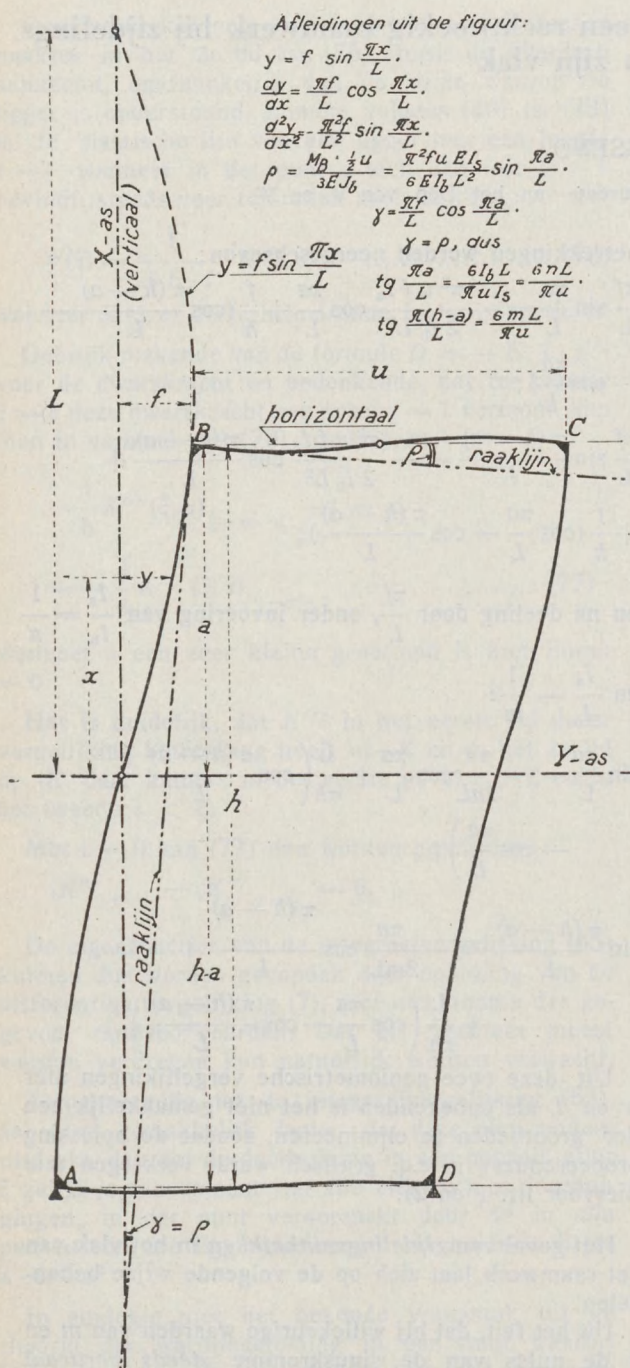


Fig. 2. Uitknikking bij gedraaide symmetrievertiaal.

$$\cot \frac{\pi h}{L} = \frac{\frac{\pi^2 u^2}{36mn} - L^2}{\frac{\pi u (m+n)}{6mn} \cdot L}$$

We beschouwen dit verband als voorgesteld door de krommen:

$$y = \cot \frac{\pi h}{L} \dots \dots \dots (I)$$

$$y = \frac{\frac{\pi^2 u^2}{36mn} - L^2}{\frac{\pi u (m+n)}{6mn} \cdot L} \dots \dots \dots (II)$$

Vergelijking (I) kan direct in tekening gebracht worden, onafhankelijk van u (lengte der regels), m (verh. $I_b : I_s$) en n (verh. $I_o : I_s$).

Beschouwt men kromme (II), dan valt het volgende op te merken:

a/. De grootheden m en n kunnen met elkaar worden verwisseld, hetgeen zeggen wil, dat het onverschillig is, wat men boven- of onderregel noemt.

b/. Gaat men uit van een bepaalde waarde van het product mn , dan levert de nulwaarde van de tellerfunctie ook een nulwaarde op van de functie (II), onafhankelijk van de somwaarde ($m + n$).

Teekent men bij constante mn -waarde en variërende ($m + n$)-waarde een stelsel krommen (II), dan gaan deze krommen door één punt.

De functie (II) wordt nul voor

$$L = \frac{\pi u}{6mn} \sqrt{mn}.$$

c/. Gaan we uit van een constante mn -waarde, dan bereikt functie (II) een extreme waarde voor $m = n = \sqrt{mn}$.

Hierdoor krijgt de kniklengte L ook een extreme waarde en dus ook $P_k = \frac{\pi^2 E \cdot I}{L^2}$.

Al naar gelang de nulwaarde van (II) kleiner of grooter is dan de nulwaarde van (I) wordt de extreme waarde van P_k maximum of minimum en wel naarmate mn respectievelijk grooter of kleiner is dan de mn -waarde die bij de nulwaarde van de cotangensfunctie (I) behoort.

Voorbeeld (zie grafiek fig. 3):

Het bovenstaande passe men toe op het volgende raamwerk. Gegeven zij $u = \frac{1}{2} h$.

Men teekent de cotangens-kromme voor verschillende waarden van ($L : h$).

Onderzoeken we eerst het geval: $m =$ oneindig groot, $n =$ eindig.

Kromme (II) wordt dan:

$$y = -\frac{6n}{\pi u} \cdot L \quad \text{en voor } u = \frac{1}{2} h$$

$$y = -\frac{12n}{\pi} \cdot \frac{L}{h} \dots \dots \dots (III)$$

Dit stelt bij constante n -waarde en variërende $\frac{L}{h}$ waarde een rechte lijn voor, die door den oorsprong gaat. De richtingscoëfficiënt $-\frac{12n}{\pi}$ wordt meer negatief naarmate n grooter wordt.

Er is hier dus sprake van een stralenbundel door den oorsprong.

Het snijpunt van (III) met de cotangenskromme (I) levert de gezochte waarde van $\frac{L}{h}$.

Voor $n = \infty$ wordt de richtingscoëfficiënt ∞ en het snijpunt met de cot-kromme valt op de asymptoot. Men vindt $L : h = 1$, dus $L = h$. (Staaf aan beide einden ingeklemd, echter zijdelings verschuifbaar).

Voor $n = 0$ wordt de richtingscoëfficiënt ook nul en kromme (III) valt samen met de horizontale as. Men vindt $L : h = 2$, of $L = 2h$.

(Staaf aan één einde ingeklemd, aan het andere eind scharnierend en verschuifbaar).

Is $m =$ eindig en $n =$ eindig, dan zijn twee gevallen te onderscheiden.

We bepalen eerst de mn -waarde, die bij de nulwaarde van de cot-functie behoort. Voor $L = 2h$ wordt deze functie nul. Dan is dus volgens (II):

$$L = 2h = \sqrt{\frac{\pi^2 u^2}{36mn}} \quad \text{of} \quad 36mn = \frac{\pi^2 (\frac{1}{2}h)^2}{4h^2} = \frac{10}{16},$$

dus $mn = 0,0174$.

Bij het punt $L : h = 2$ schrijven we dus $mn = 0,0174$.

We beschouwen nu een rechthoekig raamwerk waarbij $mn = 1$ (dus groter dan 0,0174).

We kunnen nu de kromme (II) teekenen voor de combinaties ($m = 1, n = 1$), ($m = 2, n = \frac{1}{2}$), ($m = 4, n = \frac{1}{4}$) enz. (zie fig. 3).

De krommen gaan door één punt op de hor. as met de parameterwaarde $mn = 1$.

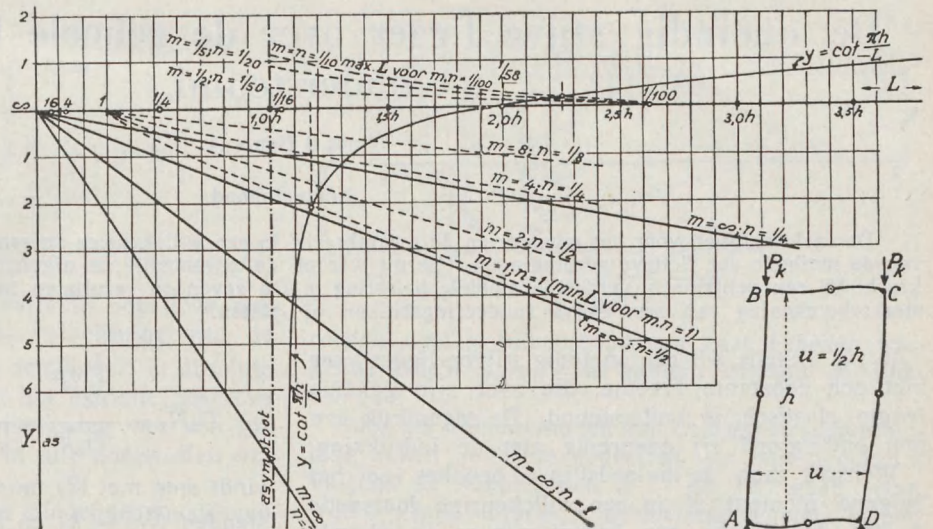
Uit de figuur blijkt duidelijk, dat de kromme met $m = 1, n = 1$ de kleinste L -waarde geeft en dus de grootste P_k .

Het grensgeval $m = \infty, n = 0, mn = 1$ geeft een kromme, die samenvalt met de horizontale as.

Heeft een raamwerk een mn -waarde van 0,0174, dan zullen alle mogelijke combinaties met n dezelfde knikkracht geven. $L = 2h$.

$$\text{Voor } mn < 0,0174 \text{ nemen we b.v. } mn = \frac{1}{100}.$$

Uit de grafiek volgt, dat bij $m = n = \frac{1}{10}$, L maximum wordt. Het grensgeval $m = \infty, n = 0, mn = 1/100$ geeft weer $L = 2h$.



De oneindig stijve ligger over de geheele lengte elastisch ondersteund.

(met 6 figuren).

Korte inhoud.

De invloedslijnen voor het moment en de dwarskracht in een willekeurige doorsnede worden bepaald met behulp van de methode der fictieve verbindingen. Hieruit worden de extremaallijnen afgeleid voor het moment en de dwarskracht bij een gelijkmatig verdeelde mobiele belasting q . De gevonden resultaten kunnen van belang zijn voor de sterkteberekening van zeer stijve funderingsbalken of -platen.

In fig. 1 stelde AB een oneindig stijven ligger voor met een constante breedte, die over zijn geheele lengte elastisch is ondersteund. De tegendruk van den ondergrond zij evenredig met de indrukking.

Wenscht men de invloedslijn te bepalen voor het buigend moment M in een willekeurige doorsnede S van den ligger, zoo brengt men op de bekende wijze hier een scharnier aan met twee gelijke, doch tegengesteld gerichte, momenten M_0 , waardoor de ligger b.v. den gebroken stand $A'TB'$ zal innemen.

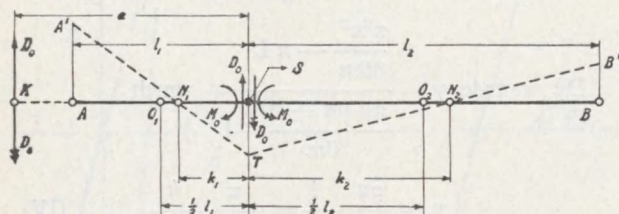


Fig. 1.

De nulpunten N_1 en N_2 , bepaald door de afstanden $SN_1 = k_1$ en $SN_2 = k_2$, laten zich op de volgende wijze berekenen.

Als regel zal in het scharnier S ook een dwarskracht D_0 aanwezig zijn. De dwarskracht, zooals deze op het linkerdeel $AS = l_1$ wordt uitgeoefend, samen met het op dit deel werkend moment M_0 , geeft een even groote naar *boven* gerichte kracht D_0 op een nog nader te bepalen afstand a links van S . Blijkbaar geeft de dwarskracht op het rechter deel $BS = l_2$ uitgeoefend, samen met het buigend moment M_0 op dit deel werkende, een kracht D_0 op den zelfden afstand a links van S gelegen, thans echter naar *beneden* gericht (fig. 1).

Met de theorie der spanningsverdeling in een doorsnede, wanneer een excentrische normaalkracht moet worden overgebracht, is dan gemakkelijk in te zien, dat de volgende betrekking moet gelden:

$$\frac{D(a - \frac{2}{3}l_1)}{\frac{1}{6}l_1^2} = \frac{D(a + \frac{2}{3}l_2)}{\frac{1}{6}l_2^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

waaruit volgt:

$$a = \frac{\frac{2}{3}l_1 l_2^2}{l_2 - l_1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Bedenkende dat:

$$\frac{O_1 N_1}{O_1 K} = \frac{\frac{1}{12}l_1^2}{a - \frac{1}{2}l_1} \quad \dots\dots\dots (3)$$

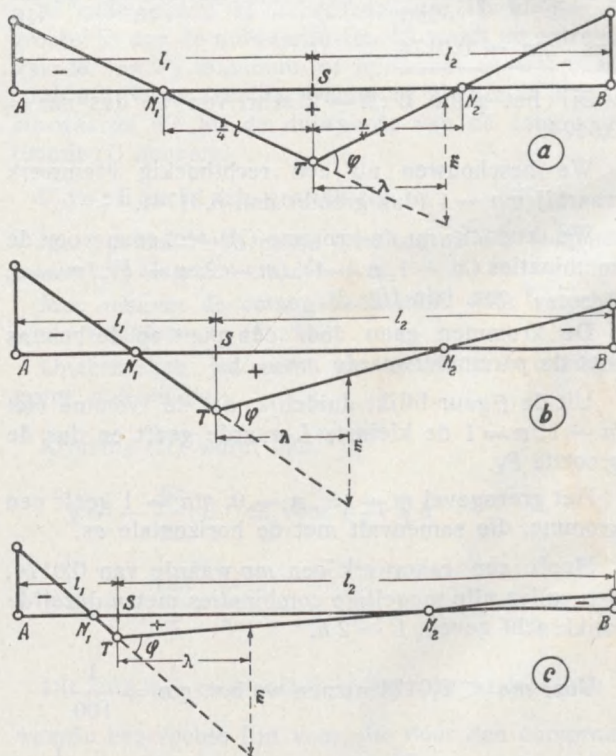
$$\frac{O_2 N_2}{O_2 K} = \frac{\frac{1}{12}l_2^2}{a + \frac{1}{2}l_2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

vindt men met (2) na eenige uitwerking, voor de afstanden $N_1 S = k_1$ en $N_2 S = k_2$:

$$k_1 = \frac{2l_1^2}{l_2 + 3l_1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$k_2 = \frac{2l_2^2}{l_1 + 3l_2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Bij een gelijkmatig verdeelde mobiele belasting q treedt blijkbaar in een doorsnede S het maximale positieve moment op, wanneer de ligger alleen tusschen de punten N_1 en N_2 wordt volbelast.

Fig. 2. Invloedslijnen M in S .

Stelt men de orthogonale waarde van de hoekverdraaiing φ der beide doorsneden in $S = \frac{m}{\lambda}$ (zie fig. 2), dan vindt men voor de waarde van dit extreme moment met $ST = h$:

$$M_{\max} = \frac{q}{m : \lambda} \cdot \frac{1}{2} (k_1 + k_2) \cdot h =$$

$$= \frac{q}{\frac{k_1 + k_2}{k_1} \cdot h \cdot \frac{1}{k_2}} \cdot \frac{1}{2} (k_1 + k_2) \cdot h$$

$$M_{\max} = \frac{1}{2} q k_1 k_2 \dots\dots\dots (7)$$

Het is duidelijk, dat het extreme negatieve moment in *S*, dat optreedt bij volbelasting van de gedeelten $\overline{AN_1}$ en $\overline{BN_2}$ van den ligger, in absolute waarde gelijk moet zijn aan het extreme positieve moment, daar immers bij volbelasting van den geheelen ligger het moment in alle doorsneden nul wordt.

In *fig. 2* zijn resp. voor de middendoorsnede van den ligger (*a*), die op $\frac{1}{3}$ der lengte rechts van *A* (*b*) en $\frac{1}{6}$ der lengte rechts van *A* (*c*), de invloedslijnen voor het buigend moment geteekend, alle met een orthogonale waarde 1 der hoekverdraaiing φ .

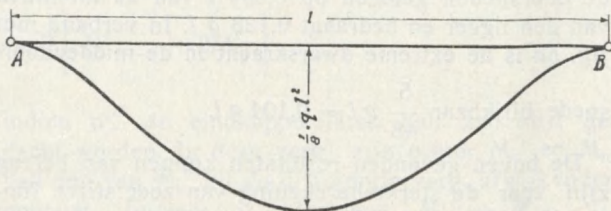


Fig. 3. Lijn der extreme momenten.

De extreme momenten verlopen als in *fig. 3* is aangegeven. Het allergrootste moment komt in het midden voor en is volgens *fig. 2a* in verband met (7):

$$\bar{M}_{\max} = \frac{1}{8} q l^2 \dots\dots\dots (8)$$

wanneer $l = l_1 + l_2$ de totale lengte van den ligger is.

Wenscht men de invloedslijn te teekenen voor de dwarskracht in een willekeurige doorsnede *S* van den ligger, dan bringe men hier op de bekende wijze een dwarskrachtverbinding (schuifgeleiding) aan met twee gelijke doch tegengesteld gerichte krachten D_o (*fig. 4*). In het algemeen zullen hierdoor in de verbinding ook momenten M_o optreden. De resultante van het moment en de kracht op het linker deel l_1 uitgeoefend zal een naar boven werkende kracht D_o geven op een nader te bepalen afstand a' links van *S* en de kracht en het moment op het

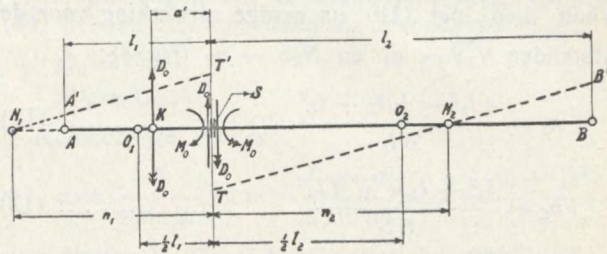


Fig. 4.

rechter deel l_2 uitgeoefend een naar *beneden* werkende kracht D_o op den *zelfden* afstand a' links van *S*.

Door het uiteenschuiven van de dwarskrachtverbinding zullen de beide gedeelten van den ligger b.v. volgens de stippellijnen $A'T'$ en $T'B'$ gaan staan, welke lijnen uiteraard *evenwijdig* moeten loopen.

Men zal gemakkelijk inzien, dat deze voorwaarde tot de volgende betrekking leidt:

$$\frac{D_o (\frac{2}{3} l_1 - a')}{\frac{1}{6} l_1^2} = \frac{D_o}{l_1} = \frac{D_o (\frac{2}{3} l_2 + a')}{\frac{1}{6} l_2^2} = \frac{D_o}{l_2}$$

$$\frac{\frac{1}{2} l_1}{\frac{1}{6} l_1^2} = \frac{\frac{1}{2} l_2}{\frac{1}{6} l_2^2}$$

waaruit volgt:

$$a' = \frac{l_1 l_2 (l_2 - l_1)}{2 (l_1^2 - l_1 l_2 + l_2^2)} \dots\dots\dots (10)$$

Bedenkende dat:

$$\frac{O_1 N_1}{O_1 K} = \frac{\frac{1}{12} l_1^2}{\frac{1}{2} l_1 - a'} = \frac{\frac{1}{12} l_1^2}{\frac{1}{12} l_2^2}$$

$$\frac{O_2 N_2}{O_2 K} = \frac{\frac{1}{12} l_2^2}{\frac{1}{2} l_2 + a'}$$

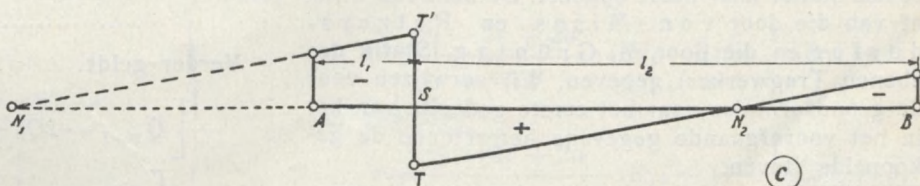
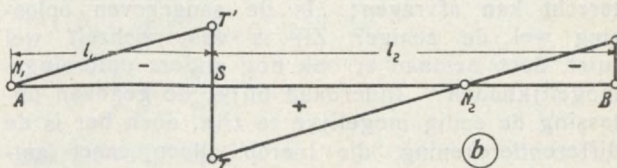
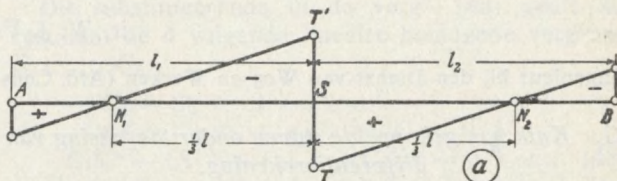


Fig. 5. Invloedslijnen D in S.

vindt men met (10) na eenige uitwerking voor de afstanden $\overline{N_1S} = n_1$ en $\overline{N_2S} = n_2$ (fig. 4):

$$n_1 = \frac{4l_1^2 - l_1l_2 + l_2^2}{6l_1} \dots\dots\dots (11)$$

$$n_2 = \frac{l_1^2 - l_1l_2 + 4l_2^2}{6l_2} \dots\dots\dots (12)$$

In fig. 5 zijn resp. voor de middendoorsnede (a), die op $\frac{1}{3}l$ rechts van A (b) en $\frac{1}{6}l$ rechts van A (c), de invloedslijnen voor de dwarskracht geteekend, alle op dezelfde schaal, bepaald door den afstand $\overline{TT'} = d$.

Voor de bepaling van de extreme positieve dwarskracht, tengevolge eener gelijkmatig verdeelde mobiele belasting q , dient men bij beschouwing van alleen de linker helft van den ligger onderscheid te maken tusschen doorsneden waarbij $n_1 > l_1$ (fig. 5c) en doorsneden waarbij $n_1 < l_1$ (fig. 5a). In fig. 5b is het grensgeval voorgesteld, waarbij $n_1 = l_1$.

Wanneer $n_1 > l_1$ moet het gedeelte $\overline{SN_2}$ worden volbelast en heeft men:

$$D_{\max} = \frac{q}{d} \cdot \frac{1}{2} n_2 \cdot \frac{n_2}{n_1 + n_2} \cdot d \text{ of:}$$

$$D_{\max} = \frac{n_2^2}{2(n_1 + n_2)} \cdot q \dots\dots\dots (13)$$

Daarentegen moet, wanneer $n_1 < l_1$, behalve het gedeelte $\overline{SN_2}$ ook het gedeelte $\overline{AN_1}$ worden volbelast om een extreme waarde te verkrijgen en heeft men:

$$D_{\max} = \frac{(l_1 - n_1)^2 + n_2^2}{2(n_1 + n_2)} \cdot q \dots\dots\dots (14)$$

Blijkbaar is de extreme negatieve dwarskracht in absolute waarde gelijk aan de extreme positieve, daar immers bij volbelasting van den ligger ook de dwarskracht in alle doorsneden nul wordt.

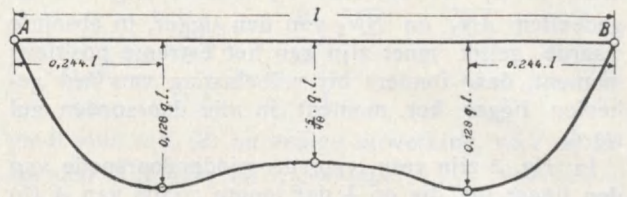


Fig. 6. Lijn der extreme dwarskrachten.

In fig. 6 is de lijn der extreme dwarskrachten geteekend. De allergrootste dwarskracht komt voor in de doorsneden gelegen op $0,244l$ van de uiteinden van den ligger en bedraagt $0,128ql$. In verband met fig. 5a is de extreme dwarskracht in de middendoorsnede blijkbaar

$$\frac{5}{48} ql = 0,104ql.$$

De boven gevonden resultaten kunnen van belang zijn voor de sterkteberekening van zeer stijve fundeeringsbalken of -platen.

Vr.

Over eenige bijzondere knikgevallen *)

door

ir. W. J. VAN DER EB,

Ingenieur bij den Dienst van Weg en Werken (Afd. Constructie en Bruggen) der Staatsspoorwegen in Ned.-Indië.

G. Knik van gekoppelde staven onder toepassing van differentierekening.

De oplossing van het vraagstuk van de gekoppelde staven, zooals in het voorafgaande is gegeven, is in zooverre onbevredigend, dat men zich terecht kan afvragen: „Is de aangegeven oplossing wel de eenige? Zij is voor zichzelf wel juist, doch bestaan er ook nog andere oplossingsmogelijkheden?” Inderdaad blijkt de gegeven oplossing de eenig mogelijke te zijn, doch het is de differentierekening, die hierop alleen exact antwoord kan geven. Hier moge voor belangstellenden de oplossing met differentierekening volgen zooals steller haar heeft opgezet. De methode wijkt af van die door von Mises en Ratzersdorfer en die door M. Grüning (Statik des ebenen Tragwerkes) gegeven. Wij verwijzen voor de grondformules naar het eerste gedeelte van het in het voorafgaande gegevene betreffende de gekoppelde staven.

*) Voortzetting en slot van het gelijknamige artikel in dit tijdschrift no. 10 — 1937.

Wij vinden dan verder:

$$M'_p = M_p - M_{p-1} = Py_p + m_{(p+1)l} - Py_p - m_{lpr} = m_{(p+1)l} - m_{lpr}.$$

Dus:

$$M'_p = \frac{P}{a \sin ac} \left[Q_{p+1} - 2Q_p + Q_{p-1} \right] + \frac{2P(1 - \cos ac)}{a \sin ac} Q_p$$

$$\text{of } M'_p = \frac{P}{a \sin ac} \Delta^2 Q_p + \frac{2P(1 - \cos ac)}{a \sin ac} Q_p \dots\dots\dots (40)$$

Verder geldt:

$$\begin{aligned} & - \left[Q_{p+1} - 2Q_p + Q_{p-1} \right] = \\ & = \eta \left[M'_p - M'_{p-1} \right] - B(M'_{p+1} - \end{aligned}$$

$$-M'_p) - (M'_p - M'_{p-1}) \Big] , \text{ of ook}$$

$$-\Delta^2 Q_p = \eta M'_p - B \Delta^2 M'_p \dots\dots\dots (41)$$

(40) en (41) vormen de gewone simultane differentie-vergelijkingen van de 2de orde met constante coëfficiënten die het vraagstuk beheerschen.

De eindvergelijkingen, die tevens de randvoorwaarden zijn, indien het aantal velden = n gesteld wordt luiden:

$$\left. \begin{aligned} M'_0 &= \frac{P}{a \sin ac} [Q_1 - Q_0 \cos ac]; \\ M'_n &= \frac{P}{a \sin ac} [Q_{n-1} - Q_n \cos ac]; \\ -[Q_1 - Q_0] &= \eta M'_0 - B [M'_1 - 2M'_0]; \\ -[Q_{n-1} - Q_n] &= \eta M'_n - \\ -B [M'_{n-1} - 2M'_n]. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (42)$$

indien n.l. de eindkoppelplaten half zoo stijf gedacht worden. In deze vergⁿ. zijn echter M'_0 en M'_n van een van M_p uit de differentie verg. afwijkenden opbouw. Immers is algemeen $M_p = M_{i(p+1)}$ — M_{ip} dus gelijk aan de som van de inwendige momenten links en rechts van een hoekpunt, terwijl $M'_0 = m_{11}$. Voor M'_0 en M'_n mag de voor M_p te vinden formule niet zonder meer toegepast worden door de substitutie $p = 0$ en $p = n$. De kunstgreep is dan deze, dat we de geheele stavenreeks aan weerszijden verlengd denken met 2 fictieve velden, zóó dat $Q_1 = Q_{-1}$ en $M_1 = M_{-1}$ en aan de andere zijde dito. Dit geeft geen wijziging in den evenwichtstoestand van de staaf. Wij hebben voor het nulpunt nu wel twee inwendige momenten aan weerszijden van het hoekpunt, welke onderling gelijk zijn (aan het andere eindpunt dito) en dit wil m.a.w. zeggen, dat in de vergⁿ. (42) M'_0 en M'_n slechts voor de helft in rekening te brengen zijn. Hierdoor worden deze vergⁿ:

$$\left. \begin{aligned} M'_0 &= \frac{2P}{a \sin ac} [Q_1 - Q_0 \cos ac]; \\ M'_n &= \frac{2P}{a \sin ac} [Q_{n-1} - Q_n \cos ac]; \\ -2 [Q_1 - Q_0] &= \eta M'_0 - \\ -2B [M'_1 - M'_0]; \\ -2 [Q_{n-1} - Q_n] &= \eta M'_n - \\ -2B [M'_{n-1} - M'_n]. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (43)$$

De oplossingen van de 2 simultane vergⁿ. (40) en (41) hebben den volgende algemeenen vorm:

$$Q_p = C \zeta^p$$

$$M'_p = C \gamma \zeta^p$$

Noemen we verder:

$$v = \frac{P}{a \sin ac} \text{ en } w = \frac{P \cos ac}{a \sin ac} \text{ en } x = \frac{(\zeta - 1)^2}{\zeta}$$

dan vinden we de 2 karakteristieke vergⁿ:

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= vx + 2(v - w) \\ -x &= (\eta - Bx)\gamma \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (44)$$

Uit (44) resulteert na eliminatie van γ

$$\left. \begin{aligned} x^2 - x \left[\frac{1 + \eta v}{Bv} - 2 \frac{(v - w)}{v} \right] - \\ - 2 \frac{\eta (v - w)}{Bv} = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (45)$$

terwijl verder:

$$\zeta^2 - (2 + x)\zeta + 1 = 0 \dots\dots\dots (46)$$

Zijn ζ_1 , ζ_2 en ζ_3 , ζ_4 de bij elkaar hoorende wortelparen van (46) na substitutie van de 2 wortels x_1 en x_2 uit (45), dan geldt verder dus:

$$\left. \begin{aligned} \zeta_1 \zeta_2 &= 1 & \text{en } \zeta_3 \zeta_4 &= 1 \\ (2 + x_1) &= \zeta_1 + \zeta_2 & (2 + x_2) &= \zeta_3 + \zeta_4. \end{aligned} \right\}$$

De algemeene oplossing krijgt dus den vorm:

$$\left. \begin{aligned} Q_p &= C_1 \zeta_1^p + C_2 \zeta_1^{-p} + C_3 \zeta_3^p + C_4 \zeta_3^{-p} \\ M'_p &= \gamma_1 [C_1 \zeta_1^p + C_2 \zeta_1^{-p}] \\ &+ \gamma_2 [C_3 \zeta_3^p + C_4 \zeta_3^{-p}] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (47)$$

Dit substitueerende in de vergⁿ. (43) geeft als resultaat de 4 volgende lineaire homogene vergⁿ. in $C_1 \dots C_4$:

$$\left. \begin{aligned} -C_1 + C_2 - C_3 + C_4 &= 0 \\ -\rho_1 C_1 + \rho_1 C_2 - \rho_2 C_3 + \rho_2 C_4 &= 0 \\ C_1 \zeta_1^n - C_2 \zeta_1^{-n} + C_3 \zeta_3^n - C_4 \zeta_3^{-n} &= 0 \\ \rho_1 C_1 \zeta_1^n - \rho_1 C_2 \zeta_1^{-n} + \rho_2 C_3 \zeta_3^n - \rho_2 C_4 \zeta_3^{-n} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (48)$$

Immers geldt:

$$\gamma_1 = (2 + x_1) v - 2w$$

$$\gamma_1 = \frac{-x_1}{\eta - Bx_1}$$

waaruit volgt, dat:

$$\frac{\gamma_1 - 2v + 2w}{v} = \frac{\eta \gamma_1}{B \gamma_1 - 1}$$

$$\text{of } v = \frac{\gamma_1 - 2v + 2w}{\eta \gamma_1} \cdot (B \gamma_1 - 1) = \frac{1}{\rho_1} (B \gamma_1 - 1)$$

en analoog:

$$v = \frac{\gamma_2 - 2v + 2w}{\eta \gamma_2} \cdot (B \gamma_2 - 1) = \frac{1}{\rho_2} (B \gamma_2 - 1).$$

De vergⁿ. (48) geven alleen dan een voor $C_1 \dots$ dan moet:
 C_4 van 0 verschillende oplossing, indien

$$\begin{vmatrix} -1 & +1 & -1 & +1 \\ -\rho_1 & +\rho_1 & -\rho_2 & +\rho_2 \\ +\zeta_1^n & -\zeta_1^{-n} & +\zeta_3^n & -\zeta_3^{-n} \\ +\rho_1 \zeta_1^n & -\rho_1 \zeta_1^{-n} & +\rho_2 \zeta_3^n & -\rho_2 \zeta_3^{-n} \end{vmatrix} = 0$$

Of na uitwerking indien:

$$\begin{aligned} & \left[\rho_2 - \rho_1 \right] \left[\rho_2 \left(\zeta_3^n - \zeta_3^{-n} \right) \left(\zeta_1^n + \zeta_1^{-n} \right) - \right. \\ & \left. - \rho_1 \left(\zeta_1^n - \zeta_1^{-n} \right) \left(\zeta_3^n + \zeta_3^{-n} \right) \right] = 0 \end{aligned}$$

Men ziet, dat hieraan alleen voldaan kan worden indien $\zeta_1 = \zeta_3$, waarmee tevens

$$\gamma_1 = \gamma_2 \text{ en } \rho_1 = \rho_2$$

Verder volgt dan uit (48) dat:

$$C_1 + C_3 = C_2 + C_4$$

Wij noemen nu in het vervolg:

$\zeta_1 = \zeta_2 = \zeta$ en $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$, voorts $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ en ook:

$$C_1 + C_3 = C_2 + C_4 = C$$

zoodat we weer met (48) krijgen:

$$C \left[\zeta^n - \zeta^{-n} \right] = 0$$

Wil dus:

$$C \neq 0$$

$$\left[\zeta^n - \zeta^{-n} \right] = 0$$

Aan deze verg. voldoet de vorm:

$$\zeta = \cos \varphi + i \sin \varphi$$

dus $\zeta^n - \zeta^{-n} = 2i \sin n\varphi = 0$, waaraan voldoen de n wortels:

$$\varphi = \left[\frac{k\pi}{n} \right]_{k=1, 2, 3, \dots, n}$$

en aangezien:

$$x = 2\zeta - 2, \text{ is dus}$$

$$x = 2 \left(\cos \frac{k\pi}{n} - 1 \right)_{k=1, 2, \dots, n}$$

Klaarblijkelijk is dus knik alleen mogelijk indien $x_1 = x_2 = x$ en $\zeta_1 = \zeta_2 = \zeta = \text{complex of wel:}$

$$\zeta^p = \cos p\varphi + i \sin p\varphi$$

$$\zeta^{-p} = \cos p\varphi - i \sin p\varphi.$$

Door de dubbele wortels verschijnen de oplossingen van de differentie vergⁿ. nu in den vorm:

$$Q_p = A \cos p\varphi + B \sin p\varphi + Cp \cos p\varphi + Dp \sin p\varphi$$

en:

$$M'_p = \gamma Q_p - 2v \sin \varphi \left[C \sin p\varphi - D \cos p\varphi \right].$$

Dezelfde eindvergⁿ. toepassende zoo krijgen we als knik-determinant

$$\begin{vmatrix} 0 & [-v \sin \varphi] & [-v \cos \varphi] \\ 0 & [-(1-B\gamma) \sin \varphi] & [-(1-B\gamma) \cos \varphi + 2vB \sin^2 \varphi] \\ [-v \sin \varphi \sin n\varphi] & [+v \sin \varphi \cos n\varphi] & [v \cos n\varphi \cos \varphi - nv \sin \varphi \sin n\varphi] \\ [-(1-B\gamma) \sin \varphi \sin n\varphi] & [(1-B\gamma) \sin \varphi \cos n\varphi] & [(1-B\gamma) \{ n \sin \varphi \cos n\varphi - \cos(n-1)\varphi \} + \\ & & + v \sin \varphi \{ \gamma \sin n\varphi + 2B(\sin n\varphi + \sin(n-1)\varphi) \}] \\ & [-v(\sin \varphi - 1)] & \\ & [-(1-B\gamma) \sin \varphi + \gamma v + 2Bv(1-\sin \varphi \cos \varphi)] & \\ & [nv \sin \varphi \cos n\varphi + v \sin^2 \varphi \cos \varphi] & \\ [(1-B\gamma) \{ n \sin \varphi \cos n\varphi + \sin(n-1)\varphi \} - v \sin \varphi \{ \gamma \cos n\varphi + 2B(\cos n\varphi - \cos(n-1)\varphi) \}] & & \end{vmatrix} = 0$$

Men ziet, dat deze determinant eveneens 0 wordt

$$\text{bij } \varphi = \frac{k\pi}{n}.$$

Hiermee zijn dus alle mogelijkheden beschouwd.

We hebben dus de oplossing gevonden:

$$Q_p = C \zeta^p = C (\cos p\varphi + i \sin p\varphi)$$

en met

$$Q = \frac{k\pi}{n} \text{ dus:}$$

$$Q_p = C \cos \frac{kp\pi}{n} \quad k=1, 2, 3, \dots, n$$

en dus verder:

$$M'_p = C \gamma \cos \frac{kp\pi}{n} \quad k=1, 2, 3, \dots, n$$

Hierin kan C dus willekeurig genomen worden, wat een aanduiding is voor het labiele evenwicht.

Wij kunnen nu verder vinden:

$$-M_{p-1} + 2M_p - M_{p+1} = m_{1pr} + m_{i(p+1)r} + m_{i(p+1)r} - m_{i(p+2)r}$$

of ook:

$$\begin{aligned} -\Delta^2 M_p &= M'_p - M'_{p+1} = C \gamma \left[\cos \frac{kp\pi}{n} - \right. \\ &\left. - \cos \frac{k(p+1)\pi}{n} \right]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -\Delta^2 M_p &= 2C \gamma \sin \frac{\pi}{2n} \sin \frac{(2p+1)k\pi}{2n} = \\ &= D \sin \frac{(2p+1)k\pi}{2n} \end{aligned}$$

$$\text{waaruit volgt } M_p = \frac{D}{2(1 - \cos \frac{k\pi}{n})} \sin \frac{(2p+1)k\pi}{2n} =$$

$$= E \sin \frac{(2p+1)k\pi}{2n}.$$

Hiermee is dus het sinusvormige verloop van de momenten M_p aangetoond.

Met $x = 2(\cos \frac{k\pi}{n} - 1)$ en na eliminatie van γ uit verg.ⁿ. (44) vindt men als knikvoorwaarde:

$$\frac{-x}{\eta - Bx} = vx + 2(v - w)$$

en wederom $ac = \frac{\pi}{m}$ invullende, zoo komt men na eenige herleidingen met $k = 1$ tot:

$$\frac{\frac{h^2}{2i_e^2}}{1 - \frac{EF_e h^2 Bx}{4c}} = \frac{2 \frac{\pi}{m} \left[\cos \frac{\pi}{n} - \cos \frac{\pi}{m} \right]}{\sin \frac{\pi}{m} (1 - \cos \frac{\pi}{n})},$$

zijnde dezelfde betrekking als boven gevonden.

H. Knik van zijdelings elastisch ondersteunde staven.

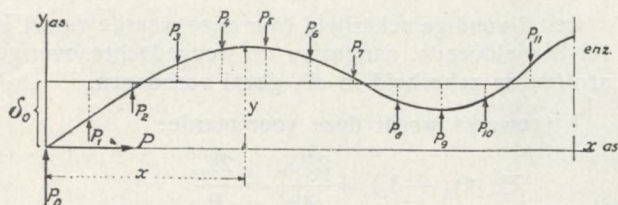
Stel, dat in een willekeurigen uitgeknikten toestand de knikkrachten, dwarskrachten enz. ontstaan als in fig. 25 aangegeven. Voor een willekeurige $(p+1)$ de tak luidt dan de diff. verg.:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -a^2y + \frac{S_p(x + \alpha c)}{E \cdot I}$$

indien $a^2 = \frac{P}{E \cdot I}$ en S_p de voor de doorsnede in rekening te brengen knik-dwarskracht, terwijl α een voor dezelfde doorsnede geldende en van de plaats van de knik-dwarskracht afhangende constante grootte voorstelt. Deze verg. kan ook geschreven worden:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -a^2y + \frac{S_p x + R_p c}{E \cdot I}.$$

Fig. 25



Hieruit valt af te leiden:

$$y = C_{1(p+1)} \cos ax + C_{2(p+1)} \sin ax + \frac{S_p x + R_p c}{P} \quad (49)$$

en

$$y''' = -a^3 [-C_{1(p+1)} \sin ax + C_{2(p+1)} \cos ax] \quad (50)$$

Met de eindvoorwaarden voor:

$$x = pc \quad \text{is } y = y_{(p+1)l}$$

$$x = (p+1)c \quad \text{is } y = y_{(p+1)r}$$

en indien verder genoemd wordt:

$$\eta_{(p+1)l} = y_{(p+1)l} - \frac{c}{P} [pS_p + R_p] \quad (51)$$

$$\eta_{(p+1)r} = y_{(p+1)r} - \frac{c}{P} [(p+1)S_p + R_p] \quad (52)$$

zoo vindt men:

$$C_{1(p+1)} = \frac{\eta_{(p+1)l} \sin (p+1)ac - \eta_{(p+1)r} \sin pac}{\sin ac} \quad (53)$$

$$C_{2(p+1)} = \frac{\eta_{(p+1)r} \cos pac - \eta_{(p+1)l} \cos (p+1)ac}{\sin ac} \quad (54)$$

Verder geldt algemeen voor de knikkracht (dwars gericht)

$$P_p = -[D_{1(p+1)l} - D_{1pr}] \quad (55)$$

of wel gelijk aan het verschil in inwendige dwarskracht links en rechts van de plaats waar deze kracht aangrijpt.

Nu is dus met (53) en (54) in verband met (50):

$$D_{1(p+1)l} = \frac{-aP}{\sin ac} \left[\eta_{(p+1)r} - \eta_{(p+1)l} \cos ac \right] \quad (56)$$

$$D_{1(p+1)r} = \frac{-aP}{\sin ac} \left[\eta_{(p+1)r} \cos ac - \eta_{(p+1)l} \right] \quad (57)$$

Aangezien $P\eta_p$ een moment voorstelt in het knooppunt p (zie (51) en (52) en op de knooppunten geen uitwendige momenten aangrijpen, moet bij continuïteit dus zijn:

$$\eta_{(p+1)l} = \eta_{pr} = \eta_p \quad (58)$$

Met (55) en (56) vindt men dus in verband met (58):

$$P_p = \frac{aP}{\sin ac} \left[\eta_{p+1} - 2\eta_p \cos ac + \eta_{p-1} \right]$$

of ook:

$$P_p = \frac{aP}{\sin ac} \Delta^2 \eta_p + \frac{2aP(1 - \cos ac)}{\sin ac} \eta_p \quad (59)$$

Uit (51) en (52) en in verband met de continuïteitsvoorwaarde $y_{(p+1)l} = y_{pr} = y_p$ vindt men:

$$\eta_{p+1} - 2\eta_p + \eta_{p-1} = y_{p+1} - 2y_p + \\ + y_{p-1} + \frac{c}{P} [S_{p-1} - S_p]$$

of ook:

$$\Delta^2 \eta_p = \Delta^2 y_p + \frac{c}{P} P_p \quad \dots\dots\dots (60)$$

Wij werken nu deze vergelijkingen (59) en (60) uit voor een staaf, bestaande uit n gelijke velden met elastische tegendrukken van gelijke veerkracht.

1^e geval met onverschuifbare einden.

Dit geval is reeds door F. Bleich in: „Theorie und Berechnung der eisernen Brücken” en door prof. P. P. B i j l a a r d in *De Ingenieur* 1932 No. 4: „Knikzekerheid van den bovenrand van open wandbruggen” uitvoerig behandeld en moge daarnaar verwezen worden. Wij trachten hier dus het geval 2) op te lossen, waarbij de eindsteunen eveneens veerend zijn en van gelijke veerkracht als de overige.

2^e geval met veerende eindsteunpunten.

Hiervoor geldt:

$$P_p = A (y_p - \delta_o)$$

als A de kracht is, noodig om de veerende stukken 1 cm uit te drukken en δ_o de uitwijking van het linker eindpunt is (dus voor het punt waar $p = 0$).

De differentie vergⁿ. (59) en (60) worden hierdoor:

$$B(y_p - \delta_o) = \nu \Delta^2 \eta_p + 2(\nu - w)\eta_p$$

en:

$$\Delta^2 \eta_p = \Delta^2 y_p + B(y_p - \delta_o)$$

als gesteld is $\nu = \frac{ac}{\sin ac}$, $w = \frac{ac \cos ac}{\sin ac}$ en $B = \frac{Ac}{P}$.

De algemeene oplossing luidt:

$$y_p = C_1 \zeta_1^p + C_2 \zeta_1^{-p} + C_3 \zeta_3^p + \\ + C_4 \zeta_3^{-p} + \delta_o \quad \dots\dots\dots (61)$$

$$\eta_p = \gamma_1 [C_1 \zeta_1^p + C_2 \zeta_1^{-p}] + \gamma_2 [C_3 \zeta_3^p + \\ + C_4 \zeta_3^{-p}] \quad \dots\dots\dots (62)$$

Met als karakteristieke vergⁿ.:

$$B = \gamma [\nu x + 2(\nu - w)] \quad \dots\dots\dots (63)$$

$$\gamma x = x + B \quad \dots\dots\dots (64)$$

indien n.l. gesteld is $x = \frac{(\zeta - 1)^2}{\zeta} \quad \dots\dots\dots (65)$

Uit (64) toch blijkt, dat $\zeta_1 \cdot \zeta_2 = 1$ en $\zeta_3 \cdot \zeta_4 = 1$ of wel $\zeta_2 = \zeta_1^{-1}$ en $\zeta_4 = \zeta_3^{-1}$.

De eindvoorwaarden bij symmetrische knik voor $p = 0$ en $p = n$ zijn $y_o = y_n = 0$ en $\eta_o = \eta_n = 0$, terwijl verder geldt $\Sigma P_p = 0$ of ook $\Sigma (y_p - \delta_o) = 0$.

Bij spiegel-symmetrische knik geldt voor $p = 0$ resp. $p = n$ dat $y_o = 0$ resp. $y_n = 2\delta_o$ en $\eta_o = \eta_n = 0$ voor beide einden, terwijl verder geldt $c \Sigma p P_p = 2P\delta_o$.

Wij vinden hiermee de constanten:

$$C_1 = \frac{\gamma_2}{\gamma_1 - \gamma_2} \cdot \frac{1 - \zeta_1^{-n}}{\zeta_1^n - \zeta_1^{-n}} \cdot \delta_o \text{ resp. } = \\ = \frac{\gamma_2}{\gamma_1 - \gamma_2} \cdot \frac{-1 - \zeta_1^{-n}}{\zeta_1^n - \zeta_1^{-n}} \cdot \delta_o$$

$$C_2 = \frac{-\gamma_2}{\gamma_1 - \gamma_2} \cdot \frac{1 - \zeta_1^n}{\zeta_1^n - \zeta_1^{-n}} \cdot \delta_o \text{ resp. } = \\ = \frac{-\gamma_2}{\gamma_1 - \gamma_2} \cdot \frac{-1 - \zeta_1^n}{\zeta_1^n - \zeta_1^{-n}} \cdot \delta_o$$

$$C_3 = \frac{-\gamma_1}{\gamma_1 - \gamma_2} \cdot \frac{1 - \zeta_3^{-n}}{\zeta_3^n - \zeta_3^{-n}} \cdot \delta_o \text{ resp. } = \\ = \frac{-\gamma_1}{\gamma_1 - \gamma_2} \cdot \frac{-1 - \zeta_3^{-n}}{\zeta_3^n - \zeta_3^{-n}} \cdot \delta_o$$

$$C_4 = \frac{\gamma_1}{\gamma_1 - \gamma_2} \cdot \frac{1 - \zeta_3^n}{\zeta_3^n - \zeta_3^{-n}} \cdot \delta_o \text{ resp. } = \\ = \frac{\gamma_1}{\gamma_1 - \gamma_2} \cdot \frac{-1 - \zeta_3^n}{\zeta_3^n - \zeta_3^{-n}} \cdot \delta_o$$

Met de eerste reeks waarden voor $C_1 \dots C_4$ en met de voorwaarden $\Sigma (y_p - \delta_o) = 0$ vindt men dan de knikvoorwaarde:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{(1 - \zeta_1^{n+1})(1 - \zeta_1^n)(1 - \zeta_3^{2n})}{(1 - \zeta_3^{n+1})(1 - \zeta_3^n)(1 - \zeta_1^{2n})} \cdot \frac{(1 - \zeta_3)}{(1 - \zeta_1)} \\ \dots\dots\dots (66)$$

Deze voorwaarde is in zekeren zin de speciale voorwaarde ter bepaling van de knikzekerheid van de staaf. De 2de voorwaarde is meer noodig voor de bepaling van de stijfheid van de elastische stutten. Hierbij hoeft n.l. nog geen sprake te zijn van knik van de staaf zelf, terwijl dan toch reeds een overschrijding van de stabiliteit van de elastische stutten kan hebben plaats gevonden.

Men kan de uitwerking van deze 2e voorwaarde omzeilen door de volgende redeneering: men denkt zich alleen de 2 eindstutten aanwezig, de overige hebben geen stijfheid; alsdan is het systeem labiel indien

$$2P\delta_o = A\delta_o \cdot nc \\ \text{of } A = \frac{2P}{nc} \quad \dots\dots\dots (67)$$

Een 2-voudige zekerheid voor deze waarde van A is reeds voldoende, aangezien de weggedachte overige stutten de zekerheid in elk geval verhoogen.

Uitgewerkt wordt deze voorwaarde:

$$\Sigma p(y_p - \delta_o) = \frac{2P\delta_o}{Ac} = \frac{2\delta_o}{B}$$

of ook:

$$\left[C_1 \left\{ \frac{n \zeta_1^{n+1}}{\zeta_1 - 1} - \frac{\zeta_1 (\zeta_1^n - 1)}{(\zeta_1 - 1)^2} \right\} + \right. \\ \left. + C_2 \left\{ \frac{n \zeta_1^{-n-1}}{\zeta_1^{-1} - 1} - \frac{\zeta_1^{-1} (\zeta_1^{-n} - 1)}{(\zeta_1^{-1} - 1)^2} \right\} \right. \\ \left. + C_3 \left\{ \frac{n \zeta_3^{n+1}}{\zeta_3 - 1} - \frac{\zeta_3 (\zeta_3^n - 1)}{(\zeta_3 - 1)^2} \right\} + \right.$$

$$\left[C_4 \left\{ \frac{n \zeta_3^{-n-1}}{\zeta_3^{-1} - 1} - \frac{\zeta_3^{-1} (\zeta_3^{-n} - 1)}{(\zeta_3^{-1} - 1)^2} \right\} \right] = \frac{2\delta_0}{B}.$$

Na substitutie van de 2de reeks waarden voor C_1 C_4 valt δ_0 weg, wat een bewijs is voor een labiel evenwicht.

Ongetwijfeld is ook knik bij deze spiegel-symmetrische golfvorming mogelijk, indien de staaf zelf betrekkelijk slap is. Bij een staaf met een lengte $l = 2c$ kan knik onder deze golfvorming alleen plaats

vinden indien $P = \frac{\pi^2 E \cdot I}{c^2}$ en $A = \frac{P}{c}$, zooals gemak-

kelijk valt in te zien, terwijl bij symmetrische golfvorming de virtueele kniklengte grooter dan c kan worden. Het valt voor een grooter aantal velden niet zoo gemakkelijk in te zien, welke van de 2 voorwaarden maatgevend is ten aanzien van knik. Men doet goed de zijdelingsche stutten te bemeten volgens formule (67) en vervolgens de knikvastheid van de staaf aan de hand van (66). Het lukt niet om formule (66) in een eenvoudige eindformule te brengen. De knikzekerheid moet dus voor elk geval afzonderlijk berekend worden. De gang van zaken is dan als volgt.

Uit de karakteristieke vergelijkingen worden γ_1 en γ_2 voorts ζ_1 en ζ_3 bepaald en dan nagegaan of deze waarden aan de knikvoorwaarde voldoen. Zoo niet, dan verandert men de grootte van P bij gelijkblijvende $E \cdot I$ en A net zoo lang tot aan de knikvoorwaarde voldaan is. Bij die waarde van P nu is het systeem in labiel evenwicht. Men kan dan zijn zekerheid ten opzichte van deze P -waarde bepalen. Men kan echter ook een grafiek samenstellen en wel op de volgende wijze:

Wordt genoemd $P = \frac{\pi^2 E \cdot I}{m^2 c^2}$, dan is $ac = \frac{\pi}{m}$ en wordt

$$\text{dus } v = \frac{\frac{\pi}{m}}{\sin \frac{\pi}{m}}, \quad w = \frac{\frac{\pi}{m} \cos \frac{\pi}{m}}{\sin \frac{\pi}{m}}$$

en $B = \frac{A m^2 c^3}{\pi^2 E \cdot I}$; wordt nu $Y = \frac{\pi^2 E \cdot I}{A c^3}$ genoemd, dan

$$\text{is dus } B = \frac{m^2}{Y}.$$

Nu verschillende waarden van m substitueerende in de karakteristieke vergelijkingen, zoo kan men γ_1 , γ_2 , ζ_1 en ζ_3 in Y uitdrukken, wat na substitutie in (66) een hogere graadsverg. geeft in Y . De verschillende wortels voor Y van deze verg. geven de kniktoestanden weer bij golfvorming van verschillend beeld.

Beschouwen we nu de karakteristieke vergⁿ. nader, dan kunnen we deze omvormen in:

$$x^2 - x \left[\frac{B - 2(v - w)}{v} - B \right] + \frac{2(v - w)B}{v} = 0 \quad (68)$$

terwijl verder ter bepaling van ζ geldt:

$$\zeta^2 - (2 + x) \zeta + 1 = 0 \quad (69)$$

Uit (68) zijn de 2 wortels x_1 en x_2 te bepalen en uit (69) de daarbij behorende waarden voor ζ_1 en ζ_3 (ζ_2 is n.l. $= \zeta_1^{-1}$ en $\zeta_4 = \zeta_3^{-1}$!) dus:

$$\zeta_1 = \frac{1}{2} \left[2 + x_1 + \sqrt{x_1^2 + 4x_1} \right]$$

$$\zeta_3 = \frac{1}{2} \left[2 + x_2 + \sqrt{x_2^2 + 4x_2} \right].$$

Wij onderscheiden nu verschillende gevallen:

1e) De wortels van (68) zijn reëel, zoodanig dat ζ_1 en ζ_3 complex worden en dan is te stellen:

$$\zeta_1 = \cos \varphi + i \sin \varphi, \quad \text{waarin } \cos \varphi = \frac{1}{2} (x_1 + 2)$$

$$\zeta_3 = \cos \psi + i \sin \psi, \quad \text{waarin } \cos \psi = \frac{1}{2} (x_2 + 2)$$

In dit geval wordt de differentie kromme:

$$(y_p - \delta_0) = A \cos p\varphi + B \sin p\varphi + C \cos p\psi + D \sin p\psi$$

2e) De wortels van (68) zijn complex. In dit geval is te stellen:

$$x_1 = c + di \quad \text{en} \quad x_2 = c - di$$

dan zijn ζ_1 en ζ_3 te schrijven in den vorm:

$$\zeta_1 = r (\cos \varphi + i \sin \varphi)$$

$$\zeta_3 = r (\cos \varphi - i \sin \varphi).$$

Hierin is $r = \sqrt{c^2 + d^2}$, $\cos \varphi = \frac{c}{r}$ en $\sin \varphi = \frac{d}{r}$

of ook $r = \sqrt{x_1 x_2}$, $\cos \varphi = \frac{x_1 + x_2}{2r}$, en

$$\sin \varphi = \frac{x_1 - x_2}{2ir}.$$

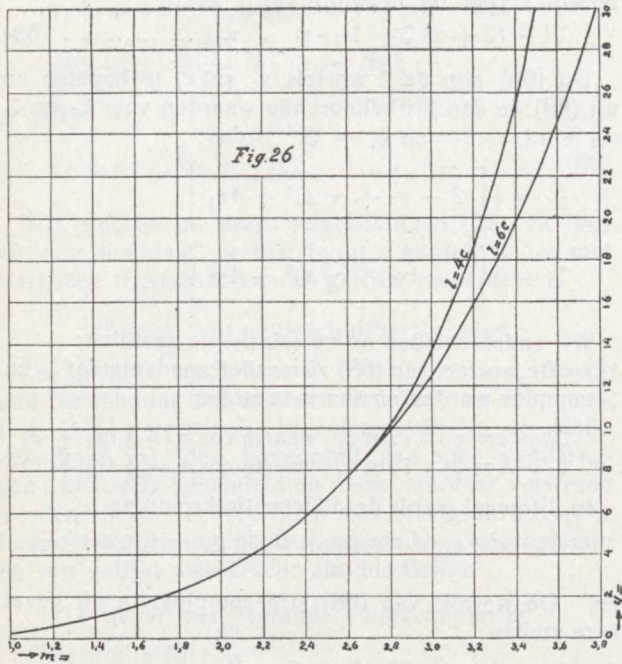
Ter bepaling van de hogere machten van ζ_1 en ζ_3 wordt gebruik gemaakt van de stelling van de Moivre. De differentie kromme voor y_p verschijnt in dit geval in den vorm:

$$(y_p - \delta_0) = r^p (A \cos p\varphi + B \sin p\varphi) + r^p (A \cos p\varphi + B \sin p\varphi).$$

Als toepassing van bovenstaande theorie zijn de lijnen $Y = f(m)$ destijds op een geheel andere wijze door prof. dr. ir. J. H. A. H a a r m a n afgeleid en uitgerekend, gecontroleerd. Prof. H a a r m a n neemt als eindresultaat een omhullende lijn aan, die raakt aan de krommen $Y = f(m)$ voor $l = 2c, 3c, 4c$ en $5c$, daarbij de knikking voor elk geval in slechts één golf veronderstellende.

Inderdaad is knikking in andere golfaantallen voor elk aantal velden op zich zelf mogelijk en elk willekeurig aantal golven heeft een gebied, waarbij het aanleiding geeft tot de minimum knikkracht.

De lijn van prof. H a a r m a n is dus een benadering in zooverre, dat zij in verschillende deelen exact is en in andere dus min of meer benaderend, doch in elk geval aan den veiligen kant benaderend, terwijl de gemaakte fout zeer gering is. Enkele steekproeven, getoetst aan bovenstaande theorie, hebben zulks bewezen. Deze lijnen zijn voor $l = 4c$ en $l = 6c$ in fig. 26 aangegeven.



Zij kunnen zonder meer gebruikt worden, omdat zij veilige uitkomsten geven. Wordt een nauwkeuriger berekening geëischt, dan kunnen zij in elk geval dienen als hulp bij de eerste benaderingen m.a.w. dus met behulp van deze grafieken is het benaderen in het wilde weg vermeden, d.w.z. men weet waar *ongeveer* de minimum knikkraft ligt als men de waarden door deze lijnen aangenomen als uitgangspunt neemt.

De toepassing hiervan moge aan den lezer zelf overgelaten worden. Zij verloopt ongeveer analoog aan het voorbeeld voor geval A in dit artikel gegeven.

1. Knikvastheid van gekoppelde staven die ter plaatse van de koppelplaten tevens zijdelings elastisch gestut zijn.

Wij onderstellen wederom de eindkoppelplaten half zoo stijf, verder de einden scharnierend doch onverschuifbaar opgelegd, terwijl de elastische stutten alle een gelijke veerconstante bezitten.

Wij leiden de differentie vergelijkingen van de 2 vorige gevallen opnieuw af, doch leggen thans de volledige differentiaalvergelijking aan beide gevallen ten grondslag. Deze luidt voor een willekeurige $(p+1)^{\text{de}}$ tak:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -a^2y + \frac{S_p x + R_p c + M_p}{EI_e}.$$

De oplossing luidt algemeen:

$$y = C_{1(p+1)} \cos ax + C_{2(p+1)} \sin ax + \frac{S_p x + R_p c + M_p}{P};$$

$$\text{dus: } y' = a \left[-C_{1(p+1)} \sin ax + C_{2(p+1)} \cos ax \right] + \frac{S_p}{P}$$

$$y'' = -a^2 \left[C_{1(p+1)} \cos ax + C_{2(p+1)} \sin ax \right]$$

$$y''' = -a^3 \left[-C_{1(p+1)} \sin ax + C_{2(p+1)} \cos ax \right]$$

Leiden wij thans op geheel dezelfde wijze de 2 differentie vergelijkingen voor elk der beide gevallen af, dan vinden wij:

$$M'_p = \frac{P}{a \sin ac} \Delta^2 Q_p + \frac{2P(1 - \cos ac)}{a \sin ac} Q_p - \frac{(S_p + S_{p-1})(1 - \cos ac)}{a \sin ac} \dots \dots \dots (70)$$

$$-\Delta^2 Q_p = \eta M'_p - B \Delta^2 M'_p \dots \dots \dots (71)$$

$$Ay_p = \frac{aP}{\sin ac} \Delta^2 \eta_p + \frac{2aP(1 - \cos ac)}{\sin ac} \eta_p - \frac{a(1 - \cos ac)(M_p + M_{p-1})}{\sin ac} \dots \dots \dots (72)$$

$$\Delta^2 \eta_p = \Delta^2 y_p + \frac{Ac}{P} y_p \dots \dots \dots (73)$$

Nu geldt echter voor elke tak afzonderlijk en bij continuïteit van de takken onderling:

$$\eta_p - y_p = -\frac{cpS_p}{P} - \frac{R_p c}{P} - \frac{M_p}{P}$$

en

$$\eta_{p+1} - y_{p+1} = -\frac{c(p+1)S_p}{P} - \frac{R_p c}{P} - \frac{M_p}{P}$$

waaruit na optelling van beide vergelijkingen resulteert:

$$S_p = \frac{P}{c} \left[\eta_p - \eta_{p+1} - y_p + y_{p+1} \right]$$

Wij vinden dan voor:

$$S_p + S_{p+1} = \frac{P}{c} \left[-\eta_{p+1} + \eta_{p-1} + y_{p+1} - y_{p-1} \right]$$

Verder geldt eveneens:

$$Q_p - Q_{p+1} = \eta M_p - B [M'_{p+1} - M'_p]$$

waarmee wij vinden:

$$M_p + M_{p-1} = \frac{Q_{p-1} - Q_{p+1}}{\eta} + \frac{B}{\eta} [M'_{p+1} - M'_{p-1}].$$

Hierdoor worden de vergⁿ. (70) en (71) na een kleine herleiding:

$$M'_p = \frac{Pc}{ac \sin ac} \Delta^2 Q_p + \frac{2Pc(1 - \cos ac)}{ac \sin ac} Q_p - \frac{P(1 - \cos ac)}{ac \sin ac} \left[y_{p+1} - y_{p-1} - \eta_{p+1} + \eta_{p-1} \right]$$

en

$$\frac{Ac}{P} y_p = \frac{ac}{\sin ac} \Delta^2 \eta_p + \frac{2ac(1 - \cos ac)}{\sin ac} \eta_p - \frac{ac(1 - \cos ac)}{P \sin ac} \left[\frac{Q_{p-1} - Q_{p+1}}{\eta} + \frac{B}{\eta} (M'_{p+1} - M'_{p-1}) \right]$$

Hiermee is het gelukt 4 gewone simultane differentie vergⁿ. van de 2de orde en met constante coëfficiënten te verkrijgen.

Wij laten de streng mathematische verdere afleiding achterwege, doch toonen aan, dat de volgende oplossing van het stelsel de juiste is. Zij is tevens de eenig mogelijke.

Zij luidt:

$$Q_p = \bar{Q}_0 \cos \frac{k\pi p}{n}, \quad M'_p = \bar{Q}_0 \gamma \cos \frac{k\pi p}{n}$$

en

$$y_p = \bar{y}_0 \sin \frac{k\pi p}{n}, \quad \eta_p = \bar{y}_0 \delta \sin \frac{k\pi p}{n}.$$

Als eindvergⁿ. gelden soortgelijke als die uit de theorie der gekoppelde staven, terwijl verder voor $p = 0$ en $p = n$ geldt, dat zowel $y_p = 0$ als $\eta_p = 0$ 4). Men overtuigt zich gemakkelijk, dat de

4) De eindvergelijkingen luiden n.l.:

$$M'_0 = \frac{2Pc}{ac \sin ac} \left[Q_1 - Q_0 \cos ac \right] - \frac{2P(1 - \cos ac)}{ac \sin ac} \left[y_1 - \eta_1 \right]$$

$$M'_n = \frac{2Pc}{ac \sin ac} \left[Q_{n-1} - Q_n \cos ac \right] - \frac{2P(1 - \cos ac)}{ac \sin ac} \left[y_{n-1} - \eta_{n-1} \right]$$

$$-2 \left[Q_1 - Q_0 \right] = \eta M'_0 - 2B \left[M'_1 - M'_0 \right]$$

$$-2 \left[Q_{n-1} - Q_n \right] = \eta M'_n - 2B \left[M'_{n-1} - M'_n \right]$$

$$y_0 = 0$$

$$y_n = 0$$

$$\eta_0 = 0$$

$$\eta_n = 0$$

bovenstaande oplossing zoowel de 4 differentie vergⁿ. alsook alle eindvoorwaarden identisch bevredigt. De knikvoorwaarde vindt men nu door substitutie van de gegeven oplossing in de 4 karakteristieke vergⁿ. der differentievergⁿ.

Men vindt nu uit (71) en (72) direct:

$$\gamma = \frac{+2 \left(\cos \frac{k\pi}{n} - 1 \right)}{\eta + 2B \left(\cos \frac{k\pi}{n} - 1 \right)} = \frac{-x}{\eta - Bx}$$

$$\delta = \frac{-2 \left(\cos \frac{k\pi}{n} - 1 \right) + \frac{Ac}{P}}{-2 \left(\cos \frac{k\pi}{n} - 1 \right)} = \frac{+x + \frac{Ac}{P}}{+x}$$

indien gesteld wordt $x = -2 \left(\cos \frac{k\pi}{n} - 1 \right)$.

Uit (70) en (72) vindt men na eenige herleidingen en indien verder genoemd wordt:

$$p = \frac{2ac(1 - \cos ac)}{\sin ac}; \quad r = \frac{2(1 - \cos ac)}{ac \sin ac};$$

$$z = \sin \frac{k\pi}{n}; \quad q = \frac{ac}{\sin ac}; \quad s = \frac{1}{ac \sin ac}$$

het stelsel:

$$\bar{Q}_0 \left[\gamma - Pc(sx + r) \right] + \bar{y}_0 \left[P(1 - \delta) rz \right] = 0.$$

$$\bar{Q}_0 \left[\frac{pz}{P} \left(\frac{1 - B\gamma}{\eta} \right) \right] + \bar{y}_0 \left[\frac{Ac}{P} - \delta(qx + p) \right] = 0.$$

Men ziet, dat alleen dan, buiten de 0-oplossing, een oplossing van dit stelsel mogelijk is, indien de determinant gevormd door de bekende termen = 0 wordt. De knikvoorwaarde luidt dus:

$$\left[\gamma - Pc(sx + r) \right] \left[\frac{Ac}{P} - \delta(qx + p) \right] =$$

$$= \left[\frac{pz}{P} \left(\frac{1 - B\gamma}{\eta} \right) \right] \left[Prz(1 - \delta) \right].$$

Na substitutie van de gevonden waarden voor γ en δ en noemende:

$$P = \frac{\pi^2 E \cdot I_e}{m^2 c^2}, \text{ dus } ac = \frac{\pi}{m}; \quad Y = \frac{\pi^2 E \cdot I_e}{Ac^3} \text{ en}$$

$$Z = \frac{\frac{h^2}{2i_e^2}}{1 - \frac{Bx}{\eta}}$$

$$\text{dus } \frac{Ac}{P} = \frac{m^2}{Y} \text{ en } \frac{1}{Pc(\eta - Bx)} = \frac{m^2}{2\pi^2} Z;$$

en verder:

$$\Omega = \frac{2 \frac{\pi}{m}}{\sin \frac{\pi}{m}} \left[\cos \frac{k\pi}{n} - \cos \frac{\pi}{m} \right]$$

$$\phi = \frac{2}{\frac{\pi}{m} \sin \frac{\pi}{m}} \left[\cos \frac{k\pi}{n} - \cos \frac{\pi}{m} \right]$$

$$\Psi = \frac{4 \left(1 - \cos \frac{\pi}{m} \right)^2}{\sin^2 \frac{\pi}{m}},$$

zoo vindt men na eenige herleidingen de einduitkomst:

$$\phi \Omega xY + \frac{m^2}{2\pi^2} x^2 \Omega YZ + \frac{m^4}{2\pi^2} \left[x(\Omega - x) - \Psi z^2 \right] Z + m^2 \phi (\Omega - x) = 0$$

of wel:

$$Z = \frac{2 \phi \left[m^2 (x - \Omega) - \Omega xY \right]}{\frac{m^2}{\pi^2} \left[m^2 \left\{ x(\Omega - x) - \Psi z^2 \right\} + x^2 \Omega Y \right]}$$

waarin $k = 1, 2, \dots, n$ kan zijn. In den regel zal $k = 1$ de ongunstigste voorwaarde geven. Dit zal het geval zijn, wanneer A betrekkelijk klein is ten opzichte van de stijfheid van de raamstaaf.

Het gemakkelijkst is de formule weer in grafiekvorm te gebruiken en wel door verschillende Y waarden aan te nemen en bij die Y waarden Z als functie van m te berekenen. Men verkrijgt zoodoende een stelsel krommen, waaruit men gemakkelijk de knikzekerheid voor een bepaald geval kan bepalen.

Gebrek aan tijd en personeel beletten steller deze grafiek samen te stellen. Zulks moge aan belangstellenden worden overgelaten.

J. Uitknikken van een voegloos spoor in verband met aansluitende in evenwicht blijvende baanstukken.

In hoofdstuk F. is bij het bepalen van de knikvormen bij uitknikken in horizontale richting geen acht erop geslagen, of de oplegreacties en inklemmingsmomenten door de recht blijvende aansluitende baanstukken kunnen worden opgenomen, zonder dat merkbare vervormingen in deze baangedeelten optreden. Dit zal thans aan een nader onderzoek onderworpen worden. De oplegreacties en inklemmingsmomenten toch moeten op het baanlichaam overgebracht worden door de dwarsliggers, die slechts een zeer beperkte kracht kunnen verdragen zonder merkbaar te verschuiven. We merken echter op, dat dwarskracht en inklemmingsmoment een tegengestelden invloed hebben, zooals uit de respectieve figuren

duidelijk is te zien. Zooals reeds gezegd, is in den aanvang de dwarsliggertegendruk niet constant, doch in zekeren zin evenredig met de uitwijking. Geïdealiseerd is een lineair verband hiertusschen aan te nemen. De uitwijking, waarbij deze tegendruk constant begin te worden, is slechts zeer gering en bedraagt voor steenslagballast slechts $\pm 1\frac{1}{2}$ mm en is voor zandballast nog kleiner. Is dus deze uitwijking welke f_e genoemd is, nog niet overschreden, dan zijn de aansluitende baanstukken als recht te beschouwen tegenover de uitgeknikte gedeelten. De aanname, dat $\frac{dy}{dx} = 0$ aan de uiteinden van de uitgeknikte gedeelten,

is dus bij groote benadering juist. Om dezelfde reden is het niet noodig om in de nagenoeg rechte gedeelten de normaalkracht in aanmerking te nemen, immers zijn de uitwijkingen alvorens schuiving plaats vindt zeer klein en dus de momenten tengevolge van de normaalkracht te verwaarloozen ten opzichte van den invloed van de over te brengen dwarskracht en het moment van het uitgeknikte gedeelte.

De elastische lijn van een oneindig lange elastisch ondersteunde staaf, welke op het eene uiteinde belast wordt door een dwarskracht Q en een moment M nu wordt bepaald door de formule:

$$y = \frac{e^{-\beta x}}{2 \beta^3 E \cdot I} \left[Q \cos \beta x - \beta M (\cos \beta x - \sin \beta x) \right]$$

$$\text{als } \beta = \sqrt[4]{\frac{k}{E \cdot I}} \text{ (zie Timoshenko-Lessels:}$$

Festigkeitslehre, bldz. 130).

Wij nemen aan, dat voor $x = 0$ $y = 0$ moet worden.

Er zal waarschijnlijk een iets gunstiger situatie mogelijk zijn, doch voor een eenvoudiger berekening houden we deze voorwaarde aan. Wij krijgen dan als 1e voorwaarde dat:

$$M = \frac{1}{\beta} Q.$$

Is hieraan voldaan, dan wordt dus:

$$y = \frac{Q e^{-\beta x}}{2 \beta^3 E \cdot I} \sin \beta x.$$

y wordt maximum indien $\text{tg } \beta x = 1$, hetgeen men door differentiatie gemakkelijk kan inzien, of wel

$$\beta x = \frac{\pi}{4} \text{ en alsdan wordt:}$$

$$y = \frac{Q}{2 \beta^3 E \cdot I} e^{-\frac{\pi}{4}} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2}.$$

$$\text{of } y = 0,228 \frac{Q}{\beta^3 E \cdot I}.$$

dus:

$$q = ky = 0,228 \frac{kQ}{\left(\frac{k}{E \cdot I}\right)^{\frac{3}{4}} \cdot E \cdot I} = \frac{A}{c}$$

$$\text{of } Q = \frac{A \cdot E \cdot I \cdot \left(\frac{k}{E \cdot I}\right)^{\frac{3}{4}}}{0,228 k c}$$

$$\text{en dus } M = \frac{A \cdot E \cdot I \cdot \left(\frac{k}{E \cdot I}\right)^{\frac{1}{2}}}{0,228 k c},$$

waarin dus:

$$k = \frac{A'}{c} = \frac{A}{c \cdot f_e} \text{ om dezelfde notatie's aan te houden als onder E.}$$

Deze waarden mogen dus M en Q ongeveer bereiken, willen de aansluitende baangedeelten nagenoeg recht blijven.

1) Voor het 1e geval geldt dientengevolge:

$$Q = \frac{1}{2} \frac{Al}{c} = \frac{A \cdot E \cdot I \cdot \left(\frac{k}{E \cdot I}\right)^{\frac{3}{4}}}{0,228 k c}$$

$$\text{en } M = \frac{Al^2}{c} \left[\frac{\sin al}{2 al \cdot (1 - \cos al)} - \frac{1}{a^2 l^2} \right] = \frac{A \cdot E \cdot I \cdot \left(\frac{k}{E \cdot I}\right)^{\frac{1}{2}}}{0,228 k c}$$

waarmee dus 2 vergelijkingen verkregen zijn ter oplossing van l . Daar $a = \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}$ is ook al bekend

$$\text{en kan dus } \Delta_1 l = \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx \text{ bepaald worden,}$$

waarmee dan γ en δ bekend zijn en P_t direct uitgerekend kan worden met formule (35), immers

$$q = \frac{A}{c} \text{ is ook bekend.}$$

2) Voor het 2e geval geldt:

$$Q = \frac{1}{2} \frac{Al}{c}$$

en

$$M = \frac{Al^2}{c} \left[\frac{2(\cos al - 1) + al \cdot \sin al}{-2 al (al \cos al - \sin al)} \right]$$

De verdere bewerkingen zijn analoog aan die van het 1e geval.

3) Voor het 3e geval:

$$Q = \frac{A}{c} (l_1 - \frac{1}{2} l_2); \quad M = -\Delta_1 \frac{Al_1^2}{c} + \Delta_2 M_2$$

$$\text{terwijl: } M_2 = \frac{A l_1 l_2 (Y_1 l_1 - Y_3 l_2)}{c (Y_2 l_2 - Y_4 l_1)}$$

waarmee 3 vergelijkingen verkregen zijn ter bepaling van a , l_1 en l_2 .

4) Voor het 4e geval gelden:

$$Q = \frac{A}{c} \cdot \frac{l_1^2 + 2 l_1 l_2 - l_2^2}{2 l_1 + 2 l_2}$$

$$M = -\Delta_1 \frac{Al_1^2}{c} + \Delta_2 M_2$$

$$M_2 = \frac{A \cdot l_1 l_2 (Y_1 l_1 - Y_3' l_2)}{C (Y_2 l_2 - Y_4' l_1)}$$

Gebrek aan tijd belette schrijver ook deze transcendente betrekkingen in een getallenvoorbeeld uit te werken. Vermoedelijk zullen de gevallen 1), 2) en 4) minder, 3) daarentegen meer reden van bestaan hebben voor practische toepassing.

Opmerking.

Andere grenswaarden voor M en Q vindt men indien voor $x=0$ $y = \pm f_e$ gesteld wordt.

Wij krijgen dan:

$$\pm f_e = \frac{Q - \beta M}{2 \beta^3 E \cdot I}$$

of wel

$$Q = \pm 2 \beta^3 E \cdot I f_e + \beta M \quad \dots\dots\dots (74)$$

Door differentiatie vinden we weer de plaats, waar in het overige gedeelte y maximum wordt. Als voorwaarde wordt gevonden dat $\tan \beta x = -1$ of $\beta x = \frac{3\pi}{4}$, zoodat we dan als 2de vergelijking ter bepaling van M en Q krijgen:

$$\pm f_e = \frac{5,276}{\beta^3 E \cdot I} \left[-0,7071 Q + 1,4142 \beta M \right] \dots (75)$$

Tusschen deze waarden voor M en Q kunnen de reacties aan het uiteinde van de uitgeknikte baangedeelten liggen, zonder dat noemenswaardige vervormingen ontstaan in de aansluitende gedeelten. De ongunstigste kniktoestand moet dus probeerderwijs bepaald worden.

Erratum. Men gelieve te veranderen: op blz. I. 204 in fig. 16 de indices van de middelste Q 's in 3; in form. (27) den factor 29 in 34; op blz. I. 207, 4de regel v.o., eveneens 29 in 34, voorts in 1e regel v.o. aldaar in den noemer 58 in 68.

Literatuur.

Prof. C. B. Biezeno.
Over eenige bijzondere knikgevallen.
De Ingenieur 1921.
A. en L. Föppl.
Drang und Zwang, deel II.
Dr. Fr. Bleich.
Theorie und Berechnung der eisernen Brücken.
Prof. ir. P. P. Bijlaard.
Knikzekerheid van door koppelplaten verbonden profielen. *De Ingenieur* 1933 no. 7.
Idem: Knikzekerheid van den bovenrand van open wandbruggen. *De Ingenieur* 1932 no. 4.
Von Mises en Ratzersdorfer.
Knicksicherheit von Rahmentragwerken. *Zeitschr. für angewandte Mathematik und Mechanik*.

- R. Mayer.
Die Knickfestigkeit.
- E. Elwitz.
Die Lehre von der Knickfestigkeit.
- H. Müller-Breslau.
Die graphische Statik der Baukonstruktionen.
- M. Grüning.
Statik des ebenen Tragwerkes.
- Prof. ir. de Vries Broekman.
Knikvastheid van het spoor.
Boekhandel en Drukkerij J. Waltman, Delft.
- Idem. Knikvastheid van een naadloos spoor.
De Ingenieur No. 19, 6 Mei 1932.
- In: *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*.
Amann und Gruenewaldt:
- Die Knicksicherheit des lückenlosen Gleises.
15 Febr. 1931 Heft 4.
 - Versuche über die Wirkung von Längskräften im Gleis.
I 15 August 1928 Heft 16

- 15 Juli 1929 Heft 14
 - 15 November 1929 Heft 22
 - 15 März 1932 Heft 6.
- A. Bloch:
Die Stabilität des lückenlosen Gleises.
1 Mai 1932 Heft 9.
- D. Wattmann:
Knicksicherheit von Gleisen.
1 Mai 1932 Heft 9.
- J. Nemcssek:
a) Ueber die Knicksicherheit des lückenlosen Gleises.
15 August 1931 Heft 16.
b) Versuche der königlich ungarischen Staatsbahnen über die Standsicherheit des Gleises.
15 März 1932 Heft 6.
c) Die Ausdehnung der Schienen durch die Wärme.
15 August 1928 Heft 16.
- M. F. Corini:
La construction de la voie pour les grandes vitesses.
Bulletin de l'Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer, janvier 1936.

VARIA.

Molybdeenstaal.

Het gebruik van molybdeen voor het verhoogen van de hardheid van staal lijkt tegenwoordig iederen technicus, die gebruik moet maken van constructiemateriaal met bijzonder hooge vastheidseigenschappen, iets heel gewoon te zijn. Nochtans is de praktische toepassing van dit element voor de vervaardiging van staalligages, en ook voor andere metaallegeringen in den scheepsbouw, de automobiellindustrie, den bouw van bruggen e.d. eerst eenige tientallen jaren geleden begonnen. Pas in het jaar 1894 kreeg Moissan een octrooi voor een aluminium-molybdeen-staal-legering, waarbij het er om ging, molybdeen (in het vervolg kortweg Mo als element genoemd) als desoxydeerend middel voor staal aan te wenden. In hetzelfde jaar fabriceerde de bekende firma Schneider & Cie. een staalblok met Mo-legering van 1000 lb gewicht, waarop vervolgens de fabricage van chroom-molybdeen-staal werd ter hand genomen. De groote belangstelling voor „high-speed-steels” in de Vereenigde Staten in de machine- en werktuigindustrieën, in verband met den geweldigen opbloei van de automobielfabricage aldaar, bracht ten slotte dit hardingsmetaal, dat overigens nog in het eerste decennium van deze eeuw als buitengewoon zeldzaam gold, meer en meer op den voorgrond. Tot het jaar 1900 toch waren in de geheele wereld slechts ongeveer tien ton van dit element, dat toen als zuiver „chemisch” element werd beschouwd, geproduceerd. De Crucible Steel en de Bethlehem Steel Co. in de V. S. brachten vervolgens Mo-staalligages op de markt. Met de gestegen belangstelling van de Amerikanen ging uiteraard ook een steeds stijgende Mo-productie in de wereld gepaard, terwijl drie belangrijke openbare lichamen in de V. S., te weten het Bureau of Mines, Bureau of Standards en Batelle Memorial Institute, zich tegelijk beijverden, om het praktische gebruik van Mo in de zich sterk uitbreidende Amerikaansche

staalnijverheid in te burgeren. Dit gelukte volkomen, toen in 1909 Robin de uitnemende kwaliteiten van Mo-staal bij hooge temperatuur ontdekte en eenige jaren daarop Swinden er nauwkeurige studiën over publiceerde.

De bijzondere behoeften aan kwaliteitsstaal gedurende den wereldoorlog gaven voorts aan deze in een beginstadium verkeerende toepassing een sterke uitbreiding. Toch bleven tot ongeveer 1917 de bronnen voor Mo-houdende ertsen beperkt tot middelmatige afzettingen. Pas in 1917, nadat te Climax (Colorado) en te Questa (New Mexico) uitgebreide voorkomens waren opgespoord, werden de thans algemeen bekende ondernemingen Climax Molybdenum alsmede Molybdenum Corporation of America in het leven geroepen. De automobielfirma Studebaker en een reeks van bekende staalondernemingen, waaronder de Republic Steel Co., interesseerden zich namelijk voor dit materiaal, dat niet in voldoende hoeveelheden kon worden verkregen. Toen de wereldoorlog was afgelopen, hield ook deze tijdelijke opleving op, zoodat het bovengenoemde officieele U. S. Bureau of Mines, bijgestaan door H. W. Gillet, uitgebreide technische experimenten deed uitvoeren, ten einde den nieuwen bedrijfstak weer meer leven in te blazen. Deze pogingen werden met een volledig succes bekroond en, zooals Gillet het uitdrukt, Mo-staal werd „mondig” (came of age) in het jaar 1926. In dat jaar werd het officieel onder de serie 4.130 van het S. A. E.-cijferstelsel toegelaten, en zeer spoedig begonnen de petroleumkraakinstallaties, de firma's Babcock & Wilcox, Timken, General Electric, Westinghouse, Detroit Edison Co. de Mo-alligages overal toe te passen, waar met hooge temperaturen gewerkt wordt. In gietijzer werd deze legering eveneens gebruikelijk. Chroommolybdeen onderdeelen in vliegtuigen zijn sedert dien schering en inslag, terwijl zelfs naar

sommiger meening „elke Amerikaansche auto” van onderdeelen uit Mo-legeering is voorzien. Het Amerikaansche leger heeft sinds den oorlog, toen zich een gevoelige schaarschte aan wolfram deed gevoelen, Mo-legeeringen toegepast, terwijl de Amerikaansche vloot mangaan-molybdeen-legeeringen ging gebruiken. Het Mo-gebruik in werktuigen werd door de Cleveland Twist Drill Co. gelanceerd.

Volgens Gillet moet het wereldverbruik van molybdeen in 1934 driemaal zoo groot geweest zijn als in 1929. De economische depressie heeft blijkbaar den sterken vooruitgang op dit gebied niet tegengehouden. Van groot belang zijn daarom de zuiver economische gegevens, waaruit blijkt, dat er in het zuid-westen van de V. S. voldoende ertslagen aangetroffen zijn met een voor tenminste 75 jaren toereikenden Mo-voorraad, gemeten naar het tegenwoordige gebruik. In het bijzonder is te vermelden, dat de concentraten van het zgn. porphyrykoper een nieuwe Mo-bron vormen. De Utah Copper Co. brengt dit concentraat aan de markt. De *prijs van molybdeen* is nogal hoog, en wel 80 dollarcent per lb-unit in calcium-molybdaat en 95 dollarcent in ferro-molybdeen. Toch is Mo goedkooper dan wolfram en veel goedkooper dan vanadium. Weliswaar kost een ander vooraanstaand hardingsmetaal, nl. nikkel, slechts 35 cents per lb. Wegens de geringere benodigde hoeveelheid komt echter Mo goedkooper uit dan Ni. Uiteraard zou het verkeerd zijn, de verschillende hardingsmetalen klakkeloos met elkaar te vergelijken, want juist Mo bezit bijzondere *technische* kwaliteiten. Zoo oxydeert Mo bijvoorbeeld bij betrekkelijk lage temperatuur, zoodat het des te gemakkelijker kan gereduceerd worden. De oxydatie geschiedt echter niet zoo spoedig als bij ijzer. Het omsmelten van ijzer tot staal wordt door de bijvoeging van Mo dus niet bemoeilijkt. Het is niet noodig, Mo in den vorm van smeltend ferro-molybdeen gedurende het smeltproces toe te voegen, want tengevolge van de gemakkelijke desoxydeering van molybdeen kan calcium-molybdaat gebruikt worden, om de legering te bewerkstelligen. Bij overmaat van ijzer gedurende het raffineeren of lasschen van staal oxydeert (brandt) Mo in het lasch- (raffineer-) toestel *niet*, derhalve gaat daarbij het Mo in zuiveren vorm de legering aan. Anderzijds neemt Mo echter niet de fijne oxyde-huid als bescherming tegen verdere corrosie aan, zooals dit b.v. bij chroom en aluminium o.m. wel het geval is. Het smeltpunt van Mo is 4750° F. of 2000° F. boven dat van ijzer en 1500° F. boven dat van platina. Het is tweemaal zoo sterk als wolfram en wordt derhalve voor processen bij hoge temperaturen zooals petroleum-„cracking” en in de electriciteitsindustrie veel gebruikt. Vele hedendaagsche staalsoorten met gering koolstofgehalte zijn Mo-Cu-staalalliages. Mo vormt op menigvoudige wijze carbiden, het hoge smeltpunt alsmede zijn hardheid bij zeer hoge temperaturen maken zijn bijzonder gedrag tegenover ferriet, austeniet, cementiet en martensiet begrijpelijk, het temperen gaat gewoonlijk met minder „kritische” oogenblikken gepaard dan bij soortgelijke metallurgische processen tengevolge van het langzamer tempo, d.w.z. brosheid wordt b.v.

voorkomen bij Ni/Cr- of Mn/staallegeeringen, wanneer Mo wordt toegevoegd.

De Amerikaansche molybdeen-staalproducenten hebben nochtans juist te letten op het gevaar van ontkoling, waartegen zij verschillende methoden toepassen, b.v. smeden of hameren onder een laagje van gesmolten borax bij gecontroleerde atmosfeer, in zoutbaden enz. De bovengenoemde firma Climax Molybdenum voorkomt de ontkoling door bijvoeging van koper en beryllium, waarbij koper een diffusie van de koolstof tegengaat en beryllium deze door gedeeltelijk te oxydeeren beschermt.

Uiteraard wordt Mo-staal het meest voor werktuigen gebruikt, waarbij een gecombineerd alliage van Mo met Cr, W en V zeker veel in de practijk voorkomt. Toch wordt het laatstbedoelde hardingsmetaal (vanadium) voor deze legering veelal als min of meer overbodig beschouwd, b.v. door het Amerikaansche oorlogsministerie (U. S. War Department). Gedurende het jaar 1935 moet naar schatting een hoeveelheid van niet minder dan 100 000 lbs nieuw Mo alleen voor werktuigstaal-alliages verbruikt zijn geworden of ongeveer evenveel als het Mo-verbruik voor radio, draad, chemische toepassing e.d. Toch lijdt het geen twijfel, of de Mo-consumptie is in haar geheel sedertdien zeer aanzienlijk verder gestegen. Met de toeneming van de Mo-productie zal zeker een verdere verlaging van den Mo-prijs en daarmee een stijgende consumptie gepaard kunnen gaan; toch lijkt het wel, alsof hieromtrent geen al te optimistische verwachtingen gekoesterd mogen worden, in verband met de omstandigheid, dat Mo vaak slechts tot 1% uit het betreffende erts gewonnen wordt, hetgeen een lagen prijs teneinde houdt.

In verband met de opmerkelijke „verdraagzaamheid” van Mo met andere legeringsmetalen, blijken de uit de reeds bijna onafzienbare reeks staalalliages, waarin Mo in vrij geringe percentages gereedelijk kan worden verwerkt, heeft men in vakkringen van de V. S. molybdeen wel de „friendly fraction” genoemd. Het staat ook legering met een vrij groot percentage fosfor toe, terwijl de bekende autofirma Chrysler Corporation een bijzonder type van met aluminium gelegeerd staal, „Mola-steel” gebruikt, met gecontroleerde korrelstructuur (grain size). Aluminium van bepaalde korrelgrootte heeft de tendens tot een slechts oppervlakkige harding, daarentegen Mo tot diepte-harding. Bij voorkeur worden goedkope hardingsmetalen zooals mangaan en chromium met Mo tezamen gebruikt, waardoor met zeer geringe Mo-percentages groote voordeelen t.o.v. weerstand tegen trek en stoot (b.v. rails) bereikt worden; toch geven ook chromium-stalen behoorlijke rail-kwaliteiten.

Nog steeds zijn de meeste Mo-staalsoorten eigenlijk Mo-Cr-staalalliages, zij ressorteeren in de Amerikaansche legeringslijst onder no. 4.100. In de autonijverheid worden zij veel gebruikt om hun lage kosten alsmede vanwege de omstandigheid, dat de diepte-harding van Cr door die van Mo nog versterkt wordt. Over het algemeen heeft zich intusschen een nauwkeurige *aanpassing van de enkele legeringsmethoden aan de bijzondere praktische behoeften der verwerking doorgezet*. Chromium b.v. wordt

in hoofdzaak gebezigd ter voorkoming van corrosie, fosfor en koper tegen atmosferische aantasting, voorts tegen sterke stootwerkingen fijnkorrelig aluminium, en wel meestal tezamen met vanadium; molybdeen daarentegen in het bijzonder voor het harden naar de diepte van het werkstuk toe. *Gillet* spreekt hier terecht van „pasklaar maken” van stalen naar de speciale behoeften van „machinability” daarvan. Zoo is b.v. „4.130 X” (Cr/Mo-staal) zeer geschikt gebleken voor vliegmachines, de C/Cr/Mo-combinatie geeft, na het lasschen en afkoelen, een geëigende combinatie van rekbaarheid en buigzaamheid. Aangaande de Brinell-hardheid voor de verwerking, zegt b.v. de *Warrner-Swasey Co.*: „Chromium-molybdenum-steels are unique in machining qualities at higher Brinells than other alloys”.

Het alliage no. 4.140 wordt vaak bij 320 à 420 Brinell afgewerkt. Over het algemeen geldt het over de Mo-legeering van staal gezegde ook voor de spuitgieterij, waarbij uiteraard de juiste compositie voor een geëigende lucht-afkoeling gezocht dient te worden. Eigenaardig is het evenwel, dat de legeering van gietijzer met Mo naar mededeeling van *Gillet* op commercieele schaal (in tegenstelling met Mo-staal) pas in het jaar 1929 zou zijn begonnen. Hierbij zijn echter intusschen groote vorderingen over de geheele linie vastgesteld. Matrijzen, smidshamers, stalen smeedvormen, vormen voor auto-koetswerken e.d., doch ook de werkstukken zelve, waar het er op aankomt, een zoo hoog mogelijke rekbaarheid te verkrijgen, bevatten Mo. Van recente toepassing is bij het bekende ijzer-alliage „Permalloy” (78½% Ni, rest Fe) de verdubbeling van de ontvankelijkheid voor zwakke magnetische stroomen door de vervanging van 3½% Fe door Mo.

Dr. James Rubinfeld.

BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

Octrooien.

Blijkens mededeeling, ontvangen van de *Vereenigde Octrooibureaux*, Bezuidenhout 69, 's Gravenhage, het Ned.-Ind. Octrooi- en Merkenbureau, Dagoweg 31B, Bandoeng en het Kantoor voor den Industrieelen Eigendom (Dep. v. Justitie) te Batavia-C. zijn de onder volgende octrooi-aanvragen op het gebied van waterbouwkunde, mijnbouwkunde, chem. technologie, enz. openbaar gemaakt.

Onder de aandacht van belanghebbenden wordt gebracht, dat aan den Octrooiraad te 's Gravenhage te richten bezwaarschriften tegen de verleening van octrooi, en verzoekschriften tot het verkrijgen van een recht als voorgebruiker of tot vermelding van een naam van den uitvinder in het octrooi, bij het Kantoor v. d. Industrieelen Eigendom (Dep. v. Justitie) te Batavia-C. kunnen worden ingediend, onder aan teekening, dat tegen de verleende octrooien niet anders kan worden opgekomen, dan door een vorde-

ring tot nietigverklaring of opeischung bij de gewone rechters in Nederland.

De termijn voor het indienen van bezwaar- en/of verzoekschriften loopt af op:

15 Januari 1938.

- No. 75144 Ned., Kl. 5a, ingediend 12-10-'35, Th. Seifer, Berlijn:
Door de spoelvloeistof gedreven stootboorinrichting.
- No. 75189 Ned., Kl. 5a, ingediend 16-10-'35, Th. Seifer, Berlijn:
Door de spoelvloeistof gedreven stootboorinrichting.
- No. 73522 Ned., Kl. 5a, ingediend 11-5-'35, N. V. De Bataafsche Petroleum Mij., 's Gravenhage:
Werkwijze voor het herstellen of vergrooten van de productie van olie- of gasbronnen.
- No. 77942 Ned., Kl. 5c, ingediend 27-5-'36, W. Fehle-
mann, Duisburg:
Meegeevende mijnstempel.
- No. 75256 Ned., Kl. 20e, ingediend 22-10-'35, Waggon-
Fabrik A. G., Uerdingen, Nederrijn,
Duitschland:
Mijnwagen, waarbij dwars op het voertuig vóór de kopliggers of kopplaten bladveeren voor het opvangen van stooten zijn aangebracht.
- No. 76008 Ned., Kl. 47c. The Parkersburg Rig &
Reel Comp., te Parkersburg, West Virginia,
Ver. St. v. Am.:
Hydrodynamische kringlooprem.
- No. 77442 Ned., Kl. 65a, ingediend 17-4-'36, T. Stob-
be, Rotterdam:
Toestel voor het maken van uitdiepingen in den grond.
- No. 74468 Ned., Kl. 84c, ingediend 7-8-'35, voorrang
19-9-'34, Duitschland.
Dortmund-Hoerder Hüttenverein
A. G., Dortmund:
Aanvulling bij octrooi No. 41464, Paalfundee-
ring met bij voorkeur schuin geheide trek-
palen.
- No. 74604 Ned., Kl. 84c, Handelsmij. J. de Wit &
Zonen, Rotterdam, ingediend 21-8-'35:
Werkwijze voor het in den grond maken van
een betonpaal met behulp van uit elkaar schui-
vende of telescopeerende buizen.
- No. 75063 Ned., Kl. 84c, ingediend 5-10-'35, W. Bron,
Haarlem:
Betonopzetter voor houten fundeeringspalen.
- No. 66845 Ned., Kl. 84c, ingediend 29-9-'33, voorrang
1-10-'32, Engeland.
A. G. Rotinoff, Londen:
Caisson, eventueel met daarin coaxiaal aange-
brachte kernbuis.
- No. 78044 Ned., Kl. 12g, ingediend 4-6-'36, N. V. De
Bataafsche Petroleum Mij., 's Graven-
hage:
Werkwijze voor de bereiding van een kataly-
satormassa en voor het uitvoeren van kataly-
tische reacties.
- No. 74607 Ned., Kl. 12o, ingediend 21-8-'35, N. V. De
Bataafsche Petroleum Mij., 's Graven-
hage:
Werkwijze voor de bereiding van waardevolle
hooger moleculaire, zwavelzure esters of zou-
ten daarvan uit onverzadigde, lager molecu-
laire koolwaterstoffen.
- No. 75524 Ned., Kl. 12o, N. V. De Bataafsche Pe-
troleum Mij., 's Gravenhage, ingediend
13-11-'35:
Werkwijze voor de bereiding van styreen of
substitutieproducten daarvan.

- No. 75047 Ned., Kl. 19c, ingediend 3-10-'35, A. Sfred-
do, Duivendrecht:
Wegdek of plaat ter opname in het wegdek.
- No. 71005 Ned., Kl. 19c, ingediend 6-10-'34, voorrang
9-10-'33, Duitschland.
K. Winkler, Lugano-Crocifisso, Zwitser-
land:
Inrichting voor het maken van betonwegen.
- No. 72781 Ned., Kl. 89c, ingediend 7-3-'35, voorrang
9-4-'34, Ver. St. v. Am. P. Sanchez, Ha-
vana, Cuba:
Werkwijze voor het raff'neeren van voorge-
reinigde (geaffineerde) suiker door toevoeging
van een hypochloriet van een aardalkalimetaal
aan de suikeroplossing.
- No. 77017 Ned., Kl. 89c, ingediend 18-3-'36, De Ver-
eeniging „Het Proefstation voor
de Java-Suikerindustrie", Soera-
baia:
Werkwijze en inrichting voor het continu zu-
iveren van suikersap onder toepassing van twee
of meer zuiveringsmiddelen en kringlopen.
- No. 77873 Ned., Kl. 24b, ingediend 20-5-'36, N. V. De
Bataafsche Petroleum Mij., 's-Graven-
hage:
Inrichting voor het met vloeibare brandstof
voeden van een brander, voorzien van ver-
scheidene, op de wijze van Mariotte-flesschen
werkende losse reservoirs.
- No. 861 Ind., Kl. 45e, ingediend 21-1-'36, L. Draa-
yer, Djember, Java:
Machine voor het ontbolsteren van koffie-
bessen en het scheiden van de schillen van de
boonen.
- No. 833 Ind., Kl. 53c, ingediend 11-2-'35, F. W. Flohr,
Semarang:
Werkwijze voor het verduurzamen van vruch-
ten in suikeroplossingen.
- No. 75403 Ned., Kl. 80a, ingediend 2-11-'35, voorrang
28-11-'34, Engeland.
Th. G. Marriott, en A. Rijner, beiden
te Londen:
Werkwijze voor de vervaardiging van een met
bitumineus materiaal gevoerde betonnen buis.
- No. 77506 Ned., Kl. 29a 2, Fried. Krupp Gruson-
werk A. G., te Maagdenburg-Buckau:
Inrichting voor het mechanisch reinigen van
plantenvezels.
- No. 821 Ind., Kl. 46a 23a, J. van Driel, te Ma-
lang, Java:
Verbrandingsmotor met een, in een cylinder
aangebrachten roteerenden zuiger, welke van
radiaal beweegbare schoepen is voorzien.
- No. 66026 Ned., Kl. 23b 7e, Max B. Miller & Co.
Inc., te New-York:
Werkwijze voor het scheiden van minerale
oliën in paraffinen en naphthenen.
- No. 71513 Ned., Kl. 23b 5h (10a 34; 23b 5a) Bras-
sert-Tidewater Development Cor-
poration, te Chicago:
Werkwijze voor het omzetten van een vloe-
ibare koolwaterstof in cokes en lichte kool-
waterstoffen.
- No. 74329 Ned., Kl. 23b 4, Universal Oil Pro-
ducts Company, te Chicago:
Werkwijze voor het stabiliseeren van kool-
waterstofmotorbrandstof tegen gompvorming.

ONTVANGEN GESCHRIFTEN.

Prof. D. Hanson and Dr. W. T. Pell-Wal-
pole:
The Determination of Cadmium in Tin-rich Alloys.

Publicatie no. 55, Serie A, van International
Tin Research and Development Coun-
cil, Prinsessegracht 21, 's-Gravenhage.

De vervluchtiging van cadmium uit tinrijke legeringen
kan zonder noemenswaardige verdamping van tin zóó
volledig gebeuren, dat dit verschijnsel voor een analyse-
methode kan worden benut. In deze publicatie, welke
uitgave op aanvraag door de I. T. R. D. Council koste-
loos wordt toegezonden, wordt deze werkwijze beschre-
ven. De methode werd door de schrijvers uitgewerkt
tijdens hun onderzoekingen op het gebied van de
samenstelling van tinlegeringen, welke cadmium en
antimoon bevatten.

De legering wordt afgewogen in porseleinen schuit-
jes en daarna bij 700 — 730° C gedurende een half uur
in een kwartsbuis verhit. De buis staat in verbinding
met een vacuumpomp om de verdamping van cadmium te
versnellen. Verschillende analyses kunnen gelijktijdig
worden uitgevoerd. De graad van nauwkeurigheid der
analyse-resultaten werd nagegaan en bleek volkomen be-
vredigend te zijn.

A. W. Hotherhall and W. N. Bradshaw:
The Electrodeposition of Tin from Acid Sulphate
Solutions.

Publicatie no. 56, Serie A, van International
Tin Research and Development Coun-
cil, Prinsessegracht 21, 's-Gravenhage.

Ofschoon de toepassing van het zure bad voor het
electrolytisch neerslaan van tin aantrekkelijk is uit
hoofde van het hooge rendement en het feit, dat bij
kamertemperatuur kan worden gewerkt, bestaat het be-
zwaar, dat de oplossingen niet stabiel zijn en de dek-
lagen de neiging vertoonen om zich ongelijkmatig en in
slecht hechtende naalden af te zetten. Door het toevoe-
gen van bepaalde stoffen aan het bad kunnen deze
bezwaren gedeeltelijk worden weggenomen. Een verder
onderzoek in deze richting werd door de I. T. R. D.
Council uitgevoerd en de resultaten hiervan zijn ver-
geleegd in deze publicatie, welke u uitgave op aanvraag aan
het adres kosteloos wordt toegezonden.

In deze publicatie wordt door beide onderzoekers aan-
getoond, dat de toevoeging van sulfonzuuren, zooals die
van kresol, phenol of benzeen, geen resultaat oplevert,
wanneer deze producten chemisch zuiver zijn. Gaat men
echter van de ongezuiverde producten uit, welke bepaalde
bijproducten van het sulphoneeringsproces bevatten, dan
ontstaan gladde dekklagen, vooral wanneer gelatine aan-
wezig is. Een nadeel is echter, dat de oplossingen snel
ontleden en het afdekkend vermogen gering is. Hydroxy-
verbindingen der aromatische koolwaterstoffen zooals β -
naphthol en resorcinol zijn het meest effectief; zij
kunnen worden gebruikt tezamen met gelatine of het
meer stabiele lysalbinezuur, dat bereid wordt uit ei-
albumine. Een oplossing werd gevonden, die in korten
tijd tinlagen gaf met een goed afdekkend vermogen en
die na lang gebruik stabiel was gebleven.

W. E. Hoare, B. Sc.:

The Decoration of Tinplate by Printing and Var-
nishing.

Publicatie no. 4, Serie B, van International
Tin Research and Development Coun-
cil, Prinsessegracht 21, 's-Gravenhage.

De literatuur over het decoreeren (bedrukken) van
blik is schaarsch en met het oog op de steeds toene-
mende beteekenis van deze industrie, zal deze publicatie
over dit onderwerp zeer zeker ingang vinden. Op aan-
vraag aan de I. T. R. D. Council, wordt het werkje kos-
teloos aan belangstellenden toegezonden.

Het boekje telt 24 bladzijden en bevat hoofdstukken
gewijd aan den steendruk, het blikdrukprocédé, de rotatie-
offset-persen voor blik, blikdrukinkt, moffelovens, vern-
nissoorten, den invloed van de qualiteit van het blik op
het lakken en decoreeren, en het ontwerpen van deco-
ratie.

In het hoofdstuk over lithografie wordt in het kort geschetst, hoe dit proces werd ontdekt en toegepast door Alois Senefelder in 1798 en hoe achtereenvolgens verbeteringen mogelijk waren door het gebruik van beelddragende metaalplaten, rotatiepersen, offsetmethoden en fotolithografie. De bereiding en sensitivering van drukplaten worden beschreven. De wijze van werken van de rotatieoffsetpersen wordt uiteengezet en de aan den drukinkt te stellen eischen worden besproken. Op de moeilijkheden wordt gewezen, die zich tijdens het drogen in de moffelkamers bij ongeschikte temperaturen en snelheden kunnen voordoen. Vernis dient dikwijls zoowel om de decoratie te beschermen als om corrosie door uitwendige oorzaken tegen te gaan. Ongerechtigheden in het blikoppervlak veroorzaken karakteristieke fouten in de decoratie en verschillende voorzorgsmaatregelen worden in dit geval aanbevolen ter verkrijging van het beste resultaat. Een drietal afbeeldingen in natuurlijke kleur verlicht den tekst.

BOEKBESPREKING.

Vom Wasser, Bd. XI.

Ein Jahrbuch für Wasserchemie und Wasserreinigungstechnik.

Uitg.: Verlag Chemie Berlin W. 35, Prijs RM. 20; buitenl. RM. 15.

Een rijken en afwisselenden inhoud biedt wederom het Jaarboek *Vom Wasser* in dit elfde deel. In een 20-tal artikelen worden verschillende zeer uiteenlopende vraagstukken van de chemie en techniek van het water behandeld.

Een algemeen overzicht van de vorderingen in 1935 inzake afvalwaterbehandeling en drinkwaterverzorging wordt door Heilmann in een tweetal artikelen gegeven.

Sierp behandelt de technische en economische zijde van de vetverwijdering uit afvalwater, een vraagstuk dat voor Duitschland met zijn autarchistisch staatsbestel van evident belang is. Op het gebied der economie begeeft zich eveneens Naumann in zijn beschouwingen over het nut van zacht water.

Zeer lezenswaard zijn de artikelen van Bruns en Bruns en Tänzler over het aantoonen en de beteekenis van coli in water en over de hygiënische beoordeeling van overdekte zwembaden.

Haase geeft een uitgebreid overzicht over het chemisme van de chloreering en vermeldt de samenstelling van universeele indicatoren voor pH bepaling.

Over industrie-afvalwater van gistingsbedrijven, brouwerijen en sulfietcellulosefabrieken schrijven Strell, Furkert en Milbauer.

Tenslotte moeten nog worden vermeld de artikelen van Demmering en van Pfeilsticker over de spectraalanalyse bij het wateronderzoek en van Wichers over de buizenbescherming in den bodem.

Een dieper gaande bespreking van de artikelen afzonderlijk is hier niet mogelijk. De opsomming der onderwerpen toont voldoende aan, dat velen die zich voor de chemie en techniek van het water interesseren er iets van hun gading in zullen vinden. Wij kunnen het daartoe aanbevelen.

Sch.

Inleiding tot de nomographie,
door H. J. van Veen, Hoogleraar aan de
T. H. te Delft.

Uitg.: P. Noordhoff N. V. — Groningen, Batavia.
Prijs geb. f 5,90.

De nomographie als wetenschaps-tak biedt gelegenheid om ter vervanging van uitgebreide en onoverzichtelijke tabellen of van wiskundige formules met daaraan verbonden moeizaam rekenwerk, het verband tusschen verschillende grootheden op duidelijke, eenvoudig te bepalen, en voldoende nauwkeurige wijze in beeldvorm (graphisch) weer te geven.

Inzicht in en vertrouwdheid met de aan deze voorstellingswijze en hare diverse varianten ten grondslag liggende methoden zal de gebruiker en zeker de samensteller van nomogrammen niet kunnen ontberen.

Prof. van Veen heeft met deze „Inleiding tot de nomographie” een algemeen omvattend overzicht gegeven van deze grondslagen, waarbij bekendheid verondersteld wordt met de allereerste beginselen van de analytische meetkunde en van de leer der determinanten. Na een inleidend hoofdstuk met algemeene opmerkingen en een verhandeling over diverse schalen, volgt een in 3 deelen gesplitste behandeling van de nomographische voorstellingsvormen: A. nomogrammen met lijnenschalen; B. nomogrammen met puntenschalen; C. diverse onderwerpen (verbetering van nomogrammen door projectieve transformatie; dualistische nomogrammen), terwijl een viertal uitgewerkte voorbeelden dit laatste hoofddeel besluit. De tekst is met duidelijke figuren geïllustreerd. Ieder der IX hoofdstukken wordt afgesloten met een aantal opgaven, waardoor de lezer het daarin verwerkte zelf kan toepassen.

Het opzoeken van een onderwerp wordt vergemakkelijkt door het alfabetisch register aan het einde van het boek. Voor wie zich op het gebied der nomographie een uitgebreid overzicht willen verschaffen van de erin vervatte mogelijkheden, is deze uitgave van deskundige hand zeer leerzaam. Speciaal de systematische behandeling van de verbetering van nomogrammen door projectieve transformatie (Hoofdst. VIII) biedt door de hierin uitgewerkte beginselen en methoden gelegenheid om betere nomogram-figuren te verkrijgen uit eenmaal opgestelde, welke om de een of andere reden niet geheel voldoen (te gedrongen schaalgedeelten, te scherpe snijdingshoeken, enz.). Nomografische voorstellingen blijken op dat punt zeer „elastisch”.

De uitgave van het boekwerk is, als gebruikelijk bij de firma P. Noordhoff, zeer goed verzorgd.

G. M.

De staalbouw en zijn berekeningen, Deel II: Methoden der vastheidsleer,
door J. L. Zon.

Druk: G. Kolff & Co., Soerabaia. Prijs geb. f 6,90.

Met het verschijnen van dit werk beoogt de samensteller een practische handleiding te geven voor het berekenen van staalconstructies. Als constructeur bij de „Ned.-Indische Industrie” te Soerabaia beschikt

de schrijver over een uitgebreide ervaring op het behandelde gebied, en hij geeft dan ook in dit verzamelwerk een overzichtelijke samenvatting van de meest gebruikelijke formules, methoden enz., die bij het berekenen van staalconstructies en aanverwant terrein toepassing vinden.

Het 237 bladzijden tellende tekstgedeelte is verdeeld in een achttal hoofdstukken, getiteld: sterkte-leer; momentenleer; algemeene statische gegevens; staalverbindingen en fundatie; trek, druk en knik; elastisch gesteunde staven en kolommen; balken en liggers; practische staalbouw. Het daarop volgende laatste hoofdstuk bevat een verzameling van diverse tabellen (47 blz.), terwijl een naschrift gewijd is aan wringing (torsie) en aan de ω -methode.

Het naslaan op eenig onderwerp wordt vergemakkelijkt door een duidelijke inhoudsopgave voorin, en een alfabetisch onderwerpenregister achterin. Een groot aantal figuren in den tekst verduidelijkt de behandelde stof, die met talrijke voorbeelden is toegelicht. Op een kleinigheid moge de aandacht worden gevestigd: waar overigens een gepast gebruik wordt gemaakt van Grieksche lettersymbolen α , β , γ , λ , σ enz., valt het op, dat systematisch de letter τ (voor de schuifspanning) wordt weergegeven door r , terwijl in de figuren τ voorkomt; ook is in enkele tabellen de genormaliseerde schrijfwijze voor kg , m^2 , enz. niet gevolgd. Wij hopen, dat deze betrekkelijke onvolkomenheden bij een herdruk zullen worden opgeheven, en wenschen het boekwerk in handen van al dergenen, die met ontwerp en berekening van stalen bouwconstructies te maken hebben. Druk en uitvoering van de firma Kolff vallen te loven.

G. M.

UIT INHOUD VAN TIJDSCHRIFTEN.

Der Bauingenieur, Jhrg. 18 Heft 31/32, 6 Augustus 1937.

Ein Grundgesetz der Tonmechanik und sein experimenteller Beweis, von Dr. techn. L. Rendulic. — Tragfähigkeit von in Betonklötzen verankerten dicken Rundisen, von Dr.-Ing. G. Grüning. — Beitrag zur Berechnung kreuzweise bewehrter kontinuierlicher Deckenplatten, von Reg.-Baum. J. Färber. — *Kurze technische Berichte*: Stand der Arbeiten am „All-American Canal“. — Bemerkenswerte Betonbalkenbrücke mit steifer Bewehrung. — Der Korrosionsschutz als Bauproblem.

Der Bauingenieur, Jhrg. 18 Heft 33/34, 20 Augustus 1937.

Untersuchungen über die Knicksicherheit, die elastische Verformung und das Kriechen des Betons bei Bogenbrücken (1. und 2. Teil), von Prof. Dr.-Ing. Fr. Dischinger. — *Kurze technische Berichte*: Geschweiste Vierendeelbrücken. — Ueber den Einfluss der Querkraft auf die Knicklast eines Stabes.

Der Bauingenieur, Jhrg. 18 Heft 35/36, 3 September 1937.

Der heutige Stand im Bau amerikanischer Löffelgrossbagger, von Dr.-Ing. W. Franke. — Universal-Kleinbagger, von Obering. P. Wiesenthal. — Einrichtungen zum Bau der Sperrmauer bei Hohenwarte, von Fr. Riedig. — Untersuchungen über die Knicksicherheit, die elastische Verformung und das Kriechen des Betons bei Bogenbrücken (3. Teil), von Prof. Dr.-Ing. Fr. Dischinger. — *Kurze technische Berichte*: Hafenanlage für Abidjan. — Ufereinfassung am Ver-

bindungskanal zwischen dem Aussen- und Vorhafen von Dieppe. — Der Entwurf der Schleuse Wijk bij Duurstede. — *Verschiedene Mitteilungen*: Berichtigung zum Aufsatz Stephan, Festigkeitsrechnung bei Ueberschreitung der Streckgrenze.

Die Bautechnik, Jhrg. 15 Heft 34, 6 Augustus 1937.

Die Instandsetzung der gewölbten Eisenbahnbrücke über das Beuthener Wasser bei Gleiwitz, von Reichsbahnoberrat Dr.-Ing. Roloff. — Grossräumige Salzlagerhallen in Holz (Schluss), von F. Trysna. — Buckelbleche der Leichtfahrbahnen, ihre Berechnung und Aussteifung, von Dr.-Ing. F. Ziminski. — *Vermischtes*: Lagerschuppen für eine Zementfabrik in Nazareth, Pa. — *Patentschau*: Vorrichtung zur Herstellung von Ortpfählen aus Beton.

Die Bautechnik, Jhrg. 15 Heft 35, 13 Augustus 1937.

Stahlwasserbauten beim Rügendamm, von Reichsbahnassessor Brückner. — Der Ausbau der Endstrecke des Oder-Spree-Kanals bei Fürstenberg a.d.O. (Schluss), von Oberreg. und -Baurat Ostmann. — Der Verlust an Tragkraft hölzerner Balken bei gleichzeitigem Vorhandensein mehrerer Holzfehler, von Prof. Dr.-Ing. E. Gaber. — *Patentschau*: Einrichtung zur Ausführung von Arbeiten unter dem Wasserspiegel. — Vorrichtung zur Herstellung von Ortpfählen.

Die Bautechnik, Jhrg. 15 Heft 36, 20 Augustus 1937.

Der Hauptvorflutkanal (Tiefkanal) Dortmund. I. Bauabschnitt, von Stadtoberbaurat W. Utermann. — Die Anwendung des Sektorwehres bei Wehren mit grosser Lichtweite, von Reg.-Bauräten Hampe und Müller. — Einfluss faulschlammhaltiger Schluff- und Tontheile auf die Tragfähigkeit von Sandböden, von Dr.-Ing. H. Press. — Wo kann beim Entwerfen von Stahlbauten noch an Stahl und Kupfer gespart werden?, von Dipl. Ing. K. Schreiner.

Die Bautechnik, Jhrg. 15 Heft 37, 27 Augustus 1937.

Fehler bei der Ausführung von Schweissarbeiten, von G. Schaper. — Neue Versuche mit Asphaltbauweisen beim Erweiterungsbau des Dortmund-Ems-Kanals, von Oberbaurat Dr.-Ing. Schiller und Reg.-Baurat Gorges. — Berechnung von Eisenbetonstreifenfundamenten als elastisch gestützte Träger, von Dr.-Ing. H. Bleich. — Die Beseitigung der Eisenbahngleise in der Hauptstrasse der Stadt Syracuse. — *Vermischtes*: Raupen-Schwingungsverdichter für lose Schüttungen. — *Beilage*: *Der Stahlbau*, Jhrg. 10 Heft 17/18: Bauliche Ausbildung der Aussenseiten stählerner Ueberbauten, von G. Schaper. — Ueber das Ausknicken symmetrischer Bogenträger unter symmetrisch verteilten Belastungen (Schluss), von Prof. Dr.-Ing. E. Chwalla und Dipl.-Ing. Dr. sc. techn. C. F. Kollbrunner. — Die symmetrisch ausgebildete Rostbrücke mit vier Hauptträgern und einem elastischen Querträger in Hauptträgermitte, von H. Holzwarth.

Beton und Eisen, Jhrg. 36 Heft 15, 5 Augustus 1937.

Reise-eindrücke vom amerikanischen Strassenbau, von Prof. Dr. Garbotz. — Der Einfluss silikatischer Beimischungen auf die Bildung von Kalkhydrat, auf Abbindewärme und Festigkeit von Portlandzement (Schluss), von Dipl.-Ing. H. Keller. — *Vermischtes*: Ein amerikanisches Betonwerk.

Beton und Eisen, Jhrg. 36 Heft 16, 20 Augustus 1937.

Bericht über die Brückensprengung in Jerisau bei Glauchau, von Hauptmann und Kompagniechef Otto. — Die Eisenbetonsäule im Lichte gesetzmässig veränderlicher Betonelastizität, von Min.-Rat Dozent Dr.-Ing. F. Gebauer. — Der heutige Stand der Theorie der Scheibenträger und Faltwerke in Eisenbeton, von Dr.-Ing. habil. Prof. Herm. Craemer. — *Vermischtes*: Ausstellungspavillion in Düsseldorf. — Bau eines Hauses aus entlüftetem Beton. — Eine verschleissfeste Betondecke.

Engineering News-Record, Volume 119 No. 5, 29 Juli 1937.

South Penn Highway. — Tobacco factory design. — Plastic flow in concrete, by R. E. Davis, H. E. Davis and E. H. Brown. — Biofiltration of sewage, by H. N. Jenks. — Detroit shield tunneling. — Florida limerock roads. — Limerock roadbuilding methods, by T. B. Massie. — Thin-core high earthdam, by O. M. Strange. — *Comment and discussion*: Crown formula for roads, by R. D. Goodrich.

Engineering News-Record, Volume 119 No. 6, 5 Augustus 1937.

What about highway lighting. — Tunnel looped under bad ground. — Earthquake resistant brick school, by Chas. H. Fork. — City planning at Memphis, by L. P. Cockrill. — Rubbish handling costs reduced. — Civil engineers meet at Detroit. — *From field and office*: Liquid mud lifts ship, by H. Chamberlin. — Opening hill-topp bottlenecks, by J. H. Hayes. — Stiffeners at sheet-pile wyes. — *Comment and discussion*: Evaporation does not conserve, by W. B. Langbein.

Engineering News-Record, Volume 119 No. 7, 12 Augustus 1937.

Twin tied arches for Baltimore bridge, by O. H. Schroedl. — Cemented Telford pavement, by M. H. Small. — Flood control by reservoirs, by A. E. Morgan. — Retaining wall design, by E. A. Menuez. — Asphalt-bound jetty head fails. — Edison Memorial Tower. — New technique in road honing, by Le Roy F. Johnson. — *Comment and discussion*: Beam deflections.

Engineering News-Record, Volume 119 No. 8, 19 Augustus 1937.

Reclaiming California's Central Valley. — Merchandising designed concrete, by H. F. Thomson. — Evansville transforms its riverfront, by L. A. Guepel. — Roads that have been lighted, by R. M. Wetland and T. W. Dana. — New-York's new building code, by G. E. Strehan. — Improving waterworks management, by E. Grosvenor Plowman. — Notes on sewage disposal, by W. Rudolfs.

Le Génie Civil, Tome CXI No. 6, 7 Augustus 1937.

Chemins de fer: Les nouvelles automotrices des Chemins de fer français. Automotrices à transmission mécanique, par H. Martin. — *Résistance des matériaux*: Le calcul des poutres métalliques enrobées de béton, par A. Rogoff. — *Travaux publics*: La gare maritime de la Compagnie Générale Transatlantique, au Havre (suite et fin), par Beau. — *Etudes économiques*: La restauration de l'organisation corporative, par P. Augustin-Normand. — *Variétés*: Le Congrès international des Applications de l'Eclairage (Paris, 24 Juin — 1er juillet 1937).

Le Génie Civil, Tome CXI No. 7, 14 Augustus 1937.

Chemins de fer: Les nouvelles automotrices des Chemins de fer français (suite et fin). Automotrices à transmission électrique, par H. Martin. — *Matériaux de construction*: L'amélioration du ciment magnésien par l'addition de cuivre métallique, par E. Lemaire. — *Hygiène et sécurité*: Clarification et épuration simultanées des eaux usées par l'emploi de l'amiante, par L. Zigerli. — *Congrès*: Premier Congrès international de l'Habitation et de l'Urbanisme (Paris, 5 — 9 juillet 1937), par P. Razous. — *Variétés*: Le tunnel du Laboratoire d'aérodynamique de Göttingen (Allemagne).

Le Génie Civil, Tome CXI No. 8, 21 Augustus 1937.

Travaux publics: Le viaduc en béton armé, avec arc de 210 mètres de portée, sur l'Elsa (Espagne), par M. Jacobsen. — *Electricité*: La IXe Session de la Conférence internationale des Grands Réseaux Electriques (Paris, 24 juin — 3 juillet 1937). — *Aéronautique*: Le développement des moteurs d'aviation à huile lourde, type Junkers. — *Travaux publics*: L'ouverture de la route du col de l'Iseran, avant-dernière lacune de la route des

Alpes, par G. ex. — *Variétés*: Abaques de M. Waddell donnant le prix d'un pont-route. — L'„automotorail" des Chemins de fer P.-L.-M., pour le service de la voie.

Le Génie Civil, Tome CXI No. 9, 28 Augustus 1937.

Congrès: 1er Congrès international d'Urbanisme souterrain (Paris, 8 — 13 juillet 1937), par P. Razous. — *Expositions*: Le matériel employé pour les fêtes de la lumière sur la Seine à l'Exposition internationale de Paris 1937. — *Variétés*: L'obtention d'eau potable par distillation d'eau de mer, à bord des navires.

Le Génie Civil, Tome CXI No. 10, 4 September 1937.

Chemins de fer: Nouvelle locomotive aérodynamique, type Pacific, des Chemins de fer de l'Etat polonais, par H. Martin. — *Sciences*: Le développement systématique des planimètres et des intégrimètres à partir de la forme fondamentale la plus simple, par L.-A. Ott. — *Physique industrielle*: La centrale de force et de chauffage à distance de Lausanne, par R. Ruegg. — *Congrès*: Premier Congrès international des Travaux d'Hygiène publique (Paris, 12-13 juillet 1937), par P. Razous. — *Variétés*: Appareil de transmission hydrostatique, à vitesse variable, système Wulfel. — *Gazogènes* et moteurs de petite puissance, fonctionnant au bois ou au charbon de bois.

Schweizerische Bauzeitung, Band 110 Nr. 6, 7 Augustus 1937.

Nachträgliche Erhöhung von Gewichtstaumauern, von Dr.-Ing. N. Kelen. — Notes et impressions de l'exposition de Paris, par Arch. Ad. Guyonnet. — Entwicklung der „Michelines" Leichttriebwagen, von Ing. E. Schroeder. — *Mitteilungen*: 60 000 PS-Kaplan-Turbinen für Bonneville. — Wärmebedarf in Kirchen und Grossräumen. — Motorboote mit Holzgasantrieb.

Schweizerische Bauzeitung, Band 110 Nr. 7, 14 Augustus 1937.

Luftschutzbauten, von Dipl.-Arch. G. Schindler. — Eisenbeton-Sicherheitsgelasse und Gasschleusentüren „System Thorig". — Geländegängige Kraftfahrzeuge für militärische Zwecke, von Dipl.-Ing. R. Ruegg. — *Mitteilungen*: Arktische Flugleistungen. — Synthetischer Kautschuk. — Entdeckung und Erforschung eines unterirdischen Wasserlaufes in der Ajoie.

Schweizerische Bauzeitung, Band 110 Nr. 8, 21 Augustus 1937.

Neue Betrachtungen über die schweizerische Energiewirtschaft, von Prof. Dr. B. Bauer. — Tätigkeitsbericht 1934 bis 1937 der Schweizer. Kommission für Schnee- und Lawinenforschung, von Dipl. Ing. R. Häfeli. — *Mitteilungen*: Graphit-Strahlungsöfen.

Schweizerische Bauzeitung, Band 110 Nr. 9, 28 Augustus 1937.

Umbau der Mohammed Aly Moschee auf der Zitadelle von Kairo, von Prof. Dr. C. Andraee. — Neue Betrachtungen über die schweizerische Energiewirtschaft (Schluss), von Prof. Dr. B. Bauer.

Travaux, 21. année No. 56, Augustus 1937.

L'ossature du planétarium à l'Exposition Internationale de Paris, 1937, par M. A. Rywosch. — Le tunnel de Saint-Cloud, par M. de Buffevent. — Méthode nouvelle pour le calcul des portiques, par M. I. Toth. — Contribution pour le calcul statique des conduites circulaires, par M. Enyedi Béla. — L'utilisation du ciment de laitier pour la construction des grands barrages (suite et fin), par M. de Langavant. — Quelques exemples de réalisation de murs de quai en palplanches. — Les ponts roulants suspendus dans le hall „Stahl und Eisen" à l'Exposition „Schaffendes Volk" (Düsseldorf 1937). — La nouvelle usine d'incinération de la Ville de Belfort, par M. J. de Lamotte. — La protection contre l'incendie dans les municipalités, par M. R.-J. Dumont. — *Extraits de Presse technique*: L'attaque des parties métalliques par les eaux d'égout. — Les stations d'épuration du syndicat communal de la Niers en Allemagne.

Z. VDI, Band 81 Nr. 32, 7 Augustus 1937.

Die Werkstoff-Forschung als Grundlage der Konstruktion, von Dr.-Ing. H. Ude. — Gefügeuntersuchung von Presstoffen, von W. Weigel. — Das geschweisste Blechtragwerk im Kranbau, von Dipl.-Ing. K. F. Ekkinger. — Verbesserung der Schlammwasserklärung durch Schrägstellung der Klärzylinder. — Elektromechanische Schwingungsanordnung als Zeitmarken- und Schreibtrommelantrieb, von Dr.-Ing. W. Krumnow. — Aus der Ingenieurarbeit: Hausbauteile aus Asbestzement. — Neue Kühlwagen der Deutschen Reichsbahn. — Windkraftwerke in Russland. — Aus der Ingenieur-forschung: Die Tragfähigkeit eines längsbelasteten Plattenstreifens nach Ueberschreiten der Beullast.

Z. VDI, Band 81 Nr. 33, 14 Augustus 1937.

Scheinwerfer der deutschen Luftwaffe, von Oberstleutnant und Referent C. Mattner. — Aufbau und Anwendung von Schallübertragungsanlagen, von E. Thienhaus. — Aus der Ingenieurarbeit: Wasserverledeanlage für Müll der Stadt Berlin. — Oesterreichische Holzgroszbauten. — Aus der Ingenieur-forschung: Schwingungs- und Schalltechnik. — Verhalten einer Kreiselpumpe beim Betrieb im Hohl-sog- (Kavitations-) Bereich. — Modellversuche über die Kolkbildung am Untertor einer Schleuse. — Steigerung der Seewasser-Korrosionswechselfestigkeit von Stahl.

Z. VDI, Band 81 Nr. 34, 21 Augustus 1937.

Stand der Emailtechnik, von Ing.-Chem. L. Vielhaber. — Berechnungsgrundlagen für Bauteile aus künstlichen und natürlichen Steinen. — Normung im Feuerlöschwesen, von Baurat Dipl.-Ing. L. Garski. — Ein Gerät zur Messung der Schwingungsdauer und der Dämpfung von Libellen und Pendeln, von Dipl.-Ing. M. Drodofsky. — Aus der Ingenieurarbeit: Gestaltungsfragen im Schiffbau. — Aus der Geschichte des Schiffbaues. — Links- und Rechtsschweissung bei der Gasschmelzschweissung. — Schnellrammbär von 1000 kg Gewicht.

Z. VDI, Band 81 Nr. 35, 28 Augustus 1937.

Der Schwimmbaggerbau von Schichau, von E. Schramböhmmer. — Dauerprüfung von Formelementen und Bauteilen in natürlicher Grösse, von A. Thum und G. Bergmann. — Aus der Ingenieurarbeit: Groggleichrichter ohne Vakuumpumpe. — Schmelzverbindungen für Aluminiumkabel. — Härtemaschinen. — Gewinnung und Bewegung des Fördergutes durch Abraumbagger im Braunkohlen-Tagebau. — Gesteigerte Farbwirkung bei künstlicher Beleuchtung durch Neophanglas. — Deutsche und amerikanische Luftbildgeräte.

Z. VDI, Band 81 Nr. 36, 4 September 1937.

Der Einfluss des Kriegsschiffbaues auf die Entwicklung der Technik, von Min. Rat H. Burkhardt. — Fortschritte in der Verfahrenstechnik, von G. Ruppel und W. Neumann. — Internationale Spracharbeit in der Technik, von Dipl.-Ing. O. Frank. — Aus der Ingenieurarbeit: Neuzzeitliche Abwassertechnik. — Neue Gründungsverfahren für Hochspannungs-Leitungsmasten.

Verkehrstechnik, Jhr. 18 Heft 15, 5 Augustus 1937.

Anstrichtechnik für Verkehrsfahrzeuge im Rahmen des Vierjahresplanes, von Dir. A. Mollenkopf. — Neue Trieb- und Beiwagen der Strassenbahn Augsburg, von Baurat G. Schroth. — Stand und Ziel der Motorisierung des Verkehrs, von Reg.-Rat Dr. A. Bormann. Beilage: Strassenbau und Strassenverkehr: Die Rauigkeit der Fahrbahndecken und die Verkehrsabwicklung, von Prof. Dr. E. Neumann. — Die Fahrsicherheit auf Kraftfahrstrassen, von Dr.-Ing. Weidlich.

Verkehrstechnik, Jhr. 18 Heft 16, 20 Augustus 1937.

Betriebsanlagen für den Strassenfernverkehr, von Dr.-Ing. B. Wehner. — Selbsttätige Verkehrsregelung und Verkehrsunfälle, von Dipl.-Ing. P. Rother. — Beilage: Strassenbau und Strassenverkehr: Der Ausbau der schweizerischen Alpenstrassen, von Dr. M. Greiner. — Asphalt- und Teerstrassenbau in München.

Verkehrstechnik, Jhr. 18 Heft 17, 5 September 1937.

Die konstruktive Anordnung der Rillenschienen-Kreuzungsanlagen bei der Berliner Verkehrs-A.-G., von G. Krüger. — Versuche mit Aluminiumleitungen in Strassenbahn-Triebwagen, von Ing. F. Genz. — Fernreiseomnibus mit Wirtschaftsbetrieb, von Dipl.-Ing. Neymann. — Omnibusbetrieb mit Flaschengas, von H. Alertz. — Strassenbau und Strassenverkehr: Asphaltbauweisen zur Befestigung bahneigener Flächen, von Dr. Fr. Joedicke.

Wasserkraft und Wasserwirtschaft, Jhr. 32 Heft 17, 2 September 1937.

Die Arbeiten und Veröffentlichungen des Reichsamtes für Wetterdienst in Berlin über die Niederschlagsverhältnisse des deutschen Reiches und ihre Bedeutung für die Wasserwirtschaft, von Oberreg. Rat Dr. J. Haueser. — Die Dichtung eines Erddammes mit Bitumen-Emulsion, von Dipl.-Ing. H. Jähde. — Hochwässer in den Vereinigten Staaten (Fortsetzung), von Geh. Reg.-Rat Wernecke. — Rundschau: Wasserversorgung in Südafrika.

Wasserwirtschaft und Technik, Jhr. 4 (30) Nr. 17-19, 5 Juli 1937.

Die wasserwirtschaftlichen Beziehungen zwischen industrie und Landwirtschaft, von Dr. R. Fischer. — Genauere Ermittlung der Wassermengen mit Hilfe des Dränwassermessers von Janert, von Min. Rat Ing. R. Ehrenberger. — Ein neues Bohrgerät zur Entnahme von Bodenproben in natürlicher Lagerung, von Min. Rat Dr.-Ing. B. Ramsauer. — Die wirtschaftliche Bedeutung der Wildbachverbauung, von Ing. G. Strele.

Wasserwirtschaft und Technik, Jhr. 4 (30) Nr. 20-22, 5 Augustus 1937.

Hundert Jahre Donau-Dampfschiffahrt in Oesterreich. — Das deutsche Wasserstrassensystem, von Dr. O. Most. — Versuche auf der Donau über die Voreilung zu Tale treibender Fahrzeuge, von Ziviling. Dr. O. F. Schosberger. — Rundschau: Kanaltagung des Südwestdeutschen Kanalvereines.

Werft Reederei Hafen, Jhr. 18 Heft 16, 15 Augustus 1937.

Die Bedeutung der Versuchstechnik in der Binnen- und in der Seeschiffahrt (Schluss), von K. Helm. — 16. Hauptversammlung der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt e. V. (2. Fortsetzung).

PERSONALIA.

Ir. J. Th. Rietveld, ambt. op wachtg., laatstel. ing. bij 's Lands Waterst., is benoemd tot ing. bij 's Lands Waterst.

Ir. J. W. Zegers, tevoren particulier, is tijd. werkz. gest. op daggeld en gepl. bij het Dep. v. V. en W.

Ir. L. K. Tempelman Kluit, werkz. op daggeld bij 's Lands Waterst., is tijd. belast m. d. waarneming van de betr. v. ing. bij 's Lands Waterst.

Irs. J. R. de Vries, J. H. Spengelink en R. Djoeanda zijn op maandgeld werkz. gest. bij den Prov. Wat. dienst van W.-Java, resp. te Bandung, Poerwakarta en Batavia.

Irs. M. J. Roos, M. G. Fabius en H. G. Poortman van den Prov. Waterst.-dienst van M.-Java zijn resp. overgepl. van Semarang (Hoofdk.) naar Magelang, van Karangobar naar Koedoes en van Semarang naar Bandjarnegara.

Ir. W. P. C. Hennequin, hoofding. bij Weg en Werken der S. S. te Batavia, is tijd. belast met het geven van onderw. in bruggenbouw, gewapend beton en bovenbouw spoorwegen aan de Techn. Hoogeschool te Bandoeng gedurende het aan prof. ir. P. P. Bijlaard verleend buitenl. verlof.

Ir. H. Ch. van Meerten, ing. b. d. S. S., is tijd. bel. m/d. waarn. v/d betr. van afd. chef (hoofding.) b. d. S. S.

Ir. F. Q. den Hollander, chef expl. Westerlijnen der S. S., is wegens 6-j. dienst 8 mnd. buitenl. verlof verleend. ing. 1 December 1937.

Ir. A. J. H. L. Rosenquist, eerstaanw. ing. van Weg en Werken I der S. S. te Batavia, is overgepl. naar het Hoofdkantoor, (dienstonderd. Weg en Werken, afd. Constr. en Bruggen) der S. S. te Bandoeng.

Ir. W. Hofland, ing. b/d S. S., is tijd. bel. m/d functie van eerstaanw. ing. v. Weg en Werken I te Batavia.

Irs. D. J. G. de Graaf, A. Verstege en G. A. Heyning, ingrs. bij de B. P. M., zijn uit Europa komend resp. gepl. te Tjepoe, Tarakan en Balikpapan.

Irs. J. A. Mijns en E. W. Vreedenberg, ingrs. bij de B. P. M., zijn overgepl. resp. v. Pn. Brandan n. Pladjoe, en van Bandjermasin naar Louise (Sanga Sanga, Borneo).

Ir. J. J. Arps, ing. bij de B. P. M., is van Balikpapan vertr. m. Eur. verlof.

Dr. P. J. Pijpers, geol. bij de B. P. M., is na ommeek. Eur. verl. tewerkgest. te den Haag.

KON. INST. VAN INGENIEURS.

Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

Aangenomen en voorgestelde nieuwe leden.

De in Nummer 9 van dezen jaargang voorgestelde nieuwe leden zijn aangenomen.

Voorgesteld wordt als *juniorlid*:

A. B. Schrader, Student aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng.

Eventuele bezwaren tegen deze candidaatsstelling worden vóór 10 December a.s. ingewacht bij den Secretaris, Bragaweg 38, Bandoeng.

KRINGNIEUWS.

Kring III (Semarang).

Excursie naar het in aanleg zijnde vliegveld Kalibanteng nabij Semarang.

In den namiddag van 29 September verzamelden zich een 25-tal leden van Kring III en van de Groep Midden-Java van de Vereeniging van Waterstaatsingenieurs in een der Directieloodsen van genoemd werk, waar ir. D. van Riemsdijk, aan de hand van situatie- en doorsnedeteekeningen, een voordracht hield over den aanleg van het nieuwe vliegveld.

Nadat de eischen, die aan een modern vliegveld gesteld worden en de overwegingen, die in verband hiermede geleid hebben tot de keuze van het land „Kalibanteng” voor het nieuwe vliegveld, waren uiteengezet, werd nader ingegaan op de afmetingen, uitbreidingsmogelijkheid, wijze van drainage, hoogtebepaling boven zeespiegel en de omlegging van de Kalibanteng.

Daarna werd de wijze van ophooging van het terrein behandeld, n.l. door het opbrengen van zand van een zandbank, die voor den mond van de Kalibanteng ligt. Door een centrifugaalpomp op den emmer-baggermolen en drie pompstations op den wal, wordt het zand door een stalen pijpleiding op het terrein gespoten. Ten behoeve van de pompen van de walstations legde de ANIEM een speciale 6000 V leiding aan. Per etmaal wordt thans 17 uur gespoten. Voor de afscheiding van klei uit het mengsel zand-water zijn speciale voorzieningen getroffen, terwijl voor het op peil houden van het zandgehalte bij elk station een spuilleiding aanwezig is.

Na de voordracht werd een rondgang over het terrein gemaakt, waar door irs. A. L. Verwoerd en D. van Riemsdijk, den heer Westhoeve van den Prov. Waterstaat en den heer J. S. Volker, Directeur van de N. V. Volker Aanneming Mij. verder uitleg gegeven werd.

Na terugkomst in de directieket werd een koele dronk genoten, waarna de voorzitter van Kring III van het K.I.v.I. den gastheer ir. D. van Riemsdijk, als vertegenwoordiger van de Directie, voor zijn voordracht en de geboden gelegenheid om dit werk te bezichtigen, dank zegde.

Bovendien werd bij deze gelegenheid afscheid genomen van den aftredenden secretaris van Kring III, ir. B. W. Colenbrander, in verband met zijn overplaatsing naar Soerabaia.

De heer Colenbrander heeft deze functie steeds met groote toewijding en enthousiasme vervuld.

IN NEDERLANDSCH-INDIË

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

„DE MIJNINGENIEUR“

INHOUD: Neogene Cypraeacea aus Ost-Java (Mollusca Gastropoda), door Dr. phil. F. A. Schilder. — Economische mededeelingen. — Personalia.

Neogene Cypraeacea aus Ost-Java
(Mollusca Gastropoda)

von

Dr. phil. F. A. SCHILDER,
Naumburg-Saale.

Jede Erweiterung unserer leider noch recht lückenhaften Kenntnis der tertiären *Cypraeacea*-Fauna von Süd-Asien ist für die Beurteilung der Stammesgeschichte dieser Molluskengruppe¹⁾ von grosser Bedeutung; denn hier in der östlichen Hälfte der nach Alfred Wegener früher zusammenhängend gewesenen Land- und Schelfgebiete (Indopazifik von Ostafrika bis Polynesien) lebt die überwiegende Mehrzahl der rezenten Arten, aber unsere Kenntnis ihrer Ahnen ist verhältnismässig noch sehr dürftig, während die tertiären *Cypraeacea* der westlichen Hälfte der alten Kontinentalmassen (Europa, Westafrika, Amerika), wo der Formenreichtum seit dem Tertiär auffällig zurückgegangen ist, ziemlich vollständig bekannt sind²⁾.

Ich habe es daher freudig begrüsst, dass mir Herr Dr. R. IJzerman eine verhältnismässig reiche Ausbeute von jungtertiären und pleistocänen *Cypraeacea* zur Bearbeitung sandte, welche von der Niederländisch-Indischen Geologischen Landesanstalt in Bandoeng gesammelt wurden.

Die untersuchten 102 Stücke lassen sich folgendermassen gruppieren:

A. Einige von Herrn Dr. IJzerman zu Vergleichszwecken mitgesandte Typen und andere schon früher (z.T. von Prof. K. Martin) beschriebene Stücke von miocänen und pliocänen Fundorten von Ost-Java, deren nochmalige ergänzende Beschreibung bzw. erstmalige Veröffentlichung einer Abbildung mir notwendig erschien.

B. 5 Arten aus dem älteren Miocän von Lodan, Res. Rembang.

C. 14 Arten aus dem Pliocän der Res. Madioen.

D. 10 Arten und Unterarten aus dem Pleistocän der Res. Soerabaja.

1) Schilder 1936A p. 108-111. — Die Erklärung der Literatur-Abkürzungen siehe im Literatur-Verzeichnis am Schlusse dieser Arbeit!

2) Schilder 1932Q, besonders p. 248-251.

Die einzelnen Teile der Schalen wurden folgendermassen abgekürzt³⁾:

R. = Rücken; Sp. = Spira; S. = Seiten; AR. = rechte Seite; CR. = linke Seite; E. = Enden; VE. = Vorderende; HE. = Hinterende; B. = Basis; M. = Mündung; K. = Kanäle (M.-Ausgüsse); VK. = vorderer Kanal (Siphonalkanal); HK. = hinterer Kanal; AL. = Aussenlippe; IL. = Innenlippe; ALVE., ALHE., ILVE., ILHE. = vorderes bzw. hinteres Ende der AL. bzw. IL.; Z = Zähne; AZ. = Z. der AL. (einschliesslich der im HK. stehenden Z.); IZ. = Z. der IL. (ohne den TZ.!); VAZ., MAZ., HAZ., VIZ., MIZ., HIZ. = vordere, mittlere bzw. hintere AZ. bzw. IZ.; TZ. = Terminalzahn am ILVE. neben dem VK.; F. = Fossula; IRZ. = Zahnkerben am Innenrande der F.; C. = Inneres der Columella in ihrem hinteren Teile.

Die Masse und die Zahl der Zähne eines jeden Stückes wurde in einer Formel mit stets gleich bleibenden Interpunktionen ausgedrückt, zum Beispiel:

$$13 (68 \cdot 58) 15 : 1 + 16 (18 : 19);$$

hier bedeutet 13 die Länge (L.) der Schale in mm; 68 = grösste Breite, ausgedrückt in Prozent der Länge; 58 = grösste Höhe (dorsoventraler Durchmesser), ebenfalls in Prozent der Länge; 15 = Zahl der AZ.; 16 = Zahl der IZ. (ohne TZ.!); die Ziffer 1 bedeutet einen schwachen Zahn in der Lücke zwischen TZ. und VIZ.; 18 und 19 = relative Zahndichte, d.i. die theoretische Zahl der Zähne (az. und iz.) bei einer Schale von 10 mm (*Triviidae*) bzw. 25 mm Länge (*Cypraeidae*), berechnet nach der Formel:

$$az. = 7 + (AZ. - 7) \sqrt{(10 \text{ bzw. } 25) : L};$$

$$iz. = 7 + (IZ. - 7) \sqrt{(10 \text{ bzw. } 25) : L}.$$

Bei den *Triviidae* bezeichnet ferner RS. die Zahl der Rippen rings um die Peripherie (S. + E.) der Schale, RR. die Zahl der von der zentralen Rückenfurche

3) Vgl. Schilder 1927K, p. 197; Schilder 1932F, p. 255.

bezw.

Rückenlinie nach beiden Seiten ausgehenden Rippen (die gegen die K. ziehenden Längsrippen beider E. nicht mitgerechnet); die relative Zahl der Rückenrippen (rr.) wurde nach der Formel;

$$rr. = RR. \sqrt{10 : L.} \text{ bestimmt } ^4).$$

A. Cypraeidae aus früheren Funden.

Pustularia (Pustularia) everwijnii.

Martin 1887J, p. 140, t. 7, f. 140; Schilder 1932F, p. 266 (Note 1).

13 (68.58) 15 : 1 + 16 (18 : 19) = Holotypus von Djokjokarta (Fig. 1).

Fast kugelig, R. mit sehr undeutlichen Querknicken, AR. scharf gerandet, aber nicht gestochen, stark aufgebogen, CR. gerundet-aufgebogen, E. etwas zugespitzt, VE. abgesetzt, HE. mit einem Callus-Knopf über dem ALHE., Sp. aus tiefem Nabel kurz vorspringend; M. eng, wenig gebogen, B. konvex, AZ. fast bis zu $\frac{1}{2}$ Lippenbreite rippenartig, ALVE. gedrückt, vorderster AZ. radial zweifaltig, 2 HAZ. im HK. schwach, IZ. kurz, an der M.-Kante, nur hinter der Mitte bis fast $\frac{1}{2}$ Lippenbreite verlängert, ILHE. spitz, nicht gesägt, TZ. schwach, kurz, schrägfaltig, mit obsoletter VK.-Randleiste verschmolzen, von den VIZ. etwas abgesondert, 1 Zwischenzahn obsolet; F. ziemlich breit, aber seicht, regelmässig quergefaltet, IRZ. wenig betont, F.-Vorderrand mit dem Inneren des R. hinter dem VK. verwachsen, C. gegen die IL. abgesetzt, also eine breite seichte Furche vortäuschend, quergefaltet, ohne IRZ., hinten glatt. — R. mit Spuren von runden braunen Tropfen.

P. everwijnii gehört nach der Aufbiegung des AR., dem Callusknopf und dem dorsal verschmelzenden F.-Vorderrand zweifellos zu *Pustularia*, u. zw. nach den kurzen E. und den teilweise kurzen Z. in die Verwandtschaft von *tessellata* (rezent: Hawaii⁵⁾); der AR. ist jedoch noch schärfer gerandet (fast wie bei der gerippten *Ipsa childreni*), die Sp. weniger vorgezogen, und die F. schmaler, dabei regelmässiger und bis weit auf die C. hin quergefaltet: *everwijnii* nimmt also unter den *Pustularia* eine isolierte Stellung ein, die abweichenden Merkmale (AR., Sp., F., C.) sind jedoch keineswegs primitiv⁶⁾, vielmehr nähern sie sich (wie auch die IZ.) den *Erroneini*, besonders *Cribraria*, sodass es möglich erscheint, dass die in Schilder 1936A, t. 12 mit V9 bis V11 bezeichneten Genera von einer zwischen Q2 und O2 stehenden oligocänen Form abzuleiten sind.

P. pisiformis Schilder 1932F, p. 265, fig. 4 verbindet dagegen offensichtlich *Pustularia* mit *Staphylaea* (Q2 und R3); bei dem Paratypus 9.6 (68.56) 18 : 1 + 18 (25 : 25) = Fig. 2 sind an den B.-Rändern schwach erhabene rostfarbene Körner

4) Ueber die Gründe dieser Berechnungen vgl. Schilder 1930C, p. 67; Schilder 1935A, p. 327; Schilder & Schilder 1933N, p. 188.

5) Literatur, Synonymie und Verbreitung der rezenten und fossilen Arten siehe bei Schilder 1932Q.

6) Die primitivste bekannte *Pustularia* ist wohl die rezente *P. (Annepona) mariae*.

zu erkennen; der Callusknopf am HE. ist obsolet, die F. schmaler und seichter als bei *cicersula*, aber breiter als bei *everwijnii*, ihr Vorderrand ist mit dem R. innen verwachsen.

Paulonaria conjunctedentata.

Schilder 1932F, p. 264.

13 (60.56) 21 : 16 (27 : 19) = Holotypus (etwas verdrückt) von Kembang Sokkoh (Fig. 3).

Die nunmehr von mir freigelegte F. ist etwa so breit wie bei *Pustularia pisiformis*, aber etwas tiefer, mit 3 schwachen Querrippen und 4 kräftigeren IRZ., Vorderrand mit R. verbunden, C. ziemlich bauchig, glatt. — R. und der Rand der B. mit regelmässigen runden rostroten Tropfen, alle Zwischenräume zwischen den Z. bzw. die Grübchen ausserhalb der längsverschmolzenen VIZ. dunkelbraun (in Fig. 3 punktiert).

Nächstverwandt mit der rezenten, auf Ozeanien beschränkten *dillwynii*, jedoch ausser durch die geringere Z.-Zahl und die gänzlich abweichende Färbung noch durch die in der ganzen Länge der Schale gleich langen Z.-Falten leicht zu unterscheiden (bei *dillwynii* sind die mittleren Z. ganz kurz, die vorderen und hinteren Z. lang, u. zw. auf der AL. dekliv und unverschmolzen, auf der IL. kürzer und wenigstens vorn längsverschmolzen).

Paulonaria selatjauensis.

Schilder 1932F, p. 265.

13 (58.53) 20 : 24 (25 : 31) = Holotypus von Selatjau (Fig. 4).

Das Unikum steht *dillwynii* noch näher: AZ. noch grob, aber bereits mit Tendenz zu ungleicher Länge, nicht längsverschmolzen, IZ. feinst, auf den M.-Rand beschränkt, also wohl längsverschmolzen, jedoch ohne äussere Grübchenreihe; IL. beiderseits mit einigen kleinen, regelmässigen Callus-Wärzchen; F. wie bei *conjunctedentata*, aber glatt, IRZ. kaum angedeutet, also Innenrand nahezu ganz glatt.

Paulonaria(?) sokkohensis nov. spec.

a = 12 (64.?) 20 : 18 (26 : 23) = Holotypus (ganz plattgedrückt) von Kembang Sokkoh (Fig. 5);

b = 13 mm (Torso) = Paratypus von Kembang Sokkoh.

Ziemlich birnförmig, AR. schmal, scharf gerandet, nicht gestochen, CR. gerundet (nur am VE. scharf gerandet), Sp. nicht erkennbar; M. hinten leicht gebogen, B. ziemlich konvex, AZ. rippenartig bis fast $\frac{1}{2}$ (Holotypus) oder gar bis über $\frac{2}{3}$ der Lippenbreite (Paratypus) verlängert, ALVE. nicht dekliv, vorderster AZ. randet den VK. und springt am AR. eckig vor, IZ. ziemlich kurz, VIZ. lang, quersfaltig, tief eingeschnitten, letzter IZ. bildet eine scharfe Rippe längs des HK., TZ. sehr abgesondert, als schmale scharfe Rippe den VK. begrenzend; F. bei beiden stark verdrückten Stücken nicht freilegbar.

Diese neue Art verbindet offensichtlich die *beckii*-Gruppe von *Paulonaria* mit der *helvola*-Gruppe von *Ravitrana*: Grösse, Gestalt und der nicht gestochene

AR. gleichen der ersteren, die langen, nicht längsverfliessenden VIZ. und der einfache TZ. der letzteren; die scharfen Rippen am VK. und am ILHE. sind für beide Genera charakteristisch.

Erronea (Adusta) ijzermani nov. spec.

7 mehr oder weniger beschädigte Stücke von Ngampel (Res. Rembang) im Mus. Leiden (Nr. 10121):

$a = 15$ (61.53) 27 : 1 + 22 (33 : 27) = Holotypus (Fig. 6);

$b = 13$ (? . ?) 25 : 22 (32 : 28) = Paratypus (zerbrochen);

$c = 14$ (61.50) 24 : 1 + 20 (30 : 25) = Paratypus;

$d = 14$ (61.51) 22 : ? (27 : ?) = Paratypus;

$e = 14$ mm (Torso) = Paratypus;

$f = 15$ (? . ?) 24 : 22 (29 : 27) = Paratypus (verdrückt);

$g = 15$ (? . ?) ? : 22 (? : 27) = Paratypus (verdrückt).

Birnförmig, VE. und ALHE. vorgezogen, AR. im ersten Drittel (oft, wie beim Holotypus, auch im 2. Drittel) mit Randkiel, hinten gerundet, CR. vorn gerandet, sonst gerundet, Sp. seicht genabelt; M. hinten sehr gebogen, B. regelmässig konvex, ALVE. etwas gedrückt, ALHE. stark linksgebogen und ziemlich rückgebogen, Z. meist über mehr als $\frac{1}{2}$ Lippenbreite rippenartig verlängert, aussen oft mit eingeschobenen Zwischenrippen, AZ. (oft auch IZ.) vorn und hinten den Aussenrand erreichend, VIZ. querfältig, ILHE. mehr oder weniger stumpf, die HIZ. sind darüber hinaus bis fast zum dorsalen Ende des HK. vorhanden, TZ. schmal, keilförmig (aussen breiter), randständig, meist nicht ganz bis zum Aussenrand verlängert, von den basal etwas vorspringenden VIZ. deutlich abgesondert (hier ist oft von aussen her ein Zwischenzahn eingeschoben); F. ziemlich breit, steil, ziemlich seicht, quergefaltet, IRZ. wenig verstärkt, C. quergefaltet, aber Längsfurche obsolet. — R. jetzt einfarbig hellgelb, S. weisslich, der gerippte Teil der B. gelbbraun.

Nahe verwandt mit der rezenten, in 3 Rassen in 3 weit auseinander liegenden Regionen (Melanesien, China, Arabien) lebenden, jedoch dem Malayischen Archipel fehlenden *pulchella*, aber viel kleiner, VE. kürzer und mehr gerandet, E. der AL. weniger verschmälert, AZ. länger, IZ. unter sich meist gleich lang (daher im Gegensatz zu *pulchella* aussen vom CR. ungleich weit abstehend), ILHE. viel stumpfer, S. vielleicht ohne Tropfen. Im Vergleiche zu *sondeiana* ist *ijzermani* kleiner, weniger tief genabelt, M. hinten mehr gebogen, Z. länger, VIZ. mehr aus der B.-Ebene vorspringend, ILHE. stumpf, HIZ. bis in den HK. fortgesetzt.

Erronea (Adusta) progoensis.

Schilder 1927R, p. 118, p. 158 (Note 359);
= *everwijni* Martin 1916P, p. 244, t. 2, f. 45
(nec 44) nec Martin 1887J.

$a = 18$ (67.55) 24 : 24 (27 : 27) = Holotypus von Goenoeng Spolong (Fig. 7, auch von Martin abgebildet);

$b = 14$ (67.52) 20 : 19 (?) (25 : 23) von Goenoeng Spolong (Fig. 8);

$c = 16$ (68.60) ? : 19 (? : 22) von Goenoeng Spolong.

7) Davon sind 6 IZ. an der M. paarweise verschmolzen!

Kleiner als *Notadusta spolongensis* (siehe unten!), weniger birnförmig, breiter suboval, AR. etwas höher liegend, HE. kaum rückgebogen, Sp. etwas weniger tief genabelt; M. hinten weniger gebogen, B. mehr konvex, AL. in der Mitte kaum abgeflacht, endwärts gedrückt, aber nicht dekliv, Z. gröber, scharf rippenartig verlängert (AZ. bis über $\frac{1}{2}$, IZ. bis fast $\frac{1}{2}$ Lippenbreite), VIZ. wie bei *Erosaria* querstehend, weniger emporgewulstet als bei *spolongensis*, ILHE. weniger spitz und kaum linksgebogen, auch querge-rippt, TZ. scharf geschnitten, als Randfalte den VK. begrenzend, jedoch ist seine Zusammensetzung aus 2 etwas konvergenten Falten oft noch erkennbar; F. ziemlich breit, etwas konkav, quergefaltet, mit 4 wenig verstärkten IRZ., C. nur vorn von den IZ.-Falten betreten, hinten und innen (im Gegensatz zu Martin's Zeichnung) aber vollständig glatt.

E. progoensis ist offensichtlich eine Ahnform von *sondeiana*, aber kleiner, breiter, AR. gerandet, B. mehr konvex, AZ. länger, ILHE. spitzer, bis zur Spitze gezahnt, TZ. oft noch als zweifaltig erkennbar, F. breiter, C. fast glatt.

Erronea (Adusta) sondeiana.

Martin 1899J, p. 173, fig. 403; Schilder 1932F, p. 267.

$a = 20$ (59.49) 22 : 19^s) (24 : 20) = Holotypus von Sonde;

$b = 20$ (60.51) 21 : 19 (23 : 20) von Sonde.

Sehr ähnlich der rezenten *walkeri* (besonders ihrer Rasse *amabilis*) in Gestalt und M., in dem vorn (vom VE. bis etwa in $\frac{1}{3}$ Schalenlänge) von einer scharfen Randleiste begleiteten, hinten aber gleichmässig gerundeten AR., in dem groben, aber scharf geschnittenen randständigen TZ., dessen an der M. gelegenes Ende bei *sondeiana* aber meist deutlich verbreitert ist, in den querfaltigen, vom TZ. weit abgesonderten VIZ. und in den fein rippenartig verlängerten übrigen IZ.; die von Martin gezeichneten Farbenreste des R. sind erst bei der Fossilisation entstanden, dagegen lässt der Holotypus durch eine dunkler rostfarbene Zone, welche alle Zähne beider Lippen umfasst, vermuten, dass die M. wie bei *walkeri* farbig war; der R. ist jetzt etwas dunkler gelb als S. und B. — *E. sondeiana* unterscheidet sich aber von *walkeri* durch die mehr birnförmige Gestalt, die IZ., welche vorn relativ nur wenig gröber und dicker als die HIZ. sind und hinten bisweilen auswärts mehr verlängert sind (die HIZ. reichen beim Holotypus bis $\frac{1}{2}$, beim anderen Stücke bis fast $\frac{1}{3}$ Lippenbreite), die F., welche etwas vertieft erscheint, da die sie überquerenden Rippen deutlich eingesattelt und innen zu IRZ. verstärkt sind, und die C., die gegen die IL. deutlich abgesetzt und in der ganzen Länge fein quergefaltet ist (die Rippen sind auch hier innen zu Knötchen verstärkt). — F. und C. erinnern also viel mehr an *pulchella*, doch ist *sondeiana* kleiner, VE. weniger vorgezogen, die vordere AR.-Leiste reicht weiter nach hinten, IZ. kürzer, VIZ. nicht emporgewulstet, mehr querstehend als schräg, TZ. etwas

8) Die Angabe „22 IZ.“ in Schilder 1932F, p. 267 beruht auf einem Druckfehler.

stärker, F. und C.-Furche etwas tiefer, IRZ. auf F. und C. deutlicher ausgebildet.

E. sondeiana verbindet also die sonst ziemlich isoliert stehende rezente *walkeri* mit den übrigen Arten des Subgenus *Adusta*, besonders der Cruppe von *pyriformis*.

Erronea (Erronea) cheribonensis.

Schilder 1932F, p. 268;

= *sondeinana* var. 3 Martin 1899J, p. 173, fig. 405.

26 (55.48) 23 : 21 (23 : 21) = Holotypus aus der Menengtenschlucht (Fig. 9).

Gehört nach der mehr regelmässig eiförmigen Gestalt und der hinten nur wenig und ganz allmählich gebogenen M. zweifellos zu *Erronea* s. str.; ich halte diese Art aber jetzt weniger für eine Verwandte von *vredenburgi*, als vielmehr von *ovum*, weil die Sp. deutlicher genabelt, die B. mehr konvex, die M. mehr seitlich gelegen, das ALVE. weniger dekliv, das ALHE. mehr vorspringend, das ILHE. zwar abgesetzt, aber an der Spitze mehr abgestutzt ist und die F. und C. viel weniger deutlich längsgefurcht sind. *E. cheribonensis* unterscheidet sich jedoch von *ovum* durch den deutlich (wenn auch nur vorn wirklich stark) gerandeten AR., das weniger ausgebogene, etwas flacher deklive ALVE., die feineren und zahlreicheren Z. (besonders AZ. und VIZ.), die F., die zwar ebenso flach ist, auf der die vorderen Querfalten aber etwas deutlicher eingesattelt sind, und die C., die regelmässiger quergefaltet ist als es sonst bei *ovum* der Fall zu sein pflegt.

Notadusta egregia nov. spec.

13 (68.60) 21 : 20 (27 : 25) = Holotypus von Goenoeng Spolong (Fig. 10) im Mus. Leiden (Nr. 10134).

Stimmt in den meisten Merkmalen (AR., E., Sp., M., AL., VIZ., HIZ., ILHE.) mit *spolongensis* (siehe unten!) überein, ist aber viel kleiner, fast kugelig (trotz des zugespitzt rückgebogenen HE.), AL. endwärts weniger dekliv, IL. etwas flacher, Z. etwas gröber und kürzer (AZ. reichen nur kaum bis zu $\frac{1}{2}$ Lippenbreite, MIZ. fast verlöscht); F. etwa ebenso breit, aber mehr konkav, glatt, mit 4 starken IRZ., C. glatt, tiefer längsgefurcht; der TZ. des Holotypus ist zwar etwas beschädigt, besteht aber wohl aus 2 dicken konvergenten Falten.

N. egregia gehört zweifellos in die nahe Verwandtschaft von *spolongensis*; *egregia* erinnert jedoch (mehr noch als diese und die 2 pleistocänen und rezenten *Notadusta*) im Gesamthabitus und in vielen Einzelheiten (zum Beispiel den beiderends längeren AZ., den schwach emporgewulsteten VIZ., ja selbst in einer schwachen Unterbrechung der Randfurche am HE.) an die oben behandelten miocänen *Paulonaria*, sodass es nicht ausgeschlossen erscheint, dass *Notadusta* von *dillwyni*-ähnlichen oligocänen *Paulonaria* statt direkt von *Conocypraea* (vgl. Schilder 1936A, t. 12) abzuleiten ist; die genabelte Sp., das Fehlen eines wirklichen Callusknopfes am HE., die aussen weniger vorspringende Vorderecke der AL.,

usw. stellen *Notadusta* aber schon eindeutig zu den *Cypraeovulinae* und *Erroneini*; die 3 *Notadusta* aus dem Tertiär von Australien (Schilder 1935A, p. 350) stehen den übrigen *Erroneini* noch näher.

Notadusta spolongensis nov. spec.

= *progoensis* Schilder 1927R, p. 118, 158 (Note 359) pars⁹⁾; Schilder 1935A, p. 350;

= *everwijnii* Martin 1916P, p. 244, t. 2, fig. 44 (nec 45) nec Martin 1899J.

26 (62.56) 28 : 31 (28 : 31) = Holotypus von Goenoeng Spolong (Fig. 11) im Mus. Leiden (Nr. 10136).

Birnförmig, AR. scharf gerandet, aber kaum aufgebogen, Randfurche mit ganz irregulären Querleistchen, HE. rückgebogen, Sp. in tiefem Nabel, flach, nur der Protoconch etwas vorspringend; M. ziemlich eng, hinten stark gebogen, AL. beiderends steil dekliv, in der Mitte flach und etwas nach auswärts geneigt, IL. konvex, AZ. dicht, bis zu $\frac{2}{3}$ Lippenbreite (endwärts sogar bis zum Rande) verlängert, IZ. äusserst fein, aussen ganz kurz, VIZ. kaum merklich emporgewulstet, HIZ. etwas verlängert, ILHE. spitz, linksgebogen, TZ. abgebrochen; F. sehr breit, aber ganz seicht, steil, obsolet quergefaltet (der Innenrand ist von harter Matrix verdeckt), C. regelmässig fein quergefaltet, nur hinten glatt, Längsfurche obsolet.

N. spolongensis steht der rezenten *martini superstes* auffällig nahe und scheint sich nur durch die bedeutende Grösse, viel mehr bauchige Gestalt und durch die längeren AZ. zu unterscheiden.

B. Das Miocän von Lodan (Res. Rembang).

Aus dem Lepidocyclinen führenden Miocän von Loc. 26¹⁰⁾ im Süden von Lodan (im Norden der Res. Rembang) liegen mir 7 Stücke in 5 Arten vor.

Pseudotrivia ijzermani nov. spec.

$a = 6.1$ (77.71) 20 : 19 (23 : 22) mit 59 RS. und 24 RR. (rr. = 31) = Holotypus (Fig. 12);

$b = 4.5$ (? . 77) ? : 16 (? : 21) mit 26 RR. (rr. = 38) = Paratypus (AL. fehlt).

Kugelig, hoch gewölbt, E. kurz vorspringend, sehr abgesetzt, AR. in der ganzen Länge sehr scharf gerandet, Rand unterhalb der tiefen Randfurche sehr vor-

9) Der Name *progoensis* wurde von Schilder 1927R, p. 158 formell für 2 Stücke, die von Martin 1916P als fig. 44 und 45 abgebildet wurden und nunmehr zu 2 Genera gestellt werden müssen, aufgestellt. Schilder's Beschreibung berücksichtigt aber fast nur solche Merkmale, die nur auf fig. 45 erkennbar sind; dieses in fig. 45 abgebildete Stück (das zu *Erronea* subgen. *Adusta* gehört) muss also als Typus von *progoensis* angesehen werden, das in fig. 44 abgebildete Stück dagegen einen neuen Namen erhalten (*Notadusta spolongensis*). Die Zuteilung von „*progoensis*“ zu *Notadusta* durch Schilder 1935A hat also nur für fig. 44 Berechtigung.

10) Mit „Loc.“ bezeichne ich die Nummern der Fundstellen auf der Geologischen Karte von Java; Loc. 26 ist auf Blatt 97 A, Loc. 82^a-139 auf Blatt 110 A, Loc. 167-205 auf Blatt 110 B, Loc. 216-221 auf Blatt 116 A und Loc. 245-260 auf Blatt 93 B zu finden.

springend, CR. gerundet; R.-Rippen ziemlich dick, aber sehr scharf geschnitten, Zwischenräume sehr feinkörnt (Zwischenräume der B.-Rippen gröber gekörnt), R.-Furche obsolet, kaum eingedrückt, ziemlich lang, Rippen hier meist nicht unterbrochen; M. seitlich gelegen, gebogen, ALHE. etwas vorspringend, ALVE. und ILVE. gekielt, ILHE. sehr spitz, scharf gekielt, vorspringend und linksgebogen, HK. tief; F. und C.-Furche etwa gleich breit, seicht, F.-Innenrand nicht vorspringend.

Gestalt, AR., R.-Furche, M., ALHE., ILHE. und F. erinnern auffällig an die rezente *abyssicola*; *ijzermani* unterscheidet sich aber durch geringere Grösse, mehr kugelige Gestalt, sowie durch die stärkeren und am R. etwas weniger zahlreichen Rippen (rr. = 35 statt 43). Die gleichen Merkmale (ausser der unbekannten F.) finden sich auch bei *Pseudotrivia coxi* aus den Gáj-Schichten (Unteres Miocän) von Karachi (Britisch Indien)¹¹⁾; *coxi* unterscheidet sich aber von *ijzermani* durch bedeutendere Grösse (10-11 mm) und etwas irreguläre, viel weniger zahlreiche Rippen (rr. = 24-27).

Pseudotrivia lodanensis nov. spec.

6.3 (73.60) ? : 24 (? : 29) mit 34 RR. (rr. = 42) = Holotypus (Fig. 13).

Das kurze, sehr abgesetzte HE., der überall gerandete (wenn auch etwas weniger scharf betonte) AR. und das spitze, linksgebogene (aber mit seiner Spitze etwas ohrförmig zur AL. hingezogene) ILHE. ähneln *ijzermani*; *lodianensis* unterscheidet sich aber durch die etwas mehr längliche Gestalt, die sehr zahlreichen und feinen Rippen, welche die lange, deutlich eingedrückte R.-Furche von beiden Seiten betreten, sodass nur eine schmale Mittellinie glatt bleibt, und die ziemlich konkave F. mit etwas vorgezogenem Innenrande.

Gestalt, R.-Furche und F. nähern sich also der rezenten (zu *Cleotrivia* überleitenden) *Pseudotrivia problematica*, doch hat *lodianensis* feinere und zahlreichere Rippen (bei *problematica* ist rr. = 38), deren Enden an der R.-Furche nicht verdickt sind, sondern innerhalb derselben spitz auslaufen, und eine feinere Körnelung zwischen den Rippen.

Cleotrivia (?) *javana* nov. spec.

4.3 (72.69) 19 : ? (25 : ?) mit 21 RR. (rr. = 32) = Holotypus (Fig. 14).

Unterscheidet sich von *Pseudotrivia ijzermani* durch die weniger kugelige Schale mit dem mehr vorgezogenen, aber weniger abgesetzten HE., den weniger gerandeten AR. (die Randfurche ist nur an den E. deutlich, in der Mitte aber kaum mehr verfolgbar), die tiefere und kürzere R.-Furche, an der die Rippen vollkommen unterbrochen sind und zum Teil in schwachen Knötchen endigen, die mehr zentrale und gerade M., sowie durch das ziemlich lange, spitz ausgezogene, aber nur wenig gekielte und kaum linksgebogene ILHE.; F. ist von Matrix verdeckt.

11) Schilder 1936f, p. 209, fig. 2-3.

Diese Art ähnelt in vielen Merkmalen (Gestalt, Rippen, R.-Furche, ILHE.) den rezenten *Trivirostra*, als deren Ahnform sie gelten könnte; der (wenn auch schon schwächer) gerandete AR. weist ihr aber ihren Platz noch bei *Cleotrivia* an (vgl. die rezente *vitrea*!), jedenfalls eher als bei *Dolichupis*, da sich die *Dolichupis* von *Cleotrivia* durch schildförmige Gestalt mit verbreiterten S. und etwas gerandetem CR. unterscheiden; *Trivirostra* (?) *smithi*¹²⁾ aus den wohl etwas jüngeren Schichten von Ngembak ist doppelt so gross, hat vielleicht etwas dickere Rippen mit etwas gröberen, zu wellenförmigen Längsrippen verschmolzenen Körnern in den Zwischenräumen, und jedenfalls eine viel seichtere R.-Furche, durch welche die Rippen nur zum Teil unterbrochen werden; Verdickungen der Rippen an der R.-Furche fehlen bei *smithi* gänzlich.

Paulonaria (?) *lodianensis* nov. spec.

Etwa 22 (53.48) 28? : 25? (29? : 26?) = Holotypus, seitlich zusammengedrückt und ohne VE. (Fig. 15).

R. glatt, AR. aufgebogen, gerandet und regelmässig gestochen, CR. gerundet (auch aufgebogen?), HE. sehr vorgezogen, geschnäbelt, Sp. darüber aus seichtem Nabel vorspringend; B. etwas konvex, M. ziemlich gerade, aber ILHE. stark linksgebogen, AZ. regelmässig, MAZ. bis $\frac{1}{2}$ Lippenbreite, HAZ. fast bis zum AR. verlängert, aussen mit einigen eingeschobenen Zwischenrippen, VIZ. (soweit erhalten) querfaltet, scharf, kurz, an der M. längsverschmolzen, weiter aussen durch tiefe Grübchen getrennt, MIZ. auf die M.-Kante beschränkt, HIZ. bis zum gekielten Ausserrand verlängert, längs der M. knotig verstärkt und auf erhabener Leiste aufsitzend, aber nicht längsverschmolzen, neben der Leiste durch vertiefte Gruben getrennt; F. in ihrem hinteren Teile ziemlich schmal, aber deutlich konkav, quergefaltet, IRZ. obsolet (sie dürften weiter vorn wohl deutlicher gewesen sein!), C. hinten wahrscheinlich glatt.

Das geschnäbelte HE. und die längsverschmolzenen VIZ. gleichen *Paulonaria dillwyni*, Grösse, AR. und MIZ. erinnern aber schon auffällig an *Staphylaea interstincta*, auch die F. entspricht eher dem letzteren Genus.

Erronea (*Adusta*) *proxima* nov. spec.

a = 13 (64.57) 23 : 18 (29 : 21) = Holotypus (Fig. 16);

b = 13 (64.56) 24 : 1 + 20 (31 : 25) = Paratypus (Fig. 17).

Bauchig birnförmig, AR. etwas verdickt und aufgebogen, aber nur am VE. gerandet, CR. gerundet, VE. und ALHE. sehr vorgezogen, Sp. genabelt; M. hinten sehr gebogen, B. konvex, Z. rippenartig bis fast $\frac{1}{2}$ Breite jeder Lippe verlängert, ALVE. etwas zusammengeschnürt dekliv, vorderster AZ. aussen vorspringend, ALHE. etwas rückgebogen, VIZ. etwas

12) Martin 1887J, p. 141, t. 8, f. 141; der Holotypus von *smithi* im Mus. Leiden = 8.5 (71.61) 20 : 21 (21 : 22) mit 49 RS. und 31 RR. (rr. = 34) hat E., AR. und ILHE. wie *javana*, die F. ist besonders breit und tief, die C.-Furche breit; vgl. Schilder 1933C, p. 292 und Schilder 1936f, p. 208.

emporgewulstet, ziemlich querfaltig, letzter HIZ. das stumpfe ILHE. randend, TZ. einfach, randständig, keilförmig, aussen vorspringend, einwärts geneigt, von den VIZ. durch eine breite Lücke getrennt (hier ist beim Paratypus eine Zwischenrippe ausgebildet); F. ziemlich breit, aber ganz seicht, sehr steil, quergefaltet, Rippen am Innenrande jedoch fast nicht verstärkt, ohne Kerbe hinter dem Vorderrande der F., C. mit Matrix bedeckt (vielleicht quergefaltet?).

Diese Art erinnert in Gestalt, ILHE., Z., TZ., F. etc. auffällig an *E. ijzermani* von Ngampel (ebenfalls einem miocänen Fundort der Res. Rembang), doch sind die 2 vollkommen mit einander übereinstimmenden *proxima* von Lodan etwas kleiner, mehr bauchig, mit verdicktem AR., mehr abgesetzten E., schärfer vorspringenden Randrippen des VK. (vorderster AZ. und TZ.), dahinter mehr zusammengeschürten Lippen (ALVE. mehr dekliv, Lücke hinter dem TZ. mehr betont), etwas weniger abgestumpftem ILHE., etwas kürzeren Z. (ausser ohne Zwischenrippen!) und weniger zahlreichen IZ.; *proxima* erinnert also in Gestalt, AR., E., AZ., VIZ. etc. in noch höherem Grade an *pulchella* als es bei *ijzermani* der Fall ist, ist aber kaum halb so gross und hat wie *ijzermani* alle IZ. etwa gleich lang.

Zusammenfassung.

Sämtliche vorliegende *Cypraeacea* aus Lodan gehören neuen Arten an. Soweit es sich nicht um ziemlich isoliert stehende Formen handelt (*Pseudotrivia lodanensis*, *Paulonaria lodanensis*), scheinen diese Arten gewisse Beziehungen zu miocänen Formen Süd-Asiens zu zeigen: *Cleotrivia javana* zu den Njalindung-Schichten von Ngembak und *Pseudotrivia ijzermani* zu den Gáj-Schichten von Karachi; nur *Erronea proxima* zeigt jedoch wirklich nahe Beziehungen zu einem anderen Fundort, dessen Alter jedoch leider auch nicht näher bekannt ist. Loc. 26 von Lodan ist also jedenfalls als miocän, wahrscheinlich als alt-miocän, vielleicht als „Burdigalien“ zu bezeichnen.

C. Das Pliocän vom Solo-Fluss (Res. Madioen).

Aus den pliocänen „Oberen Kalibeng-Schichten“ am Solo-Flusse liegen mir von folgenden Fundstellen *Cypraeacea* (18 Stücke in 14 Arten) vor:

- Loc. 245 im Norden von Ngawi (Kalkstein);
- Loc. 251 und Loc. 252 im Norden von Padasmalang (sandiger Mergel);
- Loc. 257 bei Sonde, gegenüber der Einmündung des K. Alastoewa in den Solo-Fluss;
- Loc. 260 gegenüber Bangoenredjokidoel (sandiger Mergel).

Dolichupis soloënsis nov. spec.

$a = 11.6$ (71. 60) 25 : 21 (23 : 20) mit 56 RS. und 20 RR. (rr. = 19) = Holotypus von Loc. 260 (Fig. 18);
 $b = 11.6$ (71. 60) 25 : 22 (23 : 21) mit 57 RS. und 24 RR. (rr. = 22) = Paratypus von Loc. 260.

Höckrig, E. vorgezogen, AR. endwärts gerandet, in der Mitte wulstig abgesetzt verbreitert, CR. ziemlich gerundet, Sp. verdeckt; Rippen scharf, Zwischen-

räume überall (auf der B. etwas dichter) mit äusserst groben, gewellten Längsleistchen und Körnern bedeckt, R.-Furche auffällig kurz, seicht, Rippen hier nicht unterbrochen oder zum Teil alternierend; B. ziemlich flach, ALVE. dekliv, aussen wie das ILVE. scharfkantig, M. vorn erweitert, hinten gebogen, ALHE. vorspringend, ILHE. spitz ausgezogen, linksgebogen, HK. tief; F. sehr breit und tief infolge Zurücktretens der IL., aber Innenrand nicht vorspringend und beim Übergang zu der etwas schmalen C.-Furche nicht eingeschnürt.

D. soloënsis steht der ziemlich seltenen rezenten *producta* im ganzen Bauplan sowie in der Zahl der Rippen und der Skulptur der Rippen-Zwischenräume sehr nahe, ist aber mehr gewölbt, die S. sind viel weniger scharf gerandet (CR. sogar fast gerundet), die R.-Furche ist tiefer, die B. weniger abgeflacht, daher sind ALVE. und die Enden der IL. schärfer gekielt: bei *soloënsis* sind also die typischen Merkmale von *Dolichupis* noch viel weniger ausgeprägt als bei den rezenten Arten, sie scheint somit die *Trivirostra*-artigen Formen des Miocän (vgl. *smithi*) mit den rezenten *Dolichupis* zu verbinden.

D. soloënsis ist in Grösse, Gestalt, M. und ILHE. ähnlich *Trivirostra scabriuscula*, doch gehören die beiden gut erhaltenen fossilen Stücke nach der kürzeren R.-Furche, dem etwas gerandeten AR., der flacheren, vorn kielartig begrenzten B. und der zwar breiten, aber am Innenrande nicht vorspringenden F. zweifellos zu *Dolichupis*.

Trivirostra oryza.

Lamarck; Schilder 1932Q, p. 101;
 Schilder 1933C, p. 291.

$a = 9.1$ (78. 67) 25 : 22 (26 : 22) mit 67 RS. und 33 RR. (rr. = 35) von Loc. 252;
 $b = 8.3$ (78. 67) 22 : 19 (26 : 22) mit 62 RS. und 31 RR. (rr. = 34) von Loc. 257.

Beide Stücke stimmen in Grösse, der kugelligen Gestalt mit stumpfen E., den gerundeten S., der relativ langen und breiten, tiefen, aber regelmässig quengerippten R.-Furche, der gewundenen M., dem kurzen, aber spitzen ILHE. (Stück *a* ist nicht ganz adult: ILHE. schärfer, linksgebogen, Sp. sichtbar), der breiten und tiefen F. mit vorgezogenem Innenrande und der nur wenig schmalen C.-Furche mit der rezenten häufigen indomalayischen *oryza* s. str. überein. Die geringere Zahl der Rippen (rr. = 34-35 statt 40 nach neuerer Berechnung) dürfte wohl kaum Anlass zur Abtrennung geben, bevor umfangreiches Material dieses Merkmal als konstant erwiesen hat.

Staphylaea prostaphylaea nov. spec.

15 (61. 51) 19 : 1 + 16 (23 : 19) = Holotypus von Loc. 260 (Fig. 20).

Die eiförmig-subzylindrische Gestalt, die ziemlich vorgezogenen E., die kleinen dichten¹³⁾ regelmässi-

13) Bei *prostaphylaea* und gleich grossen *staphylaea* kann man längs der Längsachse des R. etwa 20 Körnerreihen zählen (trotzdem sie nicht in Reihen angeordnet sind), bei gleichgrossen *St. limacina* aber nur etwa 15.

gen Körner des R. beiderseits der schmalen R.-Furche, die besonders hinten gebogene M., das spitz ausgezogene ILHE. und die überall bis an die S.-Kanten reichenden Z.-Rippen beider Lippen stimmen mit der von Schilder & Schilder 1934J, p. 210 als var. α beschriebenen länglichen Form von *staphylaea* vollkommen überein; der TZ. (randständig, breit, innerer Teil gegen den VK. hin geneigt, hinterer Rand durch schwache Delle als erhöhte schräge Rippe abgesondert), die gegenüber den übrigen IZ. auffällig verstärkten 2 vordersten VIZ. und vor allem die viel schmalere, ganz seichte und steile F. weichen von den rezenten *staphylaea* des Malayischen Archipels ab; die F. wird aussen von den verstärkten VIZ. betreten, aber (abgesehen von der den Vorderrand bildenden Rippe) nur von 4 feinen Rippen überquert, die innen zu 4 IRZ. verstärkt sind, die übrigen IZ. endigen jäh am M.-Rande, die C. ist glatt und zeigt nur die aus feinsten Spiralarippen bestehende Grundskulptur der jüngeren Schalen.

Gestalt und Skulptur von *prostaphylaea* gleichen also *St. staphylaea*, TZ., VIZ. und F. verraten dagegen Beziehungen zu *Pustularia* und *Erosaria* und erinnern in gewisser Hinsicht sogar an *Propustularia*.

Staphylaea (?) *soloënsis* nov. spec.

12 (66. 51) 16 : 12 (20 : 14) = Holotypus von Loc. 260 (Fig. 21).

Länglich eiförmig, etwas gedrückt, S. etwas kantig und etwas aufgebogen, aber anscheinend ohne Grübchenreihe (das Unikum ist etwas korrodiert), E. ziemlich stumpf; der R. zeigt noch Spuren von dichten, aber ziemlich grossen¹⁴⁾ Körnern und eine wie bei *staphylaea* etwas gewundene schmale Längsfurche mit deutlichem Callus-Knoten an ihrem Hinterende; M. zentral, vorn etwas erweitert, hinten kaum gebogen, B. ziemlich flach, ALVE. nicht dekliv, AL. mit nur 9 dickeren Z.-Rippen, die über $\frac{1}{2}$ Lippenbreite hinaus reichen und hier zum Teil etwas knotig verstärkt sind, die übrigen AZ. sind nur feine, mehr oder weniger auf den M.-Rand beschränkte Zwischenzähne (vgl. *Pusula solanderi*!); IZ. ziemlich grob, radialfaltig, alle bis fast $\frac{2}{3}$ Lippenbreite verlängert, VIZ. am M.-Rande, HIZ. dagegen am äusseren Ende verstärkt, TZ. anscheinend schmal, einfaltig den VK. säumend (beschädigt); F. am Innenrande hinter der vorderen Randfalte tief eingekerbt, dann wieder vorspringend, mässig breit, hinten (im Gegensatz zu *staphylaea*) rasch verschmälert, glatt, mit 4 knotenförmigen IRZ., C. glatt (wohl ohne Grundskulptur?).

Die R.-Skulptur weist der neuen Art zweifellos ihren Platz bei *Staphylaea* zu, die F. ähnelt *St. semiplota*; die Z. erinnern jedoch so auffällig an *Monetaria*, u. zw. die AZ. an die frühere *ethnographica* Rochebr. (jetzt = *Oecotypus E* von *M. moneta* nach Schilder & Schilder 1937M, p. 1122), die IZ. an *harmandiana* Rochebr. (sensu Schilder & Schilder 1930A, p. 543, jetzt =

Oecotypus H von *M. annulus* nach loc. cit., p. 1120), dass ich glaube, in *soloënsis* eine Zwischenform zwischen beiden Genera erkennen zu müssen; sie wirft das erste Licht auf die bisher unklar gewesene Abstammung der *Monetaria*.

Erosaria (*Ravitrona*) *labrolineata*.

Gaskoin; Schilder 1932Q, p. 162.

18 (59. 46) 18 : 17 (20 : 19) von Loc. 260.

Sehr ähnlich den oblongen Formen von *labrolineata* und *gangranosa*; der schärfer rückgebogene Rand oberhalb des VE., die mehr konvexe B., die weitere M., die längeren (in der Mitte bis $\frac{3}{4}$ Lippenbreite, endwärts bis zum scharfen, eine Reihe tiefer Grübchen zeigenden AR. reichend), schärfer geschnittenen und mehr distanten ÄZ. (hinten mit einigen von aussen eingeschobenen Zwischenzähnen, von denen einer sogar als feine Rippe bis zur M. reicht), die weniger dichten, an den E. (bes. hinten) im Verhältnis zu den MIZ. viel längeren IZ. und die ungewöhnlich weite Lücke hinter dem TZ., der eine besonders schmale Randfalte bildet, sprechen weit mehr für die Zugehörigkeit zu *labrolineata*; auch die schmale, steile, nur von 2 VIZ. (die am Innenrande nur sehr wenig verstärkt sind) überquerte F. spricht auch mehr für *labrolineata*, obwohl diese IRZ.-Zahl auch die untere Grenze der Variationsbreite von *gangranosa* darstellt. Die Färbung des Unikum ist zu schlecht erhalten, um die Artzugehörigkeit endgültig entscheiden zu können: am R. sind jetzt beiderseits der schwach eingedrückten R.-Linie anscheinend nur noch weisse kleine Punkte erkennbar, am CR. (und auf den Querleisten der AR.-Furche?) sind Spuren kleiner brauner Tropfen erhalten und die linke Delle am VE. zeigt einen grösseren (jetzt rostfarbenen) Fleck; aber weder die orangeroten B.-Enden von *gangranosa* noch die (übrigens oft fehlenden) rotbraunen Z.-Striche von *labrolineata* sind noch erkennbar.

Erosaria (*Ravitrona*) *helvola*.

Linnaeus; Schilder 1932Q, p. 163.

17 (67. 49) 16 : 1 + 13 (18 : 14) von Loc. 260.

Gestalt, Zahl und Länge der kräftigen Z. (AZ. in der Mitte bis $\frac{1}{2}$ Lippenbreite, endwärts bis zum Rand reichend, MIZ. kurz, VIZ. und HIZ. lang, der erste und der letzte IZ. bis zum Rand verlängert) und F. (ziemlich schmal und seicht, mit 4 deutlich eingesattelten, am Innenrande etwas verdickten Querrippen) wie bei mittelbreiten *helvola* des Malayischen Archipels, aber AR. schärfer, in der ganzen Länge mit auffällig scharfen Grübchen, auch der CR. etwas schärfer gerandet, sehr aufgebogen und mit Ausnahme des mittleren Teiles gestochen; M. wie bei den rezenten *helvola* Südost-Asiens gerade, ziemlich eng, ILHE. etwas zugespitzt, aber nicht linksgebogen, VIZ. verdickt, mit leicht angedeuteter Tendenz zu Längverschmelzung, TZ. ungewöhnlich breit und plump, aber trotzdem einfach randständig. Die leicht eingedrückte R.-Linie verläuft genau in der Schalen-Achse, Farbreste sind nicht mehr erkennbar.

14) Die Grösse der Körner liegt etwa in der Mitte zwischen *staphylaea* und *limacina*.

Wenn spätere weitere Funde die gleichen Merkmale der schärferen S. zeigen sollten, müsste die pliocäne Form als Bindeglied zwischen der *labrolineata*-Gruppe und *helvola* abgetrennt werden.

Erosaria (Ravitronea?) madiunensis nov. spec.

24 (60.45) 18 : 1 + 15 (18 : 15) = Holotypus von Loc. 251 (Fig. 22).

Gestreckt eiförmig, etwas eckig, VE. vorgezogen, aber verbreitert, HE. zugespitzt, S. (mit Ausnahme des stark aufgebogenen mittleren Teiles des CR.) scharf gerandet, mit einer Reihe tiefer Grübchen, die trennenden Leistchen sind am HE. (wo sie die bedeckte Sp. und den schwachen Callusknopf überziehen) besonders lang; B. leicht konvex, M. fast gerade, ziemlich weit, ALVE. wenig ausgebogen, aber gedrückt abgeflacht, etwas dekliv; AZ. keilförmig, in der Mitte bis $\frac{1}{2}$ Lippenbreite, endwärts als verlöschende Rippen bis zum AR. verlängert, von wo einige schwächere Zwischenrippen fast bis zur M. hinziehen, IZ. scharf geschnitten, mit Ausnahme der 3 letzten HIZ. etwa gleich lang, daher VIZ. bis $\frac{1}{2}$, MIZ. bis $\frac{1}{4}$, HIZ. bis $\frac{3}{4}$ Lippenbreite verlängert, VIZ. nur wenig verdickt, MIZ. ohne Kante zur M. einfallend, linke Randleiste des HK. aussen gegabelt, TZ. ziemlich schmal, aber aussen verbreitert, am hinteren Rande zu einer geraden, schräg bis zum AR. ziehenden Falte verstärkt, aber nicht gespalten, in der ziemlich breiten Lücke dahinter stehen 2 kurze Zwischenzähne; F. ziemlich schmal, steil, nicht konkav, von 2 innen kaum verstärkten Rippen überquert, die folgenden 4 IZ. endigen keilförmig etwa in $\frac{1}{2}$ Breite der F. bzw. C., die hinten glatt ist. — R. mit Spuren von runden, ungleich grossen weissen Tropfen und Punkten.

E. madiunensis erinnert in vielen Merkmalen (B., M., lange und scharfe Z., AZ.-Zwischenrippen, F., R.-Zeichnung) an das oben beschriebene Stück von *labrolineata*, ist aber grösser, mehr eckig (ohne callös zu sein), VE. breiter, S.-Grübchen schärfer und Leistchen länger, Z. viel weniger zahlreich, TZ. etwas breiter; Grösse, TZ. und besonders die Z.-Zahl leiten also zu *E. (Erosaria) erosa* über.

Erosaria (Erosaria) plio-staphylaea.

Schilder 1927R, p. 106, 148 (Note 291);
= *erosa* Martin 1899J, p. 174, fig. 406, nec Linnaeus.

a = 26 (58.45) 18 : 17 (18 : 17) von Loc. 260 (Fig. 28);
b = 28 (60.48) 21 : 15 (20 : 15) von Loc. 252.

Nach der birnförmigen Gestalt, der hinten stark linksgebogenen M., der in der Mitte verbreiterten AL., den bis zum AR. verlängerten VAZ., den sehr verdickten VIZ. und verlängerten HIZ., dem schmalen, nur undeutlich längsgespaltenen TZ. und den ziemlich kleinen, anscheinend rein weissen R.-Punkten nahe verwandt mit *miliaris*; F. mit 2-4 IRZ..

Die beiden pliocänen Stücke unterscheiden sich von der unten beschriebenen pleistocänen *miliaris*-Form *effossa* durch die (besonders bei *a*) gestreckte Gestalt, die längeren Randleistchen an den E., die

schärfer gestochenen S.-Grübchen, welche auch über den viel stärker aufgebogenen, aber weniger callösen mittleren Teil des CR. verfolgbar sind, die flachere B. mit weniger deklivem ALVE. und weniger in die M. versenkten IZ., wodurch die M. enger erscheint, ferner durch die zahlreicheren Z. beider Lippen, die längeren, schärfer geschnittenen AZ. und das spitzere, mehr linksgebogene ILHE..

Der von Martin abgebildete Holotypus von *plio-staphylaea* aus Sonde (Mus. Leiden) = 22 (59.46) 18 : 17 (19 : 18) ist offensichtlich etwas deformiert (ALHE. kürzer als ILHE.); seine Zugehörigkeit zu der hier beschriebenen Ahnform von *miliaris* ist daher nicht ganz gewiss, obwohl Gestalt, Z.-Zahl, Ausbildung der CR.-Grübchen, der Leistchen an den E., des TZ. und der F. die Identität wahrscheinlich macht.

Erronea (Adusta) sondeiana.

Martin 1899J, p. 173, fig. 403; Schilder 1932F, p. 267.

20 (59.50) 21 : 20 (23 : 21) von Loc. 260 (Fig. 29).

Stimmt mit dem oben beschriebenen Holotypus von Sonde in allen Merkmalen auffällig überein, besonders in den fein, aber scharf bis $\frac{1}{2}$ Breite jeder Lippe verlängerten Z.; die VAZ. sind fast bis zum Rand verlängert, der vorderste IZ. etwas mehr schräg gestellt, das ILHE. schwach linksgebogen. — *E. sondeiana* ist von der etwa gleichaltrigen *biplicata* (Schilder 1932F, p. 267) durch die zahlreicheren und verlängerten Z. und das Fehlen der Zwischenrippen auf der AL. leicht zu unterscheiden, ferner durch Spuren einer AR.-Furche am HE., das weniger deklive ALVE. und die deutlicher konkave F. und C.

Erronea (Adusta) jungens nov. spec.

24 (57.47) 20 : 20 (20 : 20) = Holotypus von Loc. 260 (Fig. 35).

Gestreckt birnförmig, VE. beiderseits gerandet, S. in der Mitte callös verdickt gerundet, HE. obsolet gerandet und etwas rückgebogen, Sp. aus mässig tiefem Nabel kurz vorspringend; B. leicht konvex, M. eng, vorn kaum erweitert, hinten leicht gebogen, aber nicht rückgebogen, ALVE. dekliv, Z. auf die M.-Kante beschränkt, VAZ. etwas länger, AL. hier mit 2 (hinten noch mit 1 dritten) Zwischenzähnen wie bei *pyriformis*, VIZ. etwas verstärkt, knopfförmig, übrige IZ. scharf, nur einwärts verlängert, ILHE. spitz, deutlich linksgebogen, ILVE. in der gleichen Ebene mit den VIZ. gelegen, der TZ. besteht aus einer längs des VK. bis zum Aussenrande (hier etwas verbreitert) hinziehenden Rippe und einer gänzlich abgetrennten, fast knopfförmigen, etwas schrägen Falte dahinter; F. ziemlich breit, aber seicht, von deutlich eingesattelten Z.-Rippen regelmässig gequert, IRZ. nur wenig verdickt, C. mit seichter Furche, die vorn quergefaltet ist, im letzten Drittel innen aber nur mehr eine Reihe von Knoten zeigt. — R. (jetzt gelblich) mit Spuren kleiner rostfarbener Flecke in der Mitte, S.-Callus weiss.

Nach der Mehrzahl der Merkmale (bes. der B. und Z.) zweifellos eine Ahnform von *pyriformis* (siehe unten!), aber in Gestalt, S., E., Sp. und M. verschieden; die letzteren Merkmale erinnern an *E. (Erro-nea) vredenburgi*, doch ist diese Art von der Südwestküste von Java noch weniger birnförmig, mit mehr gerandeten S. und noch geraderer M., sie hat ferner weniger zahlreiche IZ. und einen meist aus 2 gleich langen, nahe aneinandergerückten Falten bestehenden TZ.

Der Holotypus von *E. (Adesta) biplicata*¹⁵⁾ von Kampong Tjikeusik (ebenfalls Pliocän) unterscheidet sich von *jungens* durch die tiefer genabelte Sp., das mehr ausgebogene als deklive ALVE., die bis $\frac{1}{3}$ Lippenbreite verlängerten IZ., die kaum verstärkten IRZ. der F. und die quergefaltete C. ohne Längsfurche.

Palmadusta punctata atomaria.

Gmelin; Schilder 1932Q, p. 196.

14 (57.46) 19 : 18 (23 : 22) von Loc. 260.

Grösse, Gestalt, das zusammengeschnürte VE., das trotz des grossen Callusknopfes neben der Sp. etwas verschmälerte HE., das deutlich abgeschnürte, verdickt zugespitzte ILHE. und die ziemlich kleinen (jetzt rostfarbenen) R.-Tropfen sind für die malayische Rasse *atomaria* charakteristisch; die Zahl der Z. ist jedoch etwas geringer, während sie bei einem Stück aus dem Pliocän von Ceram¹⁶⁾ an der oberen Grenze der Variationsbreite von *atomaria* liegt; F. breit, aber ziemlich seicht; E.-Flecke wohl klein, da sie jetzt gleich den B.-Strichen nicht mehr sichtbar sind.

Zoila gendinganensis.

Martin 1899J, p. 167, fig. 385; Schilder 1932Q, p. 120.

2 Bruchstücke von Loc. 252, wohl zu 2 verschiedenen Stücken gehörend:

a = AL. mit Teilen der rechten R.-Hälfte; die Schale war etwa 52 mm lang mit etwa 23 AZ. (az. = 18);

b = IL. mit F., CR. und der linken Hälfte beider K.; die Schale war etwa 46 mm lang mit etwa 1 + 20 IZ. (iz. = 16).

R. gehämmert (d. h. mit schwach erhabenen Längslinien und weiter auseinander stehenden Querknicken), S. mit einer 9 mm breiten Zone irregulär angeordneter, ca. 2 mm grosser runder Dellen (bes. am AR.), darunter AR. kantig gerundet, CR. scharfkantig, VE. scharf gerandet; B. flach, AZ. dick, undeutlich bis fast $\frac{1}{2}$ Lippenbreite verlängert, VAZ. schärfer geschnitten, ALVE. dekliv-zusammengeschnürt, IZ. aussen kurzfaltig, einwärts bis zur F.-Mitte und ebenso lang auf der C. verlängert, TZ. randständig, aussen kurzfaltig, in der dekliven Lücke hinter dem TZ. steht 1 an den vordersten IZ. angelehnte Zwischenrippe, ILHE. spitz und (wie auf Martin's Fig.) in den scharfen, weit aufgeboge-

nen HK.-Rand übergehend; F. auf der inneren Hälfte glatt, Innenrand geschwungen, ohne Kerbe, C. innen glatt.

Die beiden Reste scheinen also mit dem Holotypus von Sonde im Mus. Leiden = 47 (63.55) 20 : 18 16 : 15) vollkommen übereinzustimmen.

A. K. Dey hat im obersten Miocän von Quilon (Süd-Indien) eine verwandte Form gefunden (Schilder 1930Q, p. 120), deren Holotypus = 50 (64.49) 26 : 19 (20 : 16) sich von den 3 pliocänen Stücken von Java durch den nicht gehämmerten R., den nur Spuren von Wellen zeigenden CR., die mehr konvexe B., den aus 2 schrägen Falten bestehenden TZ. (die Lücke hinter dem TZ. ist weniger breit, die obsolete Zwischenrippe steht in ihrer Mitte), die breitere, mehr konkave F. mit verstärktem Vorderrande und deutlicher Kerbe dahinter unterscheidet; die AZ. sind zahlreicher. — Die meisten genannten Unterschiede dieses Stückes weisen auf die Abstammung der *Zoila* von den alttertiären *Bernaya* hin.

Talparia (Talparia) talpa??

Linnaeus; Schilder 1932Q, p. 140.

1 Steinkern von $61 \times 30 \times 26$ mm (IL. = 57 mm lang) von Loc. 245.

Zylindrisch, Sp. flach, vom letzten Umgang überragt, die AL. war vorn dekliv und zeigt jetzt Abdrücke von feinen dichten AZ., die auf eine Gesamtzahl von etwa 48 AZ. auf der etwa 65 mm langen Schale (also az. = 32) schliessen lassen.

Diese Merkmale sprechen für die Zugehörigkeit des Steinkernes zu *T. (T.) talpa* weit mehr als zu *T. (Arestorides) argus*.

Cypraea (Lyncina) carneola.

Linnaeus; Schilder 1932Q, p. 143.

26 (60.50) 25 : 18 (25 : 18) von Loc. 260.

Nicht ganz adult, oblong-oval, E. etwas verschmälert, VE. seitwärts fast ohne Dellen, AR. nicht callös, Sp. knopfförmig vorspringend, ALVE. flach dekliv, Z. kurz, vor dem 1. AZ. steht noch 1 Zähnnchen am Grunde des VK., F. und C.-Furche etwa gleichbreit, regelmässig fein und scharf quergefaltet, Rippen überall mit deutlich verstärkten IRZ.

Das Stück stimmt in allen Merkmalen, bes. in der Zahl der Z. und den scharfen Querrippen auf F. und C. mit den rezenten *carneola* des Malayischen Archipels überein.

Zusammenfassung.

Aus dem Pliocän von Java sind bisher insgesamt 18 Arten *Cypraeacea* bekannt geworden, davon 16 aus der Residentschaft Madioen. Hier wurden 5 Arten schon früher (bei Sonde) gefunden, aber nur 3 von ihnen konnte ich unter dem vorliegenden Material von den neuen Fundstellen der Res. Madioen nachweisen; dafür fand ich hier 11 bisher aus dem Pliocän von

15) Schilder 1932F, p. 267. Das dort zu *biplicata* gerechnete zweite Stück (aus der Menengteng-Schlucht) dürfte wahrscheinlich zu *jungens* gehören.

16) P. J. Fischer 1927S, p. 58; nach dem Original im Mus. Leiden = 12 (54.?) 24 : 22 (31 : 29).

Java nicht bekannt gewesene Arten, darunter 5 neue.

Von den 18 pliocänen *Cypraeacea* von Java sind 4 mit rezenten Arten identisch, 2 weitere Arten wahrscheinlich identisch, dagegen 12 Arten nur aus dem Pliocän bekannt; unter letzteren befinden sich 10 Arten, deren Nachkommen (wenn auch zum Teil wesentlich verändert) noch heute im Malayischen Archipel leben, während 2 isoliert stehende Formen (*Staphylaea soloënsis* und *Zoila gendinganensis*) offensichtlich schon im Pliocän Relikte waren, die seitdem in Südasiens ohne Nachkommen ausgestorben sind.

Höchstens 2 Arten sind bisher von anderen Fundorten nachgewiesen worden: *Palmadusta punctata atomaria* und vielleicht *Trivirostra oryza*¹⁷⁾ im Pliocän von Ceram; unsere Kenntnis des Pliocän im Gebiete des Indopazifik ist aber noch so dürftig, dass diese Tatsache überhaupt keine Schlussfolgerungen zulässt. — Zwischen der reichen miocänen Fauna von Niederländisch-Indien, bes. von Java, und dem Pliocän dieser Insel bestehen offensichtlich überhaupt keine näheren Beziehungen.

D. Das Alt-Pleistocän von Modjokerto (Res. Soerabaja).

Aus den alt-pleistocänen „Poetjangan-Schichten“ des Kendeng-Hügelgebietes nördlich des K. Brantas zwischen Djombang und Modjokerto liegen mir von folgenden Fundstellen¹⁸⁾ *Cypraeacea* (57 Stücke in 10 Arten und Unterarten) vor:

I. — Antiklinale von Ngelom:

- Loc. 82a im Osten von Soemberpelas;
Loc. 84 im Süden von Bantjang;

II. — Antiklinale von Poetjangan:

- Loc. 89 am K. Marmajo im Süden von Marmajo;
Loc. 96 im Süden von Djatiradjah;
Loc. C. 1 und Loc. C. 60 im Norden von Kaboch;

17) Die Artzugehörigkeit des von Fischer 1927S, p. 59 ungenügend beschriebenen und mir im Original leider nicht bekannt gewordenen Stückes ist unsicher, es dürfte sich aber wohl eher um *oryza* als um *scabriuscula* handeln.

18) „Loc.“ mit unmittelbar nachfolgender Nummer sind von der Geologischen Landesanstalt in Bandoeng ausgebeutet worden, „Loc. C.“ mit Nummer bezeichnet die von Cosijn besuchten Fundstellen.

- Loc. C. 54 und Loc. 123 im Norden von Soemberingin;
Loc. 139 und Loc. 125 am K. Doeren im Norden von Doeren;
Loc. 126 im Norden von Moenoengkerep;
Loc. 127 am K. Kedoenggringin im Nordosten von Moenoengkerep;
Loc. 128 am K. Kedoenggrillingang im Westen des G. Poetjangan;
Loc. C. 44 beim Goenoeng Poetjangan;

III. — Antiklinale von Kedoengwaroe:

- Loc. C. 47 bei Asemgede;
Loc. 167 am K. Gedangan im Norden von Ngampel;
Loc. 168 im Norden von Ngampel und Medawa;
Loc. C. 92 im Westen des Weges von Kemlagi nach Simo;
Loc. C. 78 im Osten des Weges von Kemlagi nach Simo;
Loc. C. 68 im Süden von Simo;
Loc. 189 am K. Asin im Süden von Soeroe-kidoel;
Loc. 177 im Nordwesten von Djetis (im Norden von Gondang);
Loc. C. 37, Loc. C. 39 und Loc. C. 40 im Nordosten von Djetis;
Loc. 216, 217, 218 und 219 im Norden von Klagenblandong;
Loc. 221 am K. Soemberredjo im Norden von Ngemboel;

IV. — Antiklinale von Goejangan:

- Loc. 205 am K. Garoeng im Süden von Poetjoek.

Die nachfolgende Tabelle gibt Aufschluss über die Verteilung dieser Fundstellen auf die 4 Horizonte der Poetjangan-Schichten, nämlich die ältere nicht-vulkanische Facies und die 3 (von unten nach oben gezählten) molluskenführenden Horizonte der vulkanischen Facies, sowie über die petrographischen Merkmale der Fundstellen.

Die Angaben betreffend die petrographischen Verhältnisse entnahm ich brieflichen Mitteilungen von Herrn Dr. R. IJzerman, die Angaben über das Alter der Fundstellen fassen auf ausführlichen schriftlichen Mitteilungen von Herrn Ir. J. Duyffjes, für deren Vermittlung ich ebenfalls Herrn Dr. IJzerman zu grossem Danke verpflichtet bin; die von Cosijn ausgebeuteten Fundstellen, die nach freundlicher Mitteilung von Fräulein van Benthem Jutting alle den Poetjangan-Schichten angehören, konnte ich an Hand der geologischen Karten, die mir von Bandoeng aus in entgegenkommendster Weise zur Verfügung gestellt wurden, mit ziemlicher Sicherheit auf die molluskenführenden Horizonte selbst aufteilen; leider habe ich für diese keine petrographischen Angaben erhalten.

	Grobkörniger Sandstein	Sandstein	Tuffogener Sandstein	Mergeliger Sandstein	Mergeliger tuffogener Sandstein	Mergeliger Ton-sandstein	Sandiger Merger	Gestein unbekannt
Vulkanische Facies	3. Horizont	—	—	—	189	139	—	—
	2. Horizont	—	177	125 128 168	123 167	126 127	216 217 218 219 221	— C.37 C.39 C.40 C.44 C.54 C.68 ?? C.98 ?? C.92
	1. Horizont	82a	—	—	—	96	— 84 89	C.1 C.60
Nicht-vulkan. Facies	—	—	—	205	—	—	—	C.47

Volva volva surabajensis nov. subsp.

Etwa 53 (32 · 28), weil die E. zwar abgebrochen sind (erhaltenes Mittelstück ist 32 mm lang), der bauchige Teil aber, gleiche Proportionen der E. wie bei der rezenten *volva* vorausgesetzt, auf eine Gesamtlänge von höchstens 53 mm schliessen lässt; Z. fehlen = Holotypus von „Soerabaja“ ohne nähere Fundortangabe (Fig. 19).

Das fossile Stück ist somit merklich kleiner als die Mehrzahl der rezenten *volva* (69-99 mm nach Schilder 1932A, p. 62), ferner am R. nur ganz dicht längsgestreift mit irregulären Querknicken, während die für den R. der rezenten *volva* charakteristischen distanten, etwas gewellten Spirallinien nur auf die ausgezogenen E. beschränkt sind; ferner fehlt bei *surabajensis* jede Spur von AZ. auf der einwärts gerundeten, aussen mehr oder weniger nicht gerandeten AL. und von einer Verdickung des Callus am ALHE. (an Stelle des Funiculum anderer *Volva*-Arten).

Ich glaube somit diese Ahnform von *volva* als (wohl pleistocäne) Unterart abtrennen zu dürfen; die eingerollte AL. schliesst aus, dass es sich hier nur um ein jüngeres Stück handelt.

Volva javana Martin 1899J, p. 165, fig. 381 aus dem Pliocän von Sonde ist nach dem Holotypus im Mus. Leiden = 31 (49 · 39) mit 30 irregulären AZ. nebst vielen von aussen eingeschobenen Zwischenrippen durch noch geringere Länge, kürzere, aber rückgebogene E., ferner durch den gerandeten AR., den in ganzer Länge spiralgestreiften R., drei TZ.-Falten und 3 HIZ. (an Stelle des Funiculum) sowie 5 knotenförmige IRZ. am Hinterende der schmalen glatten F. zweifellos spezifisch verschieden.

Erosaria (Erosaria) erosa duyffjesi nov. subsp.

$a = 28$ (60 · 47) 19 : 15 (18 : 15) = Holotypus von Loc. 139 (Fig. 23);

$b = 34$ (62 · 46) 20 : 15 (18 : 14) = Paratypus von Loc. 216 (Fig. 24).

Unterscheidet sich von den rezenten *erosa* des Malayischen Archipels durch den schärfer gerandeten und in der Mitte etwas aufgebogenen AR. mit regelmässigeren, in der Mitte etwas dichteren Grübchen, durch den in der Mitte mehr aufgebogenen CR., die verschmälerten E., wodurch der Umriss der Schale oval-deltoidförmig (mit der grössten Breite hinter der Mitte) wird, die mehr konvexe B., die hinten etwas gebogene M., die schärfer geschnittenen, weniger verdickten Z., die in der Mitte beider Lippen (besonders MAZ.) weniger verlängert sind, das zugespitzte und stets deutlich linksgebogene (also aussen konkav statt wie bei *erosa* konvex begrenzte) ILHE. und das entsprechend (wenn auch weniger auffällig) verschmälerte ILVE.; F. steil, Querfalten schwach eingesattelt, mit 2-4 wenig verstärkten IRZ. — Die Farbe des Holotypus ist relativ gut erhalten: R. dunkel graubraun, mit kleinen und winzigen, ziemlich dichten weissen Punkten und heller R.-Linie, S. und B. hell, S.-Flecke sind nicht erkennbar. — Die meisten dieser

Merkmale leiten also zu *miliaris* über, doch ist *duyffjesi* mehr oval, mit schärferen AR.-Leistchen und mehr aufgebogenem CR., engerer und geraderer M., zahlreicheren, schärfer geschnittenen und längeren Z., breiterem TZ., deutlicher ausgebildeten IRZ. und kleineren R.-Punkten (die aber wie bei *miliaris* niemals dunkel gekernt sind).

Die pleistocäne *duyffjesi* ist also ein typisches Bindeglied zwischen den beiden rezenten Arten *erosa* und *miliaris*.

Der Holotypus (a) entspricht der oblongen var. α ¹⁹) (die AR.-Grübchen sind besonders fein und dicht, die B. ist sehr konvex, die MAZ. reichen kaum bis $\frac{1}{2}$ Lippenbreite, auch die HIZ. sind etwas kürzer, der TZ. ist schmaler, nur schwach längsgespalten), das Stück b mehr der var. β (AL. etwas flacher, MAZ. bis zum Rand verlängert, wenn auch hier fast verlöschend, TZ. breit, aber Schale nach Umriss, S. und ILHE. zweifellos = *duyffjesi*). — *E. erosa* aus dem Pliocän von Timor²⁰), nach der Abbildung = 32 (57 · ?) 18 : 15 (17 : 14) gehört nach Gestalt, MAZ. und HIZ. wohl ebenfalls zu *duyffjesi*, die *erosa* aus dem „Miocän“ von West-Sumatra²¹) nach dem Original im British Museum = 31 (64 · 45) 19 : 15 (18 : 14) wegen den langen MAZ. und dem konvex begrenzten ILHE. anscheinend zu *erosa* (s. str.) var. γ .

Erosaria (Erosaria) miliaris effossa nov. subsp.

$a = 25$ (? · ?) ? : 13 (? : 13) von Loc. 139 (nur IL. und CR. erhalten);

$b = 26$ (63 · 49) ? : ? (? : ?) von Loc. 167 (nur R. und ILHE. erhalten);

$c = 26$ (59 · 48) 18 : 15 (18 : 15) von Loc. C. 68 (B. bes. flach, Z. länger, AZ. bis $\frac{1}{2}$, IZ. bis $\frac{1}{3}$ Lippenbreite verlängert; Fig. 27);

$d = 23$ (65 · 50) 16 : 13 (16 : 13) von Loc. 177 (S. und IRZ. wie bei *differens*; Fig. 26);

$e = 23$ (62 · 53) 17 : 13 (17 : 13) von Loc. C. 37 (subjunior, R. satt graubraun mit irregulären weissen Tropfen und Punkten);

$f = 28$ (ca. 65 · 49) ? : 1 + 13 (? : 13) von Loc. C. 37 (AL. fehlt; 1 dünne lange Zwischenrippe hinter dem TZ.);

$g = 29$ (63 · 52) 17 : 14 (16 : 14) = Holotypus von Loc. C. 37 (Fig. 25);

$h = 35$ (60 · 49) 19 : 13 (17 : 12) von Loc. C. 37;

$i = 24$ (69 · 55) ? : ? (? : ?) von Loc. C. 39 (junior, ALHE. fehlt, Sp. kurz vorspringend, HIZ. typisch);

$k = 30$ (62 · 48) 18 : 12 (17 : 11) von Loc. 189;

$l = 34$ (63 · 51) 21 : 16 (19 : 15) von Loc. 217 (VE. fehlt);

$m = 27$ (? · ?) ? : 11 (? : 11) von Loc. 219 (nur IL. erhalten);

$n = 30$ (66 · 49) ? : ? (? : ?) von Loc. 219 (B. von harter Matrix bedeckt);

$o = 31$ (64 · 52) ? : ? (? : ?) von Loc. 219 (B. von harter Matrix bedeckt).

Diese pleistocäne *miliaris*-Form unterscheidet sich von der rezenten Rasse des Malayischen Archipels,

19) Schilder & Schilder 1934J, p. 211.

20) Tesch 1920T, p. 47, t. 129, fig. 163.

21) Woodward 1879S, p. 498, t. 13, fig. 10.

*differens*²²⁾, durch die deutlicher gestochene Grübchenreihe des AR., den weniger verdickten, mehr gerundeten oder aufgebogenen CR., die etwas grössere Zahl der Z.²³⁾ und die meist 3 (statt meist 2) IRZ. der F..

Die Variationsbreite dieser Merkmale, durch welche sich die pleistocäne *effossa* und die rezente *differens* zu unterscheiden scheinen, überschneidet sich bei beiden Formen sehr, doch reicht die Summe der Merkmale bei jedem einzelnen Stücke wohl zur Unterscheidung aus; ich glaube aber nicht, dass ich die pleistocäne Form als Unterart abgetrennt hätte, wenn mir nur 1-2 Stücke vorgelegen hätten, da erst die grössere Stückzahl die Konstanz dieser an sich geringfügigen Unterschiede erkennen lässt.

Erronea (Adusta) pyriformis.

Gray; Schilder 1932Q, p. 187.

- a* = 22 (63.54) 19 : 16 (20 : 16) von Loc. 82a;
b = 21 (60.50) ? : 17 (? : 18) von Loc. 84 (AL. beschädigt);
c = 22 (60.50) 21 : 19 (22 : 20) von Loc. 84;
d = 23 (61.52) 19 : 16 (19 : 16) von Loc. 84;
e = 23 (60.50) 21 : ? (22 : ?) von Loc. 84 (ILHE. fehlt);
f = 19 (63.51) 18 : 16 (20 : 17) von Loc. 89;
g = 31 (62.52) 21 : 22 (19 : 20) von Loc. C. 54;
h = 22 (61.53) 18 : 18 (19 : 19) von Loc. 123 (Fig. 31);
i = 25 (? : ?) ? : ? (? : ?) von Loc. 123 (nur R. und VE. erhalten);
k = 21 (61.51) ? : 17 (? : 18) von Loc. 139 (VE. fehlt);
l = 20 (? : 53) 18 ? : ? (19 ? : ?) von Loc. 128 (nur AL. und VE. erhalten);
m = 20 (60.51) 20 : 20 (21 : 21) von Loc. 167;
n = 23 (61.49) ? : 19 (? : 19) von Loc. 167 (ALVE. fehlt);
o = 25 (61.51) 20 : ? (20 : ?) von Loc. 167 (IL. fehlt);
p = 27 (59.49) 20 : 20 (19 : 19) von Loc. 167 (etwas seitlich zusammengedrückt);
q = 19 (62.52) ? : 17 (? : 19) von Loc. 168 (ALVE. fehlt);
r = 26 (63.51) 20 : 19 (20 : 19) von Loc. C. 92;
s = 22 (60.51) 19 : 18 (20 : 19) von Loc. C. 37;
t = 25 (62.?) ? : ? (? : ?) von Loc. C. 39 (nur R. und VE. erhalten);
u = 24 (58.49) 20 : 18 (20 : 18) von Loc. C. 40 (Fig. 30);
v = 24 (63.52) ? : ? (? : ?) von Loc. 219 (nur innere Schalenschichten erhalten);
w = 24 (62.53) 23 : 19 (23 : 19) von Loc. 221 (Fig. 32).

22) Die malayische Zwergrasse *differens* (Schilder 1927R, p. 107) unterscheidet sich von der ostasiatischen *miliaris* folgendermassen: kleiner (Mittel = 27 statt 36 mm) und breiter (vgl. Schilder 1933C, p. 186), mehr deltoidförmig als oval-birnförmig, grösste Breite weiter vorn gelegen, S. mehr callös, daher AR.-Grübchen häufiger undeutlich werdend, CR. mehr verdickt und kantig, M. enger, mehr allmählich gebogen, B. flacher, ALVE. mehr dekliv (statt ausgebogen), Z. feiner und schärfer, aber in relativ gleicher Zahl (daher mehr distant erscheinend), MIZ. oft etwas länger (wie bei *miliaris* in die M. versenkt), F. meist mit 2 statt 1 (-2) IRZ., R. satter olivfarben (statt hellgelb bis graugrün), mit ziemlich gleich grossen weissen Tropfen (bei *miliaris* stehen grössere Tropfen zwischen kleinen Punkten), E. häufiger lachsfarben angehaucht.

23) Der Mittelwert von az.: iz. (für 25 mm Länge) ist bei *miliaris* 16 : 13, bei *differens* 16 : 13, bei *effossa* 17 : 13; der Hälftenspielraum (nach Johansen), d.i. Variationsbreite jener Hälfte von Individuen, deren Z. dem Mittelwerte am nächsten kommen, 16-17: 12-14; 15-17: 12-14; bzw. 17-18: 13-14.

Das Mittel aus diesen 22 pleistocänen Stücken ist 23 (61.51) 20 : 19 (20 : 19), das Mittel aus rezenten *pyriformis* von 17 Fundorten ist 25 (61.52) 20 : 19 (20 : 19); die beiden Formen sind also in Länge, Proportionen und Z.-Zahl praktisch gleich, auch sonst konnte ich keine Unterschiede feststellen: die birnförmige Schale ist wie bei der rezenten *pyriformis* am VE. sehr scharf gerandet, der VE.-Rand links bogenförmig vorspringend, S. gerundet, Sp. genabelt (nur bei *a*, *d* und *h* etwas seichter); B. leicht konvex, M. ziemlich eng, hinten sehr gebogen und über dem verdickten, etwas zugespitzten ILHE. rückgebogen, Z. aussen kurz, ALVE. dekliv bis fast konkav, AZ. mit 2-12 (im Mittel 7) von aussen eingeschobenen feineren Zwischenrippen²⁴⁾, AZ. wenig verlängert (nur bei *n* bis fast $\frac{1}{2}$ Lippenbreite reichend), IZ. aussen kurz, VIZ. stets dicker und mehr auseinanderstehend als die fein gerippten HIZ., aber ziemlich kurz und schräg gestellt, TZ. aus 2 Falten zusammengesetzt, doch kann der hintere Knopf fast ganz mit der vorderen Randfalte verschmelzen (bei *e*, *h*, *l*, *m*, *n*) oder auch als eine zweite parallele Falte verlängert sein (bei *b*, *d*, *i*, *s*, *t*, *w*); die steile, massig breite F. und die vorgewölbte C. sind stets regelmässig quergefaltet, die Falten sind innen oft etwas knotig verstärkt, so dass die Längsfurche tiefer erscheint als sie in Wirklichkeit ist. — R. bei einigen Stücken dicht braun gesprenkelt, bei *k* ist noch der dunkle Sp.-Fleck erkennbar, die S. waren anscheinend hell und ohne dunkle Tropfen²⁵⁾.

Ich halte also die pleistocäne *pyriformis* für absolut identisch mit der rezenten Form des Malayischen Archipels; doch konnte ich unter den pleistocänen *pyriformis* 5 weitere Stücke auslesen, die in 3 bei der rezenten Art bisher noch nicht beobachteten Richtungen wesentlich abweichen und die daher als Unterarten beschrieben werden sollen: umfangreicheres Material wird später entscheiden, ob es sich um ökologische Varietäten, stratigraphische Rassen oder gar um Arten handelt.

E. (A.) pyriformis propyriformis nov. subsp.

- a* = 17 (65.51) 19 : 16 (21 : 18) von Loc. C. 47;
b = 17 (65.55) 17 : 17 (19 : 19) = Holotypus von Loc. 205.

Beide Stücke sind kleiner als das Minimum der rezenten und der übrigen pleistocänen *pyriformis*, ferner mehr gedrunken, VE. kürzer und weniger auffällig gerandet, Sp. weniger tief genabelt, AZ. kurz, nur auf die der M. zugekehrte umgeschlagene Wand der AL. beschränkt, ALVE. steiler dekliv, AZ.-Zwischenrippen obsolet (nur *b* hat 1-2 Rippchen, *a* überhaupt keine!); sonst wie *pyriformis*, hinterer TZ. knopfförmig, aber mit der Randfalte verschmolzen.

24) Bei den Stücken *m* und *w* mit 12 bzw. 11 AZ.-Zwischenrippen treten auch einige ähnliche Rippchen zwischen den IZ. auf.

25) Bei den pleistocänen *pyriformis* scheinen folgende Merkmals-Korrelationen zu bestehen: 1) Schale breiter = Sp. weniger tief genabelt; 2) AZ. länger = AZ.-Zwischenrippen zahlreicher; 3) IZ. länger = 2. TZ.-Falte stärker.

Da beide Stücke von den zwei einzigen Fundstellen der älteren (nicht vulkanischen) Facies stammen, dürfte es sich hier um eine stratigraphische Rasse handeln.

E. (A.) *pyriformis ponderosa* nov. subsp.

$a = 25$ (67.57) 21 : 19 (21 : 19) von Loc. 126;
 $b = 28$ (67.59) 22 : 20 (21 : 19) = Holotypus von Loc. 126 (Fig. 33).

Ähnlich *pyriformis*, aber extrem breit und hoch, VE. kürzer (aber kaum weniger scharf gerandet), Sp. fast nicht genabelt, Z. kürzer; der Holotypus (mit Farbreiten: Sp.-Fleck) ist besonders höckrig, mit sehr callöser B., steil deklivem ALVE., dicken Z., ganz kurzen AZ. fast ohne Zwischenrippen und mit verstärkten IRZ.; das Stück a (vielleicht etwas jünger?) ist von der gleichen gedrungenen Gestalt, aber weniger callös, hat eine weitere M. und nähert sich überhaupt in den Merkmalen von B. und Z. etwas der typischen *pyriformis*.

Da diese Form bisher nur an dem einen Ort gefunden wurde, welcher mit anderen Fundstellen gleichalterig ist, halte ich *ponderosa* nur für eine extreme ökologische Varietät.

E. (A.) *pyriformis semicostata* nov. subsp.

29 (60.52) 23 : 20 (22 : 19) = Holotypus von Loc. 125 (Fig. 34, VE. fehlt, daher Rekonstruktion der Länge und Zahnzahl etwas unsicher).

Gestalt, VE.-Rand (soweit erkennbar), Sp.-Nabel, AZ. (mit mindestens 8 Zwischenrippen), F. und C. (leicht konkav) wie bei den übrigen *pyriformis*, aber AZ. und IZ. bis $\frac{1}{2}$ Lippenbreite verlängert, AZ. ziemlich dick, IZ. fein faltenförmig, auch VIZ. und F.-Querrippen feiner als sonst bei *pyriformis*.

Die verlängerten IZ. erinnern auffällig an *pulchella*, die gut ausgebildeten AZ.-Zwischenrippen weisen *semicostata* aber in die nächste Verwandtschaft von *pyriformis*. Da diese sonst keine Tendenz zur Verlängerung der IZ. zeigt, könnte es sich bei *semicostata* um eine nov. spec. handeln, welche *pyriformis* mit *pulchella* verbindet.

Erronea (Adusta) *subviridis putjanganensis* nov. subsp.

$a = 26$ (63.52) 21 ? : 1 + 18 (21 ? : 18) von Loc. C. 1 (ALVE. fehlt);

$b = 25$ (60.51) 19 : 16 (19 : 16) = Holotypus von Loc. C. 44 (Fig. 37);

$c = 23$ (58.49) 21 : 16 (22 : 16) von Loc. C. 78 (die etwas abweichende Gestalt ist teils auf den Umstand zurückzuführen, dass die AL. in fast der ganzen Länge zu Lebzeiten des Tieres abgebrochen ist und von ihm regeneriert wurde, teils auf Verdrückung bei der Fossilisation; Fig. 38);

$d = 24$ (62.50) 18 : 17 (18 : 17) von Loc. 218.

Gestalt ähnlich *pyriformis*, aber VE. etwas weniger scharf gerandet (Rand links nicht ausgebogen), Sp. aus dem seichten Nabel etwas vorspringend, B. mehr konvex, M. hinten nur linksgebogen, aber nicht über dem ILHE. rückgebogen, meist etwas weiter, ALVE. dekliv und mehr ausgebogen, Z. ebenso kurz, aber

AZ. ohne Zwischenrippen, IZ. gröber, weniger zahlreich, TZ. in gleicher Weise variabel (der 2. Knopf ist bei b und c deutlich, bei d und bes. bei a mit der bis zur VE.-Spitze reichenden Randfalte verschmolzen), aber mehr in der Ebene der VIZ. gelegen; F. wie bei *pyriformis* mässig breit, quergefaltet (nur bei a etwas tiefer eingesattelt und mit etwas verdickten IRZ.), C. hinten ganz glatt. — Diese Merkmale beweisen die Verwandtschaft von *putjanganensis* mit der rezenten *subviridis*, doch ist *putjanganensis* kleiner, Z. zahlreicher, M. wohl enger, vorn weniger erweitert, ALVE. mehr dekliv, F. etwas breiter (etwa wie bei *pyriformis*), C. innen ganz glatt, ohne Knötchenreihe.

Die pleistocäne *putjanganensis* verbindet somit *pyriformis* mit der rezenten *subviridis*, die heute nur mehr weiter südlich lebt (West-, Nord- und Ost-Australien, Neu-Caledonien) und den Malayischen Archipel nur auf Aroe (Schilder & Schilder 1934N, p. 177, 185) erreicht, ist aber von dieser hinreichend verschieden, um wenigstens als Unterart abgetrennt werden zu können; der Holotypus mit seiner etwas weiteren M. kommt der rezenten Form besonders nahe.

Erronea (Adusta) *walkeri surabajensis* nov. subsp.

$a = 24$ (62? . 54) 20 ? : 18 ? (20 ? : 18 ?) von Loc. 96 (verdrückt und mit Matrix bedeckt, Artzugehörigkeit unsicher!);

$b = 23$ (60.49) 20 : 21 (21 : 22) von Loc. C. 60;

$c = 20$ (60.47) 19 : 18 (20 : 19) von Loc. 125;

$d = 27$ (57.47) 22 : 22 (22 : 22) von Loc. 125;

$e = 21$ (58.49) 18 : 19 (19 : 20) = Holotypus von Loc. 127 (Fig. 40);

$f = 20$ (61.50) 21 : 19 (23 : 20) von Loc. 128 (Fig. 39);

$g = 21$ (61.52) ? : 21 ? (? : 22 ?) von Loc. 128 (ALVE. fehlt);

$h = 22$ (? . 51) ? : 21 (? : 22) von Loc. 128 (AL. fehlt).

Von *pyriformis* leicht zu unterscheiden: mehr gestreckt-oval als birnförmig, mehr symmetrisch, VE. weniger scharf gerandet, doch sind Spuren einer Randfurche längs des ganzen AR. bis zum HE. gut erkennbar; M. mehr gerade, hinten lingsgebogen und über dem ILHE. schwächer rückgebogen, ALVE. gedrückt, wenig dekliv, ILHE. stumpf, Z. (bes. IZ.) zahlreicher, länger (meist bis $\frac{1}{3}$ Lippenbreite reichend), Zwischenrippen der AZ. schwächer und weniger zahlreich, VIZ. stärker, länger, mehr querstehend, HIZ. sehr dicht (oft etwas dicker), TZ. einfach, mässig breit, scharf den VK. begrenzend und stets bis zur ILVE.-Spitze verlängert, ohne zweiten TZ.-Knopf, VIZ. vom TZ. wenig abgesondert; F. etwas schmaler, nicht konkav, von 1-3 nicht eingesattelt und innen nicht zu IRZ. verstärkten Rippen gequert, C. innen stets glatt, ohne Knotenreihe. — Das Stück b zeigt dichte braune R.-Punkte, lässt aber weder R.-Bänder noch Tropfen auf den helleren S. und E. erkennen.

Die 8 pleistocänen Stücke kommen also der rezenten *walkeri* des Malayischen Archipels sehr nahe, unterscheiden sich aber durch die geringere Z.-Zahl (az. : iz. = 21 : 21 statt 23 : 23 im Mittel), durch das Auftreten von 1-7 (im Mittel 4) AZ.-Zwischenrippen bei allen gut erhaltenen Stücken (während

sie bei rezenten *walkeri* stets fehlen!) und die über dem ILHE. etwas rückgebogene M.

Diese deutlich zu *pyriformis* hinüberleitenden Merkmale erscheinen mir wichtig genug, um die pleistocäne Form als Unterart abzutrennen; *surabajensis* verbindet *pyriformis* mit *walkeri* in gleicher Weise wie *putjanganensis* von *pyriformis* zu *subviridis* hinüberleitet.

***Palmadusta saulae modjokertensis*
nov. subsp.**

24 (56. 47) 18 : 17 (18 : 17) = Holotypus von Loc. C. 39 (Fig. 36).

Gestreckt birnförmig, VE. scharf gerandet, AR. in ganzer Länge mit seichter, aber sehr deutlicher, in der Mitte etwas aufgebogener Randfurche, HE. aber nicht stärker gerandet (hier ist noch eine zweite, schwächere Querfurche rechts von der genabelten Sp., wodurch ein breiter flacher ALHE.-Callus vorgestülpt wird); B. ziemlich konvex, M. eng, überall gleichbreit, hinten etwas gebogen, aber nicht rückgebogen, ALVE. weder dekliv noch ausgebogen, sondern gleichmässig gerundet und verschmälert, ILHE. abgesetzt, stumpf zugespitzt, AZ. gleichmässig bis fast $\frac{1}{2}$ Lippenbreite verlängert, rippenartig (überall gleichbreit, also aussen nicht keilförmig verlöschend, etwa so breit wie die Zwischenräume), VAZ. der AL.-Verschmälerung entsprechend verkürzt, IZ. auf den M.-Rand beschränkt, vorn gröber, aber nicht länger, der TZ. besteht aus einer undeutlich abgegrenzten, den VK. fast bis zur ILVE.-Spitze randenden Falte, die hinten mit einem kurz schrägfaltigen, nur wenig schärfer begrenzten Knopf verschmolzen ist, linker VK.-Rand etwas konvex ausgebogen, VIZ. in der gleichen Ebene wie der TZ. und wenig abgesondert; F. ziemlich breit, aber ganz steil und von den nicht eingesattelten, innen kaum verstärkten Rippen quert, C. mit einer breiten, seichten Längsfurche, fast bis hinten quergefaltet, hier nur noch mit einer Knötchen-Reihe.

Diese Merkmale stimmen mit der äusserst seltenen rezenten *saulae* überein, doch scheint die pleistocäne Form weniger zahlreiche Z., ein weniger gerandetes HE. und mehr verlängerte AZ. zu haben; eine sichere Abgrenzung des pleistocänen Unikums von den nur 7 mir bekannten rezenten Stücken ist naturgemäss schwer möglich, ich halte es aber trotzdem für zweckmässig, die fossile Form nomenklatorisch abzutrennen. Sie ist von den pleistocänen *Erronea* subg. *Adusta* durch den gerandeten AR., das einfach zugespitzte ALVE. und die langen AZ.-Rippen leicht zu unterscheiden.

Zusammenfassung.

Sämtliche 10 im Pleistocän der Residentschaft Soerabaja gefundenen *Cypraea* sind mit rezenten Arten des Malayischen Archipels nahe verwandt, aber nur eine einzige Form ist wirklich identisch, die anderen bilden stratigraphische Unterarten, welche von den rezenten gut unterscheidbar sind (wobei sich allerdings extreme Stücke überschneiden können)

und sichtlich primitive Formen oder gar Bindeglieder zwischen rezenten Arten darstellen. Zum Pliocän der Residentschaft Madioen zeigen die pleistocänen Formen dagegen viel weniger Beziehungen.

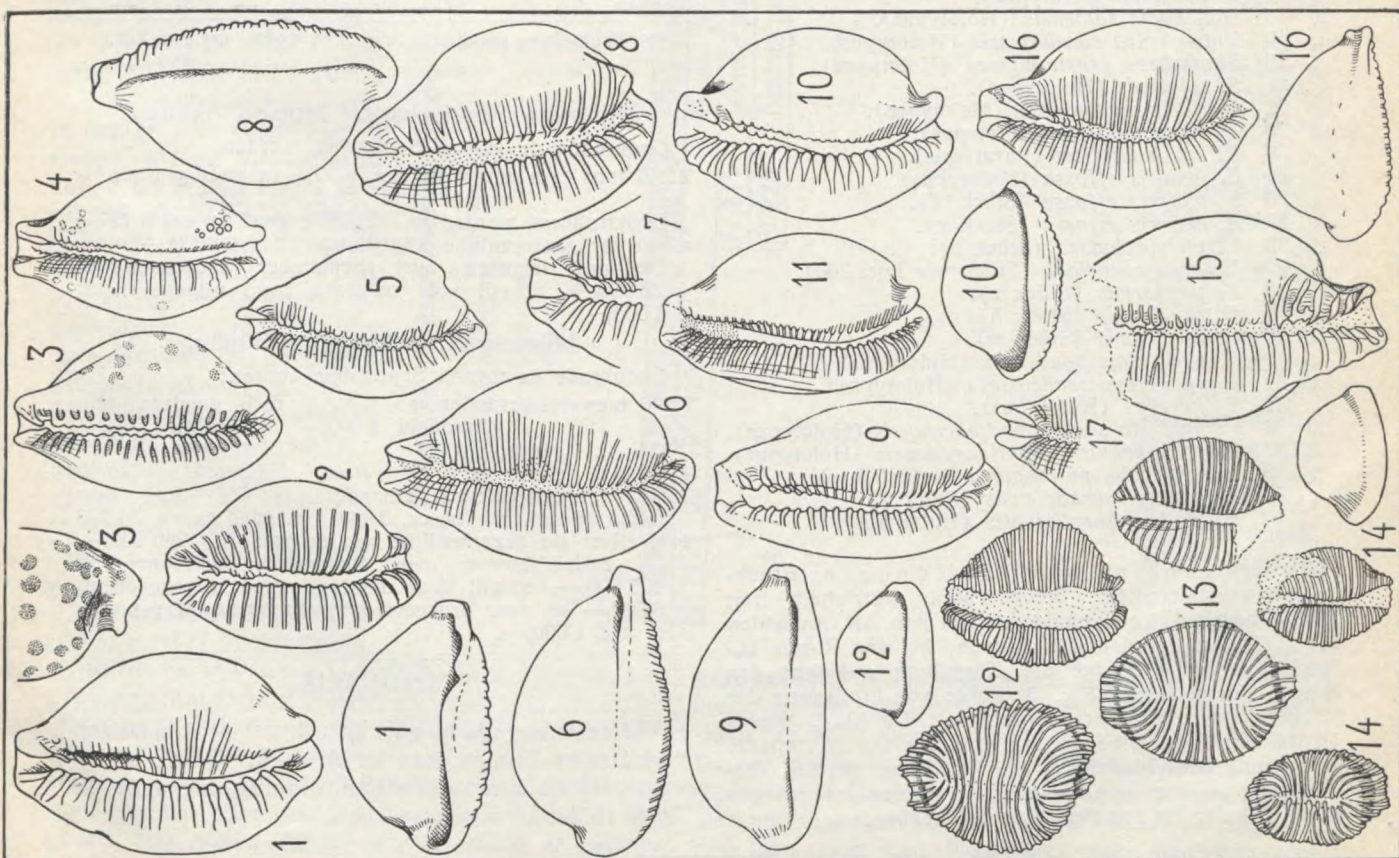
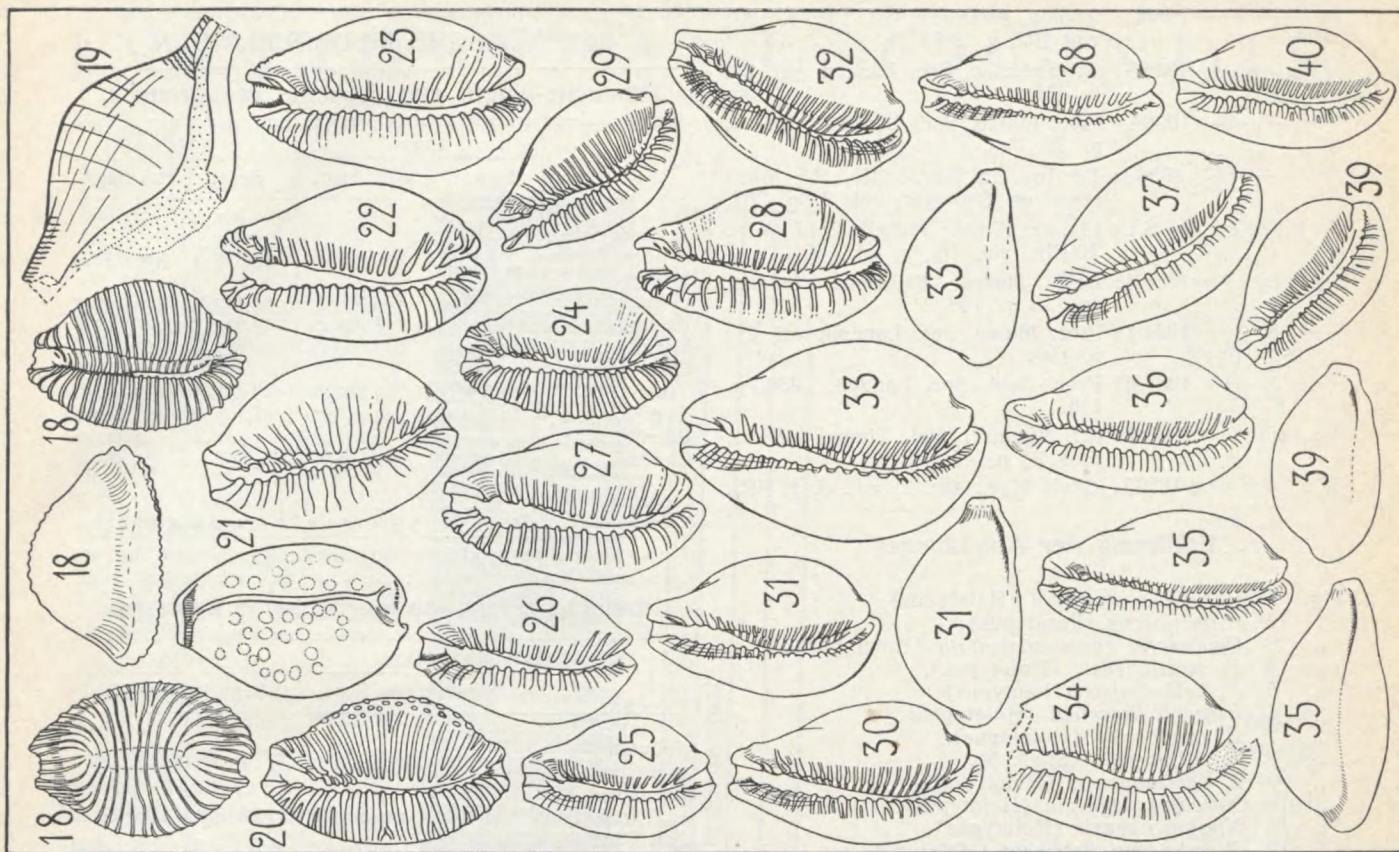
Erronea pyriformis propyriformis ist die einzige Form, welche in den etwas tiefer liegenden Schichten der nicht-vulkanischen Facies (und nur hier!) gefunden wurde. Von den übrigen Formen kommt nur *E. pyriformis* (s. str.) in allen 3 molluskenführenden Horizonten der vulkanischen Facies vor, die übrigen *Cypraeovulinae* (*Erronea*, *Palmadusta*) kommen nur im unteren und mittleren, die *Nariinae* (*Erosaria*) dagegen nur im mittleren und oberen Horizonte vor; es ist auffällig, dass die zahlreichen Funde dieser beiden *Erosaria*-Arten im mittleren Horizonte auf das Gebiet der Kedoengwaroe-Antiklinale beschränkt sind und im Gebiete der Poetjangan-Antiklinale vollständig fehlen, während *Erronea walkeri surabajensis* umgekehrt nur in Fundorten der letzteren gefunden wurde. Es hat somit den Anschein, dass von den Fundorten des mittleren Horizontes der Poetjangan-Schichten die in der Poetjangan-Antiklinale gelegenen Orte engere Beziehungen zum unteren, dagegen die in der Kedoengwaroe-Antiklinale gelegenen Orte zum oberen Horizonte dieser Schichtenfolge aufweisen.

Es ist auffällig, dass nur 2 der (wenn auch in stratigraphischen Unterarten) im Pleistocän von Java offensichtlich nicht seltenen Arten auch heute noch im Malayischen Archipel häufig (*Erosaria erosa*) oder wenigstens weit verbreitet sind (*E. miliaris*); die übrigen sind seitdem zum Teil seltener geworden (*Erronea pyriformis*, *E. walkeri* und gar *Palmadusta saulae*), zum Teil in benachbarte Regionen abgewandert (*Volva volva*, *Erronea pulchella*, *E. subviridis*). Aus diesem Grund und auch infolge Fehlens der häufigsten rezenten malayischen Arten in den behandelten pleistocänen Schichten lassen sich nur schwer Parallelen zu einer der von Schilder & Schilder 1933N, p. 183 unterschiedenen Fundortgruppen des Malayischen Archipels nachweisen; das häufige Vorkommen von *Erosaria miliaris* und *Erronea pyriformis* deutet aber auf Beziehungen zu Gruppe I, welche die rezenten Fundorte des Binnenmeeres zwischen Sumatra und Timor umfasst, hin.

Literatur.

(Die Titel der älteren Arbeiten siehe bei Schilder 1932Q).

- | | | |
|----------|--------|--|
| Fischer | 1927S: | in Wanner, Pal. Timor, vol. 15, pars 25, p. 58. |
| Martin | 1887J: | Samml. Geol. Reichsmus., ser. 1, vol. 3, p. 140. |
| ———— | 1899J: | Samml. Geol. Reichsmus., ser. 2, vol. 1, part 1, p. 165. |
| ———— | 1916P: | Samml. Geol. Reichsmus., ser. 2, vol. 2, p. 244. |
| Schilder | 1927R: | Arch. Naturgesch., vol. 91, pars A. 10, p. 1. |
| ———— | 1927K: | Senckenbergiana, vol. 9, p. 196. |
| ———— | 1930C: | Zoolog. Anzeiger, vol. 92, p. 67. |
| ———— | 1932A: | Proc. Malac. Soc. London, vol. 20, p. 46. |
| ———— | 1932F: | Sitz. Ges. Naturf. Freunde, vol. 1932, p. 254. |
| ———— | 1932Q: | in: Fossilium Catalogus, pars 1/55 (Berlin). |



- 1933C: Zoolog. Anzeiger, vol. 101, p. 180; vol. 102, p. 288.
- 1935A: Proc. Malac. Soc. London, vol. 21, p. 325.
- 1936A: Proc. Malac. Soc. London, vol. 22, p. 75.
- 1936 I: De Ing. in Ned.-Indië, IV, Mijnbouw en Geologie, vol. 3, p. 207.
- Schilder & Schilder 1930A: Mitteil. Zool. Mus. Berlin, vol. 16., p. 543.
- & — 1933N: Zoöl. Meded. Rijksmus. Leiden, vol. 16, p. 163.
- & — 1934 J: Proc. Malac. Soc. London, vol. 21, p. 199.
- & — 1937M: Proc. Zool. Soc. London, 1936, p. 1113.
- Tesch 1920 T: in: Wanner, Pal. Timor, vol. 14, pars 2, p. 45.
- Woodward 1879S: Geol. Mag., ser. 2, vol. 6, p. 493.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1/ *Pustularia everwijnii* (Holotypus).
- „ 2 *P. pisiformis* (Paratypus).
- „ 3 *Paulonaria conjunctedentata* (Holotypus).
- „ 4 *P. selatjauensis* (Holotypus).
- „ 5 *P. sokkohensis* (Holotypus).
- „ 6 *Erronea ijzermani* (Holotypus).
- „ 7 *E. progoensis* (Holotypus).
- „ 8 *E. progoensis* (Stück b).
- „ 9 *E. cheribonensis* (Holotypus).
- „ 10 *Notadusta egregia* (Holotypus).
- „ 11 *N. spolongensis* (Holotypus).
- „ 12 *Pseudotrivia ijzermani* (Holotypus).
- „ 13 *P. lodanensis* (Holotypus).
- „ 14 *Cleotrivia javana* (Holotypus).
- „ 15 *Paulonaria lodanensis* (Holotypus).
- „ 16 *Erronea proxima* (Holotypus).
- „ 17 *E. proxima* (Paratypus).
- „ 18 *Dolichupis soloënsis* (Holotypus).
- „ 19 *Volva volva surabajensis* (Holotypus).
- „ 20 *Staphylaea prostaphylaea* (Holotypus).
- „ 21 *S. soloënsis* (Holotypus).
- „ 22 *Erosaria madiunensis* (Holotypus).
- „ 23 *E. erosa duyffesi* (Holotypus).
- „ 24 *E. erosa duyffesi* (Paratypus).
- „ 25 *E. miliaris effossa* (Holotypus).
- „ 26 *E. miliaris effossa* (Stück d).
- „ 27 *E. miliaris effossa* (Stück c).
- „ 28 *E. pliostraphylaea* (Stück a).
- „ 29 *Erronea sondeiana* (Stück von Loc. 260).
- „ 30 *E. pyriformis* (Stück u).
- „ 31 *E. pyriformis* (Stück h).
- „ 32 *E. pyriformis* (Stück w).
- „ 33 *E. pyriformis ponderosa* (Holotypus).
- „ 34 *E. pyriformis semicostata* (Holotypus).
- „ 35 *E. jungens* (Holotypus).
- „ 36 *Palmadusta saulae modjokertensis* (Holotypus).
- „ 37 *Erronea subviridis putjanganensis* (Holotypus).
- „ 38 *E. subviridis putjanganensis* (Stück c).
- „ 39 *E. walkeri surabajensis* (Stück f).
- „ 40 *E. walkeri surabajensis* (Holotypus).

Anmerkung zu den Abbildungen. Bruchlinien unvollständiger Stücke sind gestrichelt, von Matrix bedeckte Teile punktiert. Bei den AR.-Ansichten der *Triviidae* wurden die Rippen, bei den R.-und B.-Ansichten der *Triviidae* die Körnelung zwischen den Rippen fortgelassen. Fig. 3 wurde vor Freilegung der F. gezeichnet. Die Unregelmässigkeit des AL.-Umrisses ist bei Fig. 1 auf eine zu Lebzeiten des Tieres verheilte Verletzung zurückzuführen, bei Fig. 5 dagegen auf Verdrückung bei der Fossilisation. Die Grösse der gezeichneten Schalen ist aus dem Text zu ersehen.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Productie-cijfers van Aardolie in kgtonnen.

	1937		1936	
	Sept.	t/m Sept.	Sept.	t/m Sept.
Java en Ma-				
doera	91 004,2	697 456,-	43 529,9	315 738,4
Noord-				
Sumatra ...	68 714,1	594 670,7	52 217,6	496 347,5
Palembang ..	228 435,7	2 078 940,7	229 675,1	2 046 710,1
Djambi	77 474,1	653 813,2	54 861,3	462 668,6
Oost-Bor-				
neo	81 654,7	749 294,8	89 571,3	754 022,2
Tarakan	61 741,-	549 416,7	58 105,4	551 630,1
Boenjoe	—	262,1	346,8	4 322,3
Ceram.....	6 631,4	51 600,7 ¹⁾	4 832,-	35 489,4
Nederlandsch-				
Indië	615 655,2	5 375 454,9	533 139,4	4 666 928,6

1) Werkelijke productie Augustus 1937: 6 725,9 kgt.

Productie-cijfers van Steenkolen in kgtonnen.

	1937		1936	
	Sept.	t/m Sept.	Sept.	t/m Sept.
Gouverne-				
mentsbedrijven	85 659	640 746	64 167	553 157
Steenkolen Mij.				
„Parapatan”	28 400	219 175 ¹⁾	20 880	189 560
Oost Borneo				
Maatschappij	6 731	58 459	6 347	56 649
Loa-Boekit-				
kolenmijnen..	3 543	23 096 ²⁾	2 526,75	23 895
Loa-Teboc-				
kolenmijnen..	1 750	17 361	1 075,9	14 743,6
Toeajan	25	144	—	—

1) Werkelijke productie Augustus 1937: 25 600 kgt.

2) „ „ „ „ : 3 250 „

Mijnbouw Maatschappij Moeara Sipongi.

Gedurende de maand September werden:

2 246 tons erts vernalen van { 7,1 g goud per ton.
gemiddeld { 5,— „ zilver „ „

Geëxtraheerd werden ca. 12 719 g goud en ca. 6 437 g zilver ter gezamenlijke waarde van ± f 24 000,—.

De bedrijfskosten over September bedroegen ± f 26 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ± f 5 000,—.

Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand September werden:

7 598 tons erts vernalen van { 8,5 dwts goud per ton.
gemiddeld { 100,— „ zilver „ „

2 875 „ sands,
4 330 „ slimes en
278 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 3 448 ozs. goud en ca. 34 793 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± f 240 000,—.

De bedrijfskosten over September bedroegen ± f 105 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ± f 3 000,— en voor prospecteeren der vergunningsterreinen ± f 1 000,—.

PERSONALIA.

Verleend wegens langdurigen dienst acht maanden verlof naar Europa, aan ir. A. J. R. Cornelissen, Hoofd van de Bankatinwinning, ingaande 16 April 1938.

IN NEDERLANDSCH-INDIË

VI. TECHNISCHE HYGIËNE EN ASSAINEERING.

INHOUD: Vergelijkende onderzoeken aangaande de chemische praecipitatie van afvalwater, door prof. dr. ir. C. P. Mom en dr. C. O. Schaeffer. — Luchtbehandeling in spoorwegrijtuigen in de tropen, door ir. J. Ch. Brouwer.

Vergelijkende onderzoeken aangaande de chemische
praecipitatie van afvalwater

door

prof. dr. ir. C. P. MOM en dr. C. O. SCHAEFFER.

Een gedeelte van het Bandoengsche afvalwater wordt gezuiverd in een Imhoff tank. De dagelijksche toevoer aan deze zuiveringsinstallatie bedraagt ca. 4 000 m³.

Het rioolwater bestaat vrijwel geheel uit huishoudelijk afvalwater; de gemiddelde samenstelling daarvan bij de in- (A) en bij de uittrede (B) van de tank is als volgt:

Tabel I.

mg/l	A	B
Droogrest	800	500
Zwevende stoffen	300	30
Biochemisch zuurstofverbruik	200	50
Organische stof (KMnO ₄)	400	125
Proteid NH ₃	10	10
Totaal NH ₃	33	30

Daar het om verschillende redenen wenschelijk was om de zuivering ten aanzien van de organische stof intensiever te maken, werden onderzoeken verricht aangaande de chemische praecipitatie van het rioolwater in de bezinkruimte der Imhoff tank.

De proefnemingen omvatten het volgende:

- 1) de praecipiteerende werking van *chloor*;
- 2) de praecipiteerende werking van *kalk*, op ruw en bezonken rioolwater;
- 3) de praecipiteerende werking van *kalk*, toegevoegd als kalkmelk en als verzadigde kalkoplossing;
- 4) de praecipiteerende werking van *ferrisulfaat*;
- 5) vergelijking van de resultaten verkregen met kalk- en met ijzer-paecipitatie;
- 6) de praecipiteerende werking van *ferrisulfaat* bij verschillende pH;

1. De praecipiteerende werking van chloor.

Bij de werking van chloor op afvalwater is in de eerste plaats te denken aan de oxydeerende werking, die chloor op verschillende opgeloste en kolloïde stoffen zal uitoefenen.

Eenerzijds zal deze oxydatie een gunstig effect op de uitvlokking hebben, anderzijds echter kan dit proces het resultaat ook in ongunstigen zin beïnvloeden. Bevordering van de uitvlokking zal dan plaats hebben, wanneer het chloor speciaal de schutkolloïden aangrijpt, zooals b.v. het geval is bij de zuivering van kaliwater met gelijktijdige toepassing van coagulatie- en oxydatie-middelen.

Het is mogelijk, dat in afvalwater deeltjes van organischen aard in oplossing worden gehouden door schutkolloïden, die door chloor verwijderd kunnen worden. Dat inderdaad een dergelijk proces plaats vindt, maakten Fair en Carlson¹⁾ waarschijnlijk. Zij vonden n.l. dat slib uit gechlooreerd afvalwater een iets hoger percentage aan organische stoffen bevat dan slib uit niet-gechlooreerd water. Tegenover deze gunstige werking staat echter, dat chloor verschillende organische stoffen desintegreert, waardoor deze niet meer tot bezinking kunnen komen. In dat geval kan de hoeveelheid slib, die zich afzet, dus kleiner worden.

Bij het te Bandoeng verrichte onderzoek met het stedelijk rioolwater kon geen gunstig effect geconstateerd worden van de toevoeging van chloor.

Dit werd aangewend in den vorm van een caporiet-oplossing, die ± 70 mg werkzaam Cl/cm³ bevatte.

Rioolwater, dat 2 uur aan bezinken was overgelaten, werd van het gevormde neerslag afgezonderd en daarna werden aan de verkregen nog troebele vloeistof stijgende hoeveelheden chloor toegevoegd.

1) Eng. News. Rec. 99, 1030 (1927).

Tabel II.

Toegevoegd chloor (mg/l)	Neerslag na 2 uur (cm ³ /l)
0	1,0
25	0,5
40	0,5
50	0,7
60	0,7
80	0,7

Discussie.

Deze bewerking leverde dus geen resultaat op. Werd behalve capriet ook kalk toegevoegd, dan ontstond wel een neerslag. Dit werd echter alleen door de kalk veroorzaakt, zooals blijkt uit de volgende cijfers:

Tabel III.

Toegevoegd CaO + Cl (mg/l)	0 CaO + 0 Cl	100 CaO + 0 Cl	100 CaO + 10 Cl	100 CaO + 20 Cl
Bezinkstoffen ...	0 cm ³	6,0 cm ³	6,5 cm ³	6,0 cm ³
Org. stof (KMnO ₄)	107 mg/l	62 mg/l	66 mg/l	64 mg/l
Afname org. stof	—	42%	39%	40%
Gloeiverlies v/d droogrest der bezonkenvloei- stof.	38%	28%	30%	23%

Toegevoegd CaO + Cl (mg/l)	0 CaO + 0 Cl	200 CaO + 0 Cl	200 CaO + 20 Cl	200 CaO + 50 Cl
Bezinkstoffen ...	0 cm ³	8,5 cm ³	8,5 cm ³	7,5 cm ³
Org. stof (KMnO ₄)	120 mg/l	69 mg/l	72 mg/l	80 mg/l
Afname org. stof	—	42%	40%	33%
Gloeiverlies v/d droogrest der bezonkenvloei- stof.	41%	30%	32%	36%

Conclusie.

Het toegevoegde chloor is in geen enkel geval van gunstigen invloed op de praecipitatie geweest.

2. De praecipiteerende werking van kalk op ruw en bezonken rioolwater.

Een hoeveelheid rioolwater (permanganaat-verbriik 322 mg/l) werd in tweeën verdeeld. Aan de eene helft werd direct toegevoegd helder kalkwater (serie A), terwijl het andere deel eerst met kalkwater gemengd werd, nadat de grove zwevende stof, door 2 uur rustig staan, bezonken en door afschenken van de bovenstaande vloeistof, verwijderd was (serie B). Het kalkwater bevatte per cm³ 1 mg CaO. Per liter afvalwater werd toegevoegd resp. 0; 25; 50; 100; 150 en 200 cm³ kalkwater, hetgeen dus overeenkwam met 0; 25; 50; 100; 150 en 200 mg CaO per liter rioolwater.

De resultaten van deze praecipitaties zijn in de onderstaande tabellen IV en V en in fig. 1 weergegeven.

Tabel IV (bij fig. 1).

Serie A: RUW RIOOLWATER MET KALK.

Toegevoegd CaO (mg/l)	0	25	50	100	150	200
Bezinkstoffen (cm ³ /l)	8	7	7	16	15	15
Org. stof (KMnO ₄)	218	217	209	139	135	124
Hardheid (D°) ..	7,1	8,9	11,2	12,3	11,3	10,2
Neergeslagen CaO (mg/l)	—	4	3	36	91	149
pH	7,0	7,9	8,0	8,6	9,0	9,3

Tabel V (bij fig. 1).

Serie B: BEZONKEN RIOOLWATER MET KALK.

Toegevoegd CaO (mg/l)	0	25	50	100	150	200
Bezinkstoffen (cm ³ /l)	0	1,3	1,3	8,5	7,5	8,5
Org. stof (KMnO ₄)	218	210	215	132	128	118
Hardheid (D°) ..	7,1	9,5	11,7	13,1	11,5	11,0
Neergeslagen CaO (mg/l)	—	0	0	27	88	139
pH	7,0	8,0	8,0	8,5	9,0	9,4

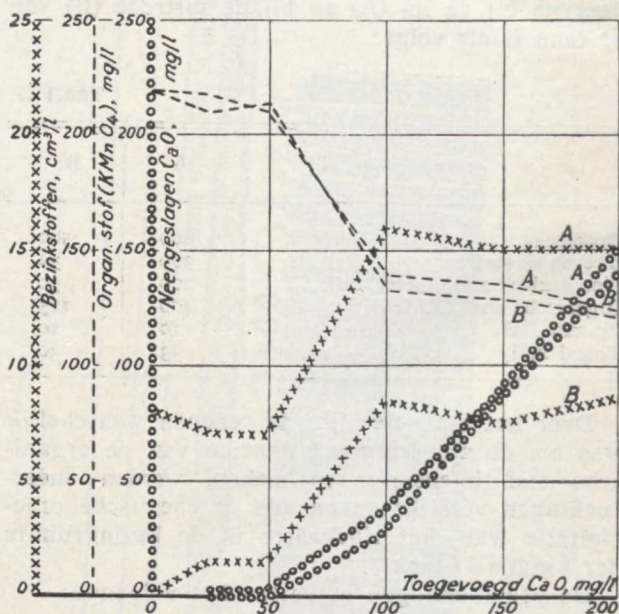


Fig. 1. Resultaten der praecipitatie van ruw (A) en bezonken (B) rioolwater met kalk.

Discussie.

1. Bezinkstoffen. De hoeveelheid bezinkstoffen bij directe praecipitatie (serie A) is iets kleiner dan de totale hoeveelheid bij gefractioneerde praecipitatie (serie B).

Het ruwe water levert zonder kalktoevoeging immers 8 cm³ bezinkstoffen, zoodat we voor de totale hoeveelheid bezinkstoffen in beide series de volgende getallen vinden:

	Serie A.	Serie B.
Bij toevoeg. v. 25 mg CaO/l	7 cm ³ /l	8 + 1,3 = 9,3 cm ³ /l
„ „ „ 50 „	7 „	8 + 1,3 = 9,3 „
„ „ „ 100 „	16 „	8 + 8,5 = 16,5 „
„ „ „ 150 „	15 „	8 + 7,5 = 15,5 „
„ „ „ 200 „	15 „	8 + 8,5 = 16,5 „

De verschillen tusschen beide series zijn niet groot. De kleinere volumina in serie A hebben niet de beteekenis van een geringere reiniging, hetgeen duidelijk blijkt uit de grafiek (fig. 1). We zien daarin, dat alleen de A- en B-lijnen van het *neerslag-volumen* uiteen loopen. Zoowel de lijnen der permanganaatgetallen als die der neergeslagen CaO-cijfers vallen practisch geheel samen.

Voorts zien we nog, dat de eerste kalktoevoeging aan het ruwe rioolwater het reeds bezonken grove neerslag compacter maakt.

2. Organische stof. In de uitkomsten van beide series is weinig verschil. Wel zijn de waarden voor het ruwe water (serie A) iets hooger dan voor het bezonken (serie B), maar deze verschillen van ongeveer 7 mg/l zijn van weinig beteekenis.

3. Neergeslagen CaO. Dit is in serie A iets hooger dan in B, maar ook hier zijn de verschillen weer niet groot. De grove zwevende bestanddeelen, die uit zichzelf praecipiteeren, slepen dus blijkbaar weinig kalk mee. Deze hoeveelheid bedraagt hier:

Bij toevoeg. v.	25 mg CaO/l:	4— 0 = 4 mg CaO
„ „ „ 50 „	:	3— 0 = 3 „ „
„ „ „ 100 „	:	36— 27 = 9 „ „
„ „ „ 150 „	:	91— 88 = 3 „ „
„ „ „ 200 „	:	149—139 = 10 „ „

Door de grove zwevende stof (totaal 8 cm³) werd dus hoogstens 10 mg CaO gebonden.

4. Optimum dosis. Hoeveelheden CaO van 25 en 50 mg/l hebben zeer weinig effect. De praecipiteerende werking van kalk wordt pas merkbaar bij toevoeging van 100 mg/l CaO. Deze hoeveelheid bewerkstelligt bovendien een relatief grootere reiniging dan 150 en 200 mg/l. Dit blijkt b.v. duidelijk uit de volgende getallen (serie A):

Toevoeging van de eerste, tweede, derde resp. vierde dosis van 50 mg/l CaO geeft een vermindering in KMnO₄-verbruik van:

218 — 209 = 9 mg/l
209 — 139 = 70 „
139 — 135 = 4 „
135 — 124 = 11 „

De optimale dosis ligt blijkbaar in de buurt van 100 mg CaO.

Bij toevoeging van 50 mg/l CaO daalt het permanganaatverbruik van het water practisch niet; 100 mg/l veroorzaakt een sterke vermindering, terwijl het permanganaatverbruik bij toevoeging van 150 en 200 mg/l gelijk is aan dat bij 100 mg/l.

Conclusie.
Afzonderlijke verwijdering van de grove zwevende stof uit het Bandoengsche rioolwater is bij praecipitatie met kalk niet noodig.

De directe praecipitatie heeft het voordeel, dat de zuivering kan geschieden in de helft van den tijd, die voor de gefractioneerde praecipitatie noodig is (dus in 1½ — 2 in plaats van 3 — 4 uur).

Dit beteekent voor de practijk, dat de afmetingen van een technische installatie twee maal zoo klein zouden genomen kunnen worden.

Een hoeveelheid van 100 mg/l CaO had het gunstigste effect.

3. De praecipiteerende werking van kalk, toegevoegd als kalkmelk en als verzadigde kalkoplossing.

Bij de praecipitatie met kalk stijgt de pH van het water. Dit is ten aanzien van de methaangisting, in verband met de zwak zure reactie van het in de Imhoff tank tredende rioolvocht, een voordeel. Een nadeel van de kalkpraecipitatie is echter de groote hoeveelheid kalk, die noodig is.

Op zichzelf vormt dit nog geen groot bezwaar, daar de prijs van kalk laag is, maar de slechte oplosbaarheid vormt hier een hinderpaal. Per cm³ lost in dit water slechts 1,1 mg CaO op en daar per liter 100 mg CaO noodig zijn, moet men dus 100

— = 91 cm³ kalkwater of bijna 1/10 van het 1,1

volume van het afvalwater toevoegen. Dit is natuurlijk practisch moeilijk te verwezenlijken. Daarom werd getracht de praecipitatie met kalkmelk i.p.v. kalkwater uit te voeren.

In de practijk zou dit zoodanig moeten worden uitgevoerd, dat de kalkmelk op eenigen afstand vóór de tank werd toegevoegd, zoodat de kalkdeeltjes gelegenheid kregen om op te lossen.

Bij de proeven bleek echter, dat zelfs na ½ uur roeren het grootste deel der kalkdeeltjes onopgelost bleef. De praecipitatie met kalkmelk was dan ook zeer onvolledig (zie tabel VI).

Tabel VI.
PRAECIPITATIE VAN RIOOLWATER MET KALK-
WATER EN KALKMELK
na ½ uur mengen.

Toegevoegde hoeveelheid CaO	o	100 mg/l CaO als kalkwater	100 mg/l CaO als kalkmelk	100 mg/l CaO als kalkmelk
		100 cm ³ à 1 mg	10 cm ³ à 10 mg	1 cm ³ à 100 mg
Bezinkstoffen (cm ³ /l).....	7,5	10	8	9
Org. stof (KMnO ₄)....	190	130	177	190
Hardheid (D°)..	7,9	12,0	11,5	10,2
Toename CaO (mg/l).....	—	41	36	23
Neergesl. CaO (mg/l).....	—	59	64	77
pH.....	6,7	9,2	9,2	9,2

Discussie.

Het langzame oplossen van de kalk moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan de vorming van een dun laagje neergeslagen slib om de kalkdeeltjes.

Conclusie.

De praecipitatie met verzadigde kalkoplossing is veel effectiever dan met kalkmelk, doch praktisch zeer bezwaarlijk.

4. De praecipiteerende werking van ferrisulfaat op ruw en bezonken rioolwater.

Een vergelijkend onderzoek aangaande de praecipiteerende werking van ferrisulfaat en ferrichloride werd ingesteld.

Hierbij werd het ferrichloride niet effectiever bevonden dan het ferrisulfaat, zoodat de voorkeur voor het ferrichloride, die door verschillende onderzoekers wordt uitgesproken (Edwards²⁾, Enslow³⁾) door de schrijvers niet wordt gedeeld.

Het lijkt overigens twijfelachtig of eenige voorkeur terzake feitelijkten zin heeft, daar afvalwater meestal chloor en sulfaat in wisselende hoeveelheden bevat, zoodat van het anion van het toegevoegde ijzerzout geen dominerende werking verwacht kan worden. Ook in het Bandoengsche rioolwater varieren de chloor- en sulfaatgehalten met verschillen van rond 100 mg/l.

Daar bovendien alleen het ferrisulfaat op Java in gemakkelijk transportabelen vorm te verkrijgen was, werd bij dit onderzoek uitsluitend het laatste gebezigd.

Een hoeveelheid rioolwater (permanganaatverbr. 316 mg/l) werd in tweeën verdeeld; de eene helft werd direct vermengd met verschillende hoeveelheden van een ferrisulfaat-oplossing (serie C), terwijl de andere helft eerst met de chemicaliën bedield werd, nadat de grove zwevende stoffen door 2 uur rustig staan, bezonken en door afschenken verwijderd waren (serie D).

De oplossing van ferrisulfaat bevatte 1 mg Fe/cm³. Per liter werd toegevoegd resp. 0; 10; 15; 20; 25 en 30 cm³, hetgeen dus overeenkwam met een doseering van 0; 10; 15; 20; 25 en 30 mg Fe per liter afvalwater. De resultaten van deze praecipitaties zijn in de volgende tabellen VII en VIII en in fig. 2 weergegeven.

Tabel VII (bij fig. 2).

Serie C: RUW RIOOLWATER MET FERRISULFAAT.

Toegevoegd Fe (mg/l)	0	10	15	20	25	30
Bezinkstoffen (cm ³ /l)	7	13	20	20	20	20
Org. stof (KMnO ₄)	198	107	88,5	78,8	69,4	69,4
Droogrest	560	730	580	460	440	460
Gloeirest	350	570	460	360	310	330
Gloeiverlies	210	160	120	100	110	130
pH	7,3	7,1	6,9	6,8	6,7	6,6

Tabel VIII (bij fig. 2).
Serie D: BEZONKEN RIOOLWATER MET FERRISULFAAT.

Toegevoegd Fe (mg/l)	0	10	15	20	25	30
Bezinkstoffen (cm ³ /l)	0	9	13	19	23	23
Org. stof (KMnO ₄)	198	98,0	82,2	72,6	60,0	60,0
Droogrest	560	460	480	490	450	460
Gloeirest	350	350	360	350	350	340
Gloeiverlies	210	110	120	130	100	120
pH	7,3	7,1	6,9	6,8	6,7	6,6

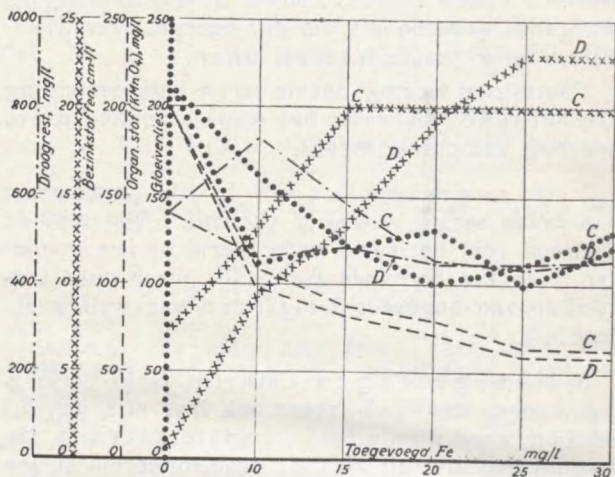


Fig. 2. Resultaten der praecipitatie van ruw (C) en bezonken (D) rioolwater met ferrisulfaat.

Discussie.

1) Bezinkstoffen. Evenals bij kalktoevoeging is de hoeveelheid bezinkstoffen bij directe praecipitatie (serie C) iets kleiner, dan de totale hoeveelheid bij fractioneerende praecipitatie (serie D). Ook hier wijst het kleinere slibvolume niet op een minder volkomen reiniging, doch op een meer compacte structuur van het coagulaat.

Dat het slib bij directe praecipitatie een kleiner volume inneemt, kan een voordeel zijn, wanneer diens gevolg de ruimte voor de rotting van het slib kleiner kan zijn.

2) Organische stof. De verschillen in de uitkomsten van beide series zijn niet groot. Wel zijn de waarden voor het ruwe water (serie C) iets hoger, maar deze verschillen van 6,2 — 9,4 mg/l zijn, evenals bij de kalktoevoeging, voor de praktijk van weinig betekenis.

3) Gloeiverlies. De getallen voor het gloeiverlies, dat evenals het permanganaatverbruik een maat is voor de hoeveelheid organische stof, die nog in oplossing gebleven is, zijn voor beide series ongeveer gelijk.

4) Optimum dosis. Toevoeging van meer dan 25 mg Fe per liter heeft geen invloed op de coagulatie. De cijfers voor permanganaatverbruik en gloeirest nemen bij toevoeging van meer dan 25

2) Sew. Works Journal 6, 444 (1934).

3) Waterworks and Sew. 80, 393 (1933).

mg/l Fe niet meer af en de hoeveelheid neerslag neemt toe.

Een dosis van 20 — 25 mg/l Fe heeft dus het sterkst reinigend effect.

5) *Z u u r g r a a d*. Het zuur reagerende ferrisulfaat veroorzaakt een daling van de *pH* van het water. Bij toevoeging van 20 en 25 mg/l Fe draagt deze resp. 0,5 en 0,6 eenheden.

Deze verzuring moet als een ongunstige factor beschouwd worden, want voor de uitroting van het slib is juist een zwak alkalische reactie noodzakelijk.

Conclusie.

Evenals bij de kalkbehandeling is ook bij toevoeging van ferrisulfaat een voorafgaande verwijdering van de grove zwevende stoffen uit het onderzochte rioolwater niet noodig, zoodat hier ook t.a.v. de tijd- en ruimte-besparing hetzelfde geldt.

Deze resultaten zijn in overeenstemming met de uitkomsten van vele Amerikaansche onderzoeken ⁴⁾.

Een ongunstige omstandigheid is hier de daling van de *pH*.

5. Vergelijking van de resultaten verkregen met kalk- en met ijzer-precipitatie.

Eenige monsters rioolwater werden geprecipiteerd met kalk (100 mg/l CaO) en een aantal andere met ferrisulfaat (20 mg/l Fe).

De bepaling van het reinigend effect van beide bewerkingen geschiedde aan de hand van het permanganaatverbruik.

De resultaten zijn weergegeven in de tabellen IX en X.

4) Zie o.a. Rudolfs and Gehm: *Sew. Works Journal* 8, 423 (1936).

Discussie.

Wij zien uit deze gegevens, dat de opgeloste stoffen globaal genomen met 50% afnemen, terwijl de totale reiniging van het water een bedrag van ongeveer 75% bereikt.

Het permanganaatverbruik van het effluent bedraagt ongeveer 100 mg/l, afgezien van één geval, toen werd uitgegaan van een zeer sterk verontreinigd watermonster (ruw water: KMnO_4 -getal 632, na kalk 230, na ferrisulfaat 226).

Conclusie.

De verschillen in de resultaten der beide werkwijzen zijn gering. Het gemiddelde effect van behandeling met ferrisulfaat is in deze reeksen iets grooter dan bij kalkprecipitatie (resp. 52 en 43%), maar gezien de spreiding van de afzonderlijke cijfers onderling (32 — 61% voor kalk en 42 — 60% voor ferrisulfaat) kan hier geen groote waarde aan gehecht worden.

6. Precipitatie met ferrisulfaat bij verschillende waterstof-ionenconcentratie.

Tenslotte werd de precipitatie met ferrisulfaat onderzocht bij verschillende waterstof-ionenconcentraties. Hiertoe werd aan de vloeistof zooveel zuur of loog toegevoegd, dat na menging met de vereischte dosis ijzerzout de juiste *pH* werd verkregen.

De resultaten (gemiddelden van 10 proeven) zijn weergegeven in fig. 3.

Tabel IX.

PERMANGANAATVERBRUIK VAN EENIGE MONSTERS RIOOLWATER NA BEHANDELING MET KALK.

Ruw water	Bezonden water zonder toevoeging van chemicaliën	Water na kalktoev.	Vermindering v/d opgeloste organische stof door kalk	Totale reiniging bij kalktoevoegingen
322	218	139	218-139= 79 of 37%	322-139= 183 of 58%
474	249	133	249-133= 116 of 46%	474-133= 341 of 72%
404	158	84	158- 84= 74 of 45%	404- 84= 320 of 80%
632	376	146	376-146= 230 of 61%	632-146= 486 of 78%
404	193	129	193-129= 64 of 34%	404-129= 275 of 69%
322	190	130	190-130= 60 of 32%	322-130= 192 of 60%
			gemiddeld 43%	gemiddeld 70%

Tabel X.

PERMANGANAATVERBRUIK VAN EENIGE MONSTERS RIOOLWATER NA BEHANDELING MET FERRISULFAAT.

Ruw water	Bez. water zonder toevoeging v. chemicaliën	Water na toev. v. ferrisulfaat	Vermindering v/d opgeloste stof door ferrisulfaat	Totale reiniging bij toevoeging van ferrisulfaat
316	198	79	198- 79= 119 of 60%	316- 79= 237 of 75%
474	249	145	249-145= 104 of 42%	474-249= 329 of 69%
632	376	150	376-150= 226 of 60%	632-150= 482 of 76%
424	221	103	221-103= 118 of 54%	424-103= 321 of 77%
480	218	111	218-111= 107 of 51%	480-111= 369 of 77%
424	202	95	202- 95= 107 of 54%	424- 95= 329 of 79%
354	183	85	183- 85= 98 of 54%	354- 85= 269 of 76%
297	158	82	158- 82= 76 of 46%	297- 82= 215 of 72%
322	190	98	190- 98= 92 of 48%	322- 98= 224 of 70%
			gemiddeld 52%	gemiddeld 75%

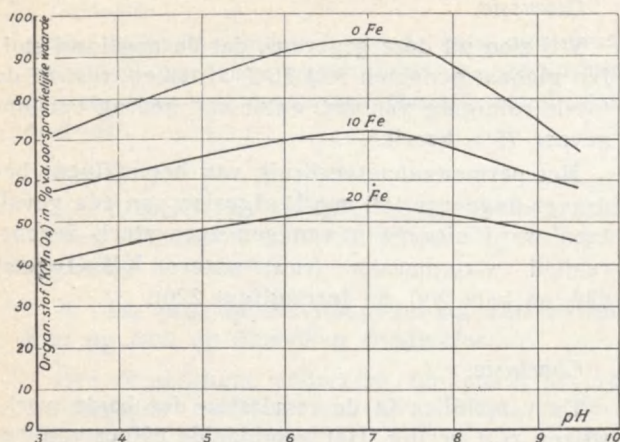


Fig. 3. Resultaten der praecipitatie met ferrisulfaat bij verschillende waterstof-ionenconcentraties.

Discussie.

Zoowel in het zure als het alkalische gebied verloopt de coagulatie beter, dan bij neutrale reactie.

Naarmate echter meer ijzer voor de coagulatie wordt toegevoegd, wordt de invloed van de waterstof-ionenconcentratie kleiner. De curve voor 20 mg/l Fe verloopt vlakker, dan die voor 10 mg/l, terwijl de sterkste invloed van de pH werd waargenomen, als de vloeistof zonder toevoeging van ferrisulfaat met zuur of loog werd vermengd.

De lijnen voor het permanganaatverbruik vertoonen een analoog verloop, als die welke gevonden werden door Rudolfs en Gehm ⁵⁾ voor de troebeling van het gecoaguleerde water.

Deze schrijvers vonden bovendien, dat de coagulatie bij een $pH < 3$ weer slechter wordt, tengevolge van peptisatie van een deel van de gecoaguleerde stoffen.

Ook hier werd een dergelijk verschijnsel ge-

5) *Sew. Works Journal* 8, 195 (1936).

constateerd, dat echter niet systematisch werd onderzocht, aangezien het voor de practijk van minder belang is. Welke praktische voordeelen de coagulatie in zuur resp. alkalisch milieu biedt, zal nog moeten blijken. In verband met de zure reactie van het bij zure praecipitatie verkregen slib, die de methaangisting waarschijnlijk ongunstig beïnvloedt en die kans op aantasting van het beton geeft, lijkt aanzuren van het afvalwater minder aantrekkelijk, terwijl voor alkalische coagulatie toevoeging van groote hoeveelheden kalk noodig is, voordat een aanmerkelijk betere klaring wordt verkregen dan bij toevoeging van ferrisulfaat alleen.

Bovendien is bij dit onderzoek gebleken, dat de hoeveelheid zuur of loog, die noodig is voor de instelling van het water op een bepaalde pH, verre van constant is, zoodat de doseering van zuur resp. loog niet eenvoudig is.

Waar tenslotte blijkt, dat de invloed van de pH bij toevoeging van 20 mg/l Fe betrekkelijk gering is, zullen de moeilijkheden verbonden aan het coaguleeren bij een constante pH waarschijnlijk niet opwegen tegen de aan de methode verbonden voordeelen.

Een en ander zal in de practijk nader getoetst moeten worden. Hierbij zal tevens worden nagegaan, welke pH het gunstigst is voor de slibrotting in de onderhavige installatie.

Conclusie.

Bij coagulatie van het afvalwater met ferrisulfaat werd een minimum-effect bij een $pH = 7$ waargenomen.

Naarmate meer ferrisulfaat wordt toegevoegd, neemt de invloed van de waterstof-ionenconcentratie af, zoodat de coagulatie-curve vlakker wordt.

Bij sterke wisselingen in de pH van het zure afvalwater kan toevoeging van ferrisulfaat ook in dit verband van practisch nut blijken.

Luchtbehandeling in spoorwegrijtuigen in de tropen

door

ir. J. Ch. H. BROUWER,

Chef v. d. Dienst v. Tractie en Materieel der S. J. S. en S. C. S. te Semarang.

(Gedeeltelijk voorgedragen voor de leden van de Groep Ned.-Indië van het Kon. Inst. van Ingenieurs, Kring III, te Semarang, den 4den September 1937).

In 1936 werd aangevangen met het onderzoek van het luchtbehandelingsvraagstuk in de tropen in het algemeen door het Laboratorium voor Technische Hygiëne en Assaineering te Bandoeng onder leiding van prof. dr. ir. C. P. M o m.

Eenige resultaten van dit onderzoek werden gepubliceerd in *De Ingenieur in Nederlandsch-Indië* no. 4 — 1937.

Ongeveer gelijktijdig werd dit vraagstuk, echter speciaal met het oog op toepassing in spoorwegrijtuigen, aangevat door de Semarang-Cheribon Stoomtram-Maatschappij. Hierbij werd zeer nauw

samengewerkt met het Laboratorium voor Technische Hygiëne en Assaineering.

Het vraagstuk van de luchtbehandeling in spoorwegrijtuigen heeft zeer speciale moeilijkheden.

In het artikel van ir. D. J. M i n k in *De Ingenieur* van 16 Juni 1933 no. 24 (W. 79) is de toenmalige stand van zaken in Amerika uitvoerig uiteengezet.

Tevens zijn daar opgesomd de eischen, waaraan de luchtbehandelingsinrichting in spoorwegrijtuigen moet voldoen en is een overzicht gegeven van de toegepaste systemen.

Is luchtbehandeling voor de tropen in het algemeen reeds van grooter belang dan voor de gematigde luchtstreken, omdat hier de luchtcondities het geheele jaar door ver buiten het behaaglijkheidsgebied liggen, voor spoorwegrijtuigen geldt dit nog in versterkte mate. Wegens de klimatologische omstandigheden staan steeds alle ramen open en zijn juist de bijkomende voordeelen van een goede luchtbehandeling n.l. vrijheid van roet en stof en beperking van de geluidsintensiteit van nog grooter belang dan elders.

Ir. Mink stelde in zijn artikel de volgende eischen, waaraan een goede luchtbehandelingsinstallatie voor spoorwegrijtuigen in het algemeen moet voldoen.

- 1) De installatie moet goed regelbaar zijn en zich gemakkelijk kunnen aanpassen aan een zeer vlugge wisseling van de atmosferische omstandigheden in een verschillend klimaat.
- 2) Aparte bediening der installatie is practisch onmogelijk, zoodat deze automatisch en volkomen bedrijfszeker moet werken.
- 3) De rijtuigen moeten onafhankelijk van elkaar zijn in verband met de formatie van de treinen en het rangeeren.
- 4) De vorm van de verschillende soorten rijtuigen stelt geheel aparte eischen aan de luchtverdeling. De temperatuur en de luchtbeweging moeten zeer gelijkmatig zijn. Daarmede mag de zoozeer gevreesde „trek”, die een gevolg is van te groot temperatuursverschil, gecombineerd met te groote luchtsnelheid, niet voorkomen.
- 5) De installatie moet zoowel bij stilstand als tijdens den rit kunnen werken. In verband daarmede kan worden gewezen op de noodzakelijkheid van voorcoeling op de stations.
- 6) Een bewegend rijtuig is lastiger voor de keuze van een geschikte krachtbron dan een landinstallatie. Het medevoeren van een accumulator voor het leveren van de kracht en een waterreservoir voor het koelwater verhoogt op abnormale wijze den dooden last.
- 7) De geheele installatie moet in een kleine ruimte zijn aan te brengen, terwijl het gewicht niet groot mag zijn. Verder moet de installatie goedkoop in aanschaffing en exploitatie zijn.

Beziet men deze algemeene eischen speciaal met het oog op de tropen, dan komt men tot het volgende.

In de tropen met hun gelijkmatig warm en vochtig klimaat komt eisch 1) vrijwel geheel te vervallen.

Eisch 5) behoeft ook niet onverminderd gehandhaafd te worden. Bij niet te lange stationnementen blijkt het niet hinderlijk, wanneer dan de geheele installatie gestopt wordt en slechts de ventilatoren doordraaien. Deze concessie beperkt aanzienlijk de benodigde capaciteit van de accubatterij en daarmede den dooden last. Ook is het voorcoelen op de stations niet noodzakelijk gebleken, ja zelfs blijkens de ervaring in de tropen niet eens gewenscht.

Een van de ondervonden geringe bezwaren is het gevoel van koude, dat wordt ondervonden gedurende de eerste minuten na het betreden van het compartiment. Wordt eerst met de luchtbehandeling aangevangen bij vertrek van het beginstation, dan vindt overgang geleidelijker plaats.

De eischen 2), 3), 4), 6) en 7) blijven onverminderd van kracht. Bij eisch 7) valt op te merken, dat, waar in de tropen de installatie constant in gebruik is gedurende het geheele jaar, hier de eisch van goedkoop exploitatie overweegt boven die van goedkoop aanschaffing.

In Amerika worden een drietal systemen veel toegepast n.l.:

- a) Koeling met behulp van ijs;
- b) Koeling met behulp van een electrisch gedreven compressie koelmachine;
- c) Waterdampkoelinstallatie met stoomstraalapparaat.

Het laatste systeem wordt met veel succes door Carrier toegepast. Nu is in Amerika met het oog op de stoomverwarming in den winter toch steeds een stoomleiding in alle rijtuigen aanwezig. In de tropen is dit niet het geval en zou koeling van enkele rijtuigen in verband met eisch 2) de aanbrenging van stoomleidingen in een zeer groot aantal rijtuigen eischen. Daarom komen in de tropen alleen de systemen a) en b) in aanmerking.

In een vochtig warm klimaat zal echter droging door middel van afkoeling steeds oneconomisch werken, omdat te ver moet worden afgekoeld om voldoende waterdamp te condenseeren, waarna weer sterk verwarmd moet worden om geen te groot temperatuursverschil met de buitenlucht te krijgen. Systemen, waarbij de droging plaats heeft door adsorptie, zijn dus speciaal in de tropen aantrekkelijk. Echter zijn deze nog niet geschikt voor practisch gebruik in spoorweginstallaties. Op den duur liggen hier wellicht echter nog groote mogelijkheden.

Welk van de twee overblijvende systemen: ijs- of machinekoeling de voorkeur verdient, is een economisch probleem, dat alleen kan worden opgelost, wanneer bekend is, de grootte en de bedrijfsduur van de installatie, waarom het gaat. Eerst aan het einde van dit artikel zal ik daarom hier verder op in gaan.

Toen aangevangen werd met de proeven bij S. C. S. was het behaaglijkheidsgebied voor de laagvlakte (Batavia) nog niet bepaald.

Daarbij is het nog van groot belang welk punt binnen het behaaglijkheidsgebied men bereikt. In een spoorwegrijtuig moet een zeer groot deel van het publiek de condities behaaglijk vinden, anders is de installatie niet loonend. Volgens prof. M o m moet voor luchtbehandeling overdag gestreefd worden naar een punt, gelegen in de warme droge zone van het behaaglijkheidsgebied, om den overgang minder bezwaarlijk te maken.

Dit brengt echter mede een sterke droging, dus een groote koelinstallatie gevolgd door een sterke herverwarming, die hetzij een groote energiehoe-

veelheid vraagt, hetzij zeer groote, zware en moeilijk onder te brengen warmteuitwisselingsinstallaties.

Voor spoorwegrijtuigen zal men zich daarom dienen te beperken tot het bereiken van een punt meer in het midden van het behaaglijkheidsgebied gelegen en de practijk moet uitwijzen hoever men zich zonder ernstig bezwaar van de door prof. M o m meest wenschelijk geachte condities mag verwijderen.

Hiertoe waren derhalve proeven noodzakelijk, evenzoo voor de bepaling van de noodzakelijke luchtversching en totale luchtbeweging.

Daarom werd besloten de 1ste klasse afdeeling van een rijtuig 1e en 2e klasse uit te rusten met een proefinstallatie. Dit compartiment, inhoud $\pm 30 \text{ m}^3$, instralend oppervlak $\pm 65 \text{ m}^2$ werd rondom inwendig geïsoleerd met $\frac{1}{2}$ " Donna Cona (= geperste houtvezel) platen.

Als isolatie was aanwezig:

Vloer. Dubbele houten vloer, opgevuld met houtkrullen, daarop Donna Conaplaat.

Zoldering. Gegolfd ijzerdak, luchtlaag, houten dak met daklinnen bedekt, luchtlaag, houten schrootjes, Donna Conaplaat.

Zijwanden. Houten buitenwand, luchtlaag, houten binnenwand, Donna Conaplaat.

Scheidingswand, zijde toilet en bagageruimte. Enkele houten wand met Donna Conaplaat.

Kopvlak bordeszijde. Houten schrootjes, luchtlaag, paneelen, Donna Cona.

Deuren naar bordes en in scheidingswand. Enkele houten deuren zonder isolatie.

Ramen. Aangebracht werden goed passende dubbele spiegglasramen, de naden afgedekt met vilt.

In het proefrijtuig werd de binnenbetimmering, gedacht uit triplex plaat en masonite plaat benevens een rubbermat voor den vloer, nog niet aangebracht.

Er werd niet beschikt over een as-dynamo van voldoende vermogen. Daarom werd in de 2e klasse afdeeling opgesteld een Chevrolet 6 cylinder benzinemotor, met een riemschijf bevestigd aan het vlieg wiel. De hoeveelheid koelwater was vergroot door enkele fusten water in te schakelen.

Met een riem werd een gelijkstroom dynamo aangedreven, die zijn stroom afleverde aan een schakelbord, eveneens opgesteld in het 2e klasse-compartiment.

De eigenlijke koelinstallatie moest worden samengesteld uit eenheden, bestemd voor stationnair gebruik, welke in voorraad waren bij de firma v a n S w a a y, vertegenwoordigster van de C a r r i e r Cy.

In de „machinekamer” werd opgesteld een electrisch gedreven Carrier Brunswick freon compressor. De freon werd gevoerd naar een bevloede watersparende condensor. De gecondenseerde freon ging naar de flesch reserve-freon en dan door een leiding naar de ruimte tusschen dak en bordesplafond. Daar waren aangebracht de

terugslagklep, de expansieklep en de luchtkoeler met ventilator.

De freon passeerde de kleppen en den koeler en werd door een leiding teruggevoerd naar de zuigzijde van den compressor.

Heen- en terugleiding van de freon waren langs elkaar gelegd en tezamen geïsoleerd. Zodoende wordt de freon in de persleiding nog nagekoeld door de terugkeerende freon.

De buitenlucht werd opgevangen in een klein schoorsteentje met naar de rij-richting verstelbaren luchtvanger op het bordesdak en passeerde dan een luchtfilter, bestaande uit twee stukken kopergaas met staalkrullen ertusschen.

Daarna vond menging plaats met de retourlucht, waarna de gezamenlijke in te voeren lucht door den luchtventilator over den koeler werd geblazen. Ze komt dan via een rooster, bestaande uit een rij draaibare verticale reepjes metaal en eenzelfde rooster, bestaande uit een rij draaibare horizontale reepjes metaal (om den luchtstroom te kunnen richten) het compartiment binnen.

De rechthoekige inblaasopening ligt boven de bordesdeur, midden in het compartiment, vlak onder de zoldering. Langs de zoldering wordt in langsrichting in het midden van het rijtuig dus een stroom koele lucht geblazen.

Hieruit zakt overal een dalende koude luchtstroom omlaag, terwijl de warmere benedenlucht opstijgt. Een gedeelte van de lucht lekt door de naden weg naar buiten.

(Er is binnen een geringe overdruk, die belet dat stof en warme buitenlucht binnendringt).

Door twee openingen, aan weerszijden van de inblaasopening boven in den bordeswand gelegen, wordt een gedeelte van de lucht weer door de fan aangezogen en, gemengd met verse lucht, opnieuw door den koeler geblazen.

De zuivering van de retourlucht van rookdeeltjes en geurtjes en de nazuivering van de verse lucht geschiedt in den koeler, waar zich tusschen de dicht opeenstaande ribben steeds een gordijn van fijn verdeeld condenswater bevindt, dat de lucht wast.

Het condenswater wordt in een bak opgevangen en door een pijpje naar onder het rijtuig afgevoerd.

De luchtvanginrichting werkte slecht. Reed het rijtuig met de gekoelde afdeeling aan de voorzijde, dan werd inderdaad verse lucht gevangen. In tegenovergestelde richting rijdend kwam practisch in het geheel geen verse lucht binnen. In het eerste geval werd waarschijnlijk door de treinsnelheid (75 km/h) lucht naar binnen gedrukt uit de wervelingen tusschen het proefrijtuig en het voorafgaande rijtuig, in het laatste geval werd een laag lucht boven het rijtuigdak meegevoerd, waardoor de luchtvang niet werkte.

Nu wordt voor spoorweggebruik steeds een ventilator gebezigd met grooter aanzuigvacuum en dan is een luchtvanginrichting overbodig.

Wij beschikten echter slechts over de met gering aanzuigvacuum werkende ventilatoren voor stationaire installaties.

Na verwisseling van den ventilator door een grooter type en aanbrengen van een opening, waardoor een gedeelte der ingevoerde lucht kon ontvijken, aangezien er te weinig kieren en naden waren om voldoende lucht daardoor kwijt te raken, werd een meer bevredigende toestand bereikt, ook al bleef vooruitrijdende de hoeveelheid verse lucht aanzienlijk grooter dan achteruitrijdend.

Oorspronkelijk werd in het proefcompartiment een temperatuur van ongeveer 22,5 à 23,8° C (72,5 à 74,8° F) bij een relatieve vochtigheid van 66 à 61% verkregen.

Deze toestand ligt binnen het behaaglijkheidsgebied, doch in het koude vochtige deel ervan.

Een groot gedeelte der proefpersonen vond na eenigen tijd de condities te kil.

Blijkaar was de warmte-instraling onvoldoende.

Getracht werd dit te verbeteren door wegnemen van de Donna Cona laag van het plafond en inderdaad werd toen een betere toestand verkregen, nl. ± 76 à 78° F ($24,5$ à $25,5^\circ$ C) bij een relatieve vochtigheid van 60 à 55%, welke goed voldeed.

Echter bleek deze oplossing een groot nadeel te bezitten. Bij den oorspronkelijken toestand was de sterke geluids-isolatie als zeer aangenaam opgevallen. Men kon zonder stemverheffing over het geheele compartiment spreken en iedereen viel op, hoezeer dit bijdroeg tot vermindering van de vereisdheid. Deze geluidsdemping is een zeer belangrijk voordeel van air-conditioning in spoorwegrijtuigen.

De wegneming van de isolatie van het plafond verminderde de geluidsdemping belangrijk. Dit nadeel werd zoo groot geacht, dat van deze oplossing werd afgezien.

Aangebracht werd daarom tusschen luchtkoeler en roosters een elektrische verwarming, bestaande uit 3 boven elkaar geplaatste spiralen, elk afzonderlijk uitschakelbaar.

Op deze wijze konden dezelfde condities bereikt worden met behoud van de geluids-isolatie.

Deze condities liggen ongeveer in het midden van het behaaglijkheidsgebied en bleken derhalve een goed compromis te zijn.

Nu is het vraagstuk van de luchtbehandeling er niet één van uitsluitend temperatuur en vochtigheid. Even belangrijk en moeilijker te beheerschen is de luchtbeweging. In een spoorwegrijtuig in Ned.-Indië is dit des te moeilijker bevredigend op te lossen, omdat in een spoorwegrijtuig in een zeer kleine ruimte veel personen langen tijd bijeen zijn en dus een zeer snelle algeheele verwisseling van de luchthoeveelheid moet plaats hebben. Daarbij is het publiek in de tropen gewend aan veel frissche lucht, terwijl tenslotte de Hollander een specifiek nationale angst voor „tocht” heeft. Amerikanen bijv. kunnen daar in het algemeen veel beter tegen.

In Amerika wordt algemeen $\pm 0,35$ m³ verse lucht per reiziger per minuut voldoende geacht. Deze hoeveelheid werd algemeen in het proefrijtuig wat te gering gevonden. Noodig bleek ongeveer 0,5 m³/min. per reiziger verse lucht bij een totale luchtbeweging van 2 à 2,5 m³ per reiziger per minuut.

Bij het proefcompartiment bedroeg zoo de noodzakelijke verwisseling $8 \times 2 \text{ à } 2,5 = \pm 20$ m³/min. neerkomend op algeheele verwisseling van de lucht in $\pm 1\frac{1}{2}$ minuut.

Daarbij bleek, dat een luchtsnelheid grooter dan 50 cm/sec of hoogstens 75 cm/sec door verschillende personen als tocht werd gevoeld. De luchtsnelheid ter plaatse van de reizigers moet dus beneden 75 cm/sec en liefst beneden 50 cm/sec blijven, terwijl nergens doode hoeken mogen zijn. Vanzelfsprekend moet dan boven de hoofden een belangrijk hogere snelheid aanwezig zijn, wil de luchtversching voldoende zijn.

Nadat ook deze eischen tennaastebij verwerkelijkt waren, bleek het verkregen resultaat vrijwel algemeen als behaaglijk te worden onderhouden.

Ondertusschen waren bij de Federated Malay States Railways (F. M. S. R.) een tweetal nieuwe rijtuigen in dienst gesteld met een airconditioningsinstallatie systeem Stone.

Teneinde de daarmede bereikte resultaten te vergelijken met die van onze proefinstallatie, maakten de Hoofdvertegenwoordiger der S. C. S. en schrijver dezes een studiereis naar Malakka.

Wij werden daarbij, behalve door vertegenwoordigers van de fa. Stone vergezeld door den assistent van prof. M. O. M. J. A. Wiesebroun, die de noodige metingen verrichtte, evenals hij dit in ons proefrijtuig had gedaan.

Deze rijtuigen rijden tusschen Kuala Lumpur en Prai (het station van de op het eiland Penang gelegen stad Georgetown), over welk traject $\pm 9\frac{1}{2}$ uur wordt gereden.

De zeer fraaie en moderne stalen rijtuigen zijn beschreven in *The Railway Gazette* van 20 November 1936. Een beschrijving met duidelijke foto's van rijtuigen met een airconditioningsinstallatie van gelijke constructie, in gebruik bij de Victorian Railway (Australië) is te vinden in *The Railway Gazette* van 3 April 1936.

De rijtuigen zijn geheel „airconditioned” met uitzondering van de bordessen en het toilet.

Het „airconditioned” gedeelte, inhoud ± 70 m³, instralend oppervlak ± 133 m², bestaat uit een afdeeling met 6 losse clubfauteuils aan elke zijde naast een middenpad in open verbinding met een dergelijke afdeeling van 2×4 fauteuils. Dan volgt een dwarsgang met een klein bagagerek en dan een compartiment met 2 dwarsbanken voor 2 personen tegenover elkaar, geheel afgesloten en door een schuifdeur in verbinding met een zijgang.

Zelfsluitende deuren geven aan beide zijden toegang tot het gedeelte voorzien van luchtbehandeling. In dat gedeelte zelve zijn geen deuren aanwezig, behalve de schuifdeuren tusschen zijgang

en 4-persoons compartiment. (De plattegrond in *The Railway Gazette* is in dit opzicht niet juist, daarin staan ook deuren geteekend tusschen 12-persoons en 8-persoons afdeeling en tusschen 8-persoons afdeeling en dwarsgang).

De rijtuigkasten hebben plaatijzeren zijwanden en een luchtlaag als isolatie tusschen buiten- en binnenwand. De spleet tusschen de beide wanden is naar beneden open.

De binnenwanden en de zoldering zijn voorzien van kurkisolatie afgedekt met triplex, de zijwanden daarna beplakt met Rexine.

Kurkisolatie is ook aangebracht tusschen de dubbele vloeren.

De ramen zijn dubbel uitgevoerd. Het buitenraam is van speciaal glas, dat weinig warmtestralen doorlaat en kan noch uitgenomen noch geopend worden. Het binnenraam is van gewoon spiegelglas. Het heeft aan de onderzijde twee pennetjes, grijpend in uitsparingen in het benedenkozijn, aan de bovenzijde een slot, dat met een rijtuigsleutel is te openen. Het binnenraam kan dus door het personeel worden uitgenomen.

De lucht wordt aangezogen door van kopergaas voorziene openingen in de benedenpaneelen van de deuren van een der gesloten balcons. De lucht komt dus in dat balcon en gaat door een opening in het plafond tusschen plafond en dak, wordt daar gemengd met retourlucht, gaat verder door een oliefilter, passeert de koelspiralen en wordt door een dubbele centrifugaalfan geblazen in een luchtkanaal, dat in het midden in langsricting van het rijtuig boven het plafond ligt.

Op verschillende plaatsen heeft dit kanaal door roosters afgesloten openingen naar beneden, waardoor de lucht in het rijtuig blaast. De hoeveelheid lucht, die door elk afzonderlijk rooster gaat, is te regelen bij de montage door een boven elk rooster in het kanaal aangebracht verstelbaar geleideschermpje.

Een gedeelte van de lucht ontsnapt door openingen in de zijwanden, dicht bij den vloer aangebracht, naar de ruimte tusschen binnen- en buitenzijwand, welke naar beneden in open verbinding is met de buitenlucht.

Een ander gedeelte stroomt terug naar openingen, aangebracht beneden in den dubbel uitgevoerden scheidingswand tusschen balcon met inkomende lucht en 12-persoons compartiment en komt tusschen die dubbele wanden door weer terecht bij de inkomende lucht.

Opdat een gedeelte van de lucht uit het 4-persoons compartiment, ook bij gesloten schuifdeuren kan hercirculeren, is beneden in den scheidingswand tusschen dwarsgangetje en 4-persoons compartiment een met gaas afgesloten opening, die verbinding geeft via een koker onder het bagagerek door naar een eveneens met gaas afgesloten opening in den wand tusschen dwarsgangetje en 8-persoons compartiment.

De koelinstallatie, uitgezonderd de boven het balcon aangebrachte luchtkoeler, is opgehangen

onder het rijtuigframe. Zij bestaat uit een freon-compressor, door middel van V-riemen aangedreven door een 48-60 V gelijkstroom motor.

De freon gaat door een van twee aan weerszijden van den compressor aangebrachte luchtgekoelde condensers naar de boven het balcon aangebrachte expansieklep en luchtkoeler en wordt vandaar weer naar den compressor gezogen.

De arbeid, benodigd voor verlichting, compressor en fans wordt geleverd door een treindynamo, opgehangen aan het rijtuigonderstel.

De aandrijving van de dynamo (z.g. Dayton drive) geschiedt doordat op een der rijtuig-assen 2 groepen riemschijven zijn bevestigd, op elk waarvan 3 V-riemen loopen. Deze 6 V-riemen drijven een korte as, die tusschen 2 stellen riemschijven een kroonwiel draagt, opgesloten in een oliedicht carter. Dit geheel is opgehangen aan het truckframe. Een in langsricting van het rijtuig lopende telescopische as met aan beide zijden een cardan-koppeling wordt aan de eene zijde aangedreven door de pignon en drijft aan de andere zijde de dynamo aan.

Bij stilstand van het rijtuig wordt de stroom geleverd door een ijzer-nikkel treinbatterij.

Op de as van den gelijkstroommotor, die den compressor drijft, zitten aan weerskanten van de riemschijven de fans, die lucht aanzuigen voor koeling van de freon-condensers.

Gelijkstroommotor, compressor en condensers met fans zijn samen opgesloten in een onder het rijtuig bevestigde plaatijzeren kast.

Bij stilstand van het rijtuig kan de geheele installatie worden aangedreven met een draaistroommotor, aangesloten op het stadsnet.

Vergelijkt men dit rijtuig met het proefrijtuig van de S. C. S., dan blijkt, dat de aantallen zitplaatsen zijn resp. 24 en 8 bij een inhoud van resp. 70 m³ en 30 m³ en een vloeroppervlak van resp. 27,5 m² en 11 m². Per zitplaats geeft dit een inhoud van resp. ± 3 m³ en 4 m³ en een vloeroppervlak van resp. $\pm 1,15$ m² en 1,4 m².

Het klimaat in Malakka komt sterk overeen met dat van Java, alleen is het in Malakka nog iets warmer. Bij de proefritten op Java werd als buitentemperatuur hoogstens 33° C gevonden, terwijl volgens langdurige waarnemingen elk jaar eenige malen 34° C voorkomt.

Op Malakka namen wij tijdens ons verblijf 35,6 à 35,8° C waar.

Bij de rijtuigen der F. M. S. R. werd gestreefd naar een temperatuur van 77-79° F, hetgeen goed overeenstemt met de bij de S. C. S. als behaaglijk gevonden 76 — 78° F, vooral als men de hogere buitentemperatuur in Malakka in aanmerking neemt.

De bereikte vochtigheidsgraad was in Malakka wat hoger, n.l. 65 à 75% tegen 55 à 65% bij de S. C. S.

In Amerika gaat men veel lager en streeft men naar 45 à 55% r.v. Daar heeft men echter in het algemeen te doen met veel hoger buitentemperatuur, echter bij lage relatieve vochtigheid.

Het streven naar een geringe vochtigheid volgens Amerikaansche eischen zou een belangrijk grootere koelmachine eischen, terwijl de warmte-instraling onvoldoende zou zijn om de te sterk gekoelde lucht weer op behaaglijke temperatuur te brengen. Dit beteekent, dat een grootere mate van herverwarming zou noodig zijn, die of een groote hoeveelheid electrische energie zou eischen of groote, zware en moeilijk onder te brengen warmte-uitwisselingsinstallaties op het rijtuigdak.

Zoo beteekende het verschil in relatieve vochtigheid tusschen F. M. S. R. en S. C. S. al, dat in het eerste geval niet behoefde te worden herverwarmd, terwijl in het tweede geval reeds een niet onbelangrijk gedeelte der totale energie voor herverwarming moest worden gebruikt.

Het reizen in het rijtuig was zeer aangenaam. Niettegenstaande het groote temperatuurverschil tusschen rijtuig en buitenlucht was bij het binnentreden of het verlaten van het rijtuig niets te merken van een duizeligheid verwekkende warmteschok. Natuurlijk deed wel bij het naar buiten treden de groote hitte van de buitenlucht onaangenaam aan en werd bij het gaan van buiten naar binnen de eerste oogenblikken een gevoel van koude ondervonden, dat echter na een minuut verdwenen was.

De hoeveelheid toegevoerde buitenlucht was naar ons gevoelen wat aan den lagen kant, ofschoon zij overeenkwam met de Amerikaansche eischen. Een groot bezwaar was dit niet, maar het was voor een opmerkelijk waarnemer duidelijk even onfrisch bij het binnenkomen.

De luchtverdeling was ten opzichte van de zitplaatsen voldoende regelmatig, ondanks het feit, dat door een verkeerde keuze van het stoeltype (een naar beneden geheel gesloten fauteuil), de luchtcirculatie zeer werd gehinderd. Men was van plan deze stoelen te vervangen door een meer open type.

Anders was het in den middengang. Daar was onder de uitstroomopeningen een sterke, en voor gevoelige personen hinderlijke, luchtbeweging te bespeuren. Wellicht zou dit te verbeteren zijn, door de lucht meer langs de zoldering in te blazen in plaats van loodrecht omlaag.

De tabaksrook werd minder snel afgevoerd dan bij het S. C. S.-rijtuig, omdat de rook neiging heeft op te stijgen, terwijl de afvoer van de afgewerkte lucht en de retourlucht beneden plaats had.

Ook hier was opvallend de sterke geluiddemping.

Men was bij de F. M. S. R. zeer tevreden, ook over de verkregen vervoerstoeiname.

Ik wil nog even de aandacht vragen voor het regelingsmechanisme. In de practijk is gebleken, dat een verschil in temperatuur van slechts enkele graden duidelijk wordt waargenomen, waartegenover een niet al te groote wijziging van de relatieve vochtigheid niet wordt gevoeld.

Terecht had dan ook de S t o n e-installatie een thermostaat in de retourluchtleiding. Daalde de

temperatuur beneden 76° F, dan werd de koelinstallatie stop gezet, terwijl de ventilatoren bleven doordraaien.

Een begrenzing van de temperatuur naar boven was niet aanwezig. Immers de koelmachine werkt steeds op volle capaciteit. Zou desondanks de temperatuur te hoog worden, dan is de installatie te klein gekozen.

Er was geen automatische bewaking van de relatieve vochtigheid aanwezig, hetgeen wel het geval is in Amerika.

In de tropen, waar de buitenlucht steeds een groote hoeveelheid vocht bevat, is een bewaking tegen te geringe vochtigheid overbodig, terwijl een te groote vochtigheid zou wijzen op te hooge temperatuur der luchtkoelspiralen en derhalve op een te geringe capaciteit der installatie.

Wanneer de in te blazen lucht wordt herverwarmd wordt de zaak ingewikkelder. Daalt nu de temperatuur beneden het minimum, dan kan dat twee oorzaken hebben. Het kan zijn, dat de koelcapaciteit te groot is voor de op dat oogenblik heerschende condities, maar het kan ook beteekenen een te geringe herverwarming.

In het eerste geval gaat de te lage temperatuur gepaard met een lage vochtigheid, in het tweede geval met een te hooge relatieve vochtigheid. In het eerste geval dient dus de koelinstallatie te worden stopgezet, in het tweede geval dient de herverwarming te worden opgevoerd.

De controle-apparaat dient dus te worden uitgebreid met een hygrometer, samenwerkend met de minimum thermostaat.

Stijgt de temperatuur boven het gewenschte maximum, dan dient de verwarming te worden uitgeschakeld.

Bij aanwezigheid van herverwarming moet de controle-apparaat dus bovendien worden uitgebreid met een maximum thermostaat.

Herverwarming van de lucht brengt dus een belangrijke complicatie mee.

De verschillende ervaringen en metingen hebben geleid tot het volgende stel eischen:

- 1) Hoeveelheid totaal toegevoerde lucht ongeveer 2 à 2,5 m³ per reiziger per minuut, waarvan minstens 1/4 à 1/5 gedeelte verse lucht;
- 2) De koelinstallatie moet zoo groot zijn, dat onder alle omstandigheden de temperatuur beneden 79° F kan worden gehouden, terwijl automatisch bij daling beneden 76° F de koelinstallatie wordt afgezet en de fans alleen doordraaien;
- 3) Handhaving van een vochtigheidspercentage niet hooger dan 65%. (Een minimum vochtigheidsgraad van bijv. 50% voor te schrijven is in Indië niet noodig);
- 4) Bij de eischen 2) en 3) is uit te gaan van een buiten-temperatuur van hoogstens 34° C bij 60% vochtigheid;
- 5) Gedwongen luchtcirculatie, waarbij nergens doode hoeken optreden en waarbij tevens nergens in het compartiment op een hoogte lager

dan 2 m boven den vloer luchtsnelheden optreden grooter dan 0,75 m/sec en liefst niet boven 0,50 m/sec;

- 6) Toepassing van goede luchtfilters, waardoor stof geheel en rook zooveel mogelijk wordt geweerd;
- 7) Voldoende isolatie van het compartiment, niet alleen tegen warmte-instraling maar ook tegen geluidtoetreding;
- 8) Voorkoeling is onnoodig en zelfs niet eens wenschelijk; bij vertrek is er dan heelemaal geen warmteschok;
- 9) Betrouwbare werking, bestand tegen de schokken en stooten van het spoorwegbedrijf en niet te veel dagelijksch onderhoud.

Deze eischen zijn zeer streng, vooral eisch 5). Deze zal wel als ideaal moeten worden opgevat en kleine afwijkingen zullen veelal niet zijn te voorkomen.

Vraagt men nu naar aanleiding van het voorgaande of voor spoorwegrijtuigen in Indië ijs- dan wel machinekoeling beter is, dan valt daarover het volgende te zeggen.

De voordeelen van ijs als koelmiddel zijn:

- 1) Eenvoudiger installatie;
- 2) Geringe kans op storingen;
- 3) Lager aanschaffingskosten;
- 4) Onttrekt minder energie aan de locomotief.

Daarentegen heeft machinekoeling voor:

- 1) Geringer gewicht;
- 2) Neemt minder ruimte in;
- 3) Lager bedrijfsuitgaven (geen aankoop van ijs);
- 4) Geen last van het ijsladen.

Welk systeem beter is, hangt nu af van:

- a). *Den bedrijfsduur.* In landen, waar slechts een gedeelte des jaars koeling nodig is en dus de onkosten van ijsaankoop slechts enkele maanden optreden, zal dikwijls ijs preferent zijn. Vooral wanneer in de aanwezige trekkracht niet veel reserve aanwezig is en dus het produceeren van koude door ijs de voor het vervoeren van den trein beschikbare energie van de locomotief verhoogt.

In Indië, waar het heele jaar door de installatie in bedrijf is, zullen de hogere bedrijfsuitgaven voor ijs spoediger de voordeelen overschaduwen.

- b). *De grootte van de installatie.* De hoeveelheid verbruikt ijs is bij eenzelfde bedrijfsduur ongeveer evenredig met de capaciteit van de installatie. De aanschaffingskosten van een machine-installatie stijgen echter lang niet proportioneel met de grootte.

Hoe kleiner dus de installatie, hoe grooter de kans, dat ijs voordeliger is.

Voor grootere installaties zal machinekoeling door lager exploitatiekosten spoedig de hogere aanschaffkosten compenseeren.

De vraag is nu, waar de grens ligt op Java.

Een A-afdeeling van de S. C. S. eischt een koelcapaciteit van rond 5 000 cal/uur.

Bij goede uitnuttig van het ijs levert 1 kg ongeveer 86 cal, dus voor een dergelijke capaciteit is een verbruik van rond 60 kg ijs per uur te verwachten.

Bij een bedrijfstijd van 7 à 8 uur per dag verbruikt deze installatie dus rond 500 kg ijs per dag of 180 ton per jaar.

Zelfs bij een ijsprijs van slechts f 6,— per ton kost dit per jaar aan ijs f 1 080,—.

De energiekosten aan meerder brandhoutverbruik van de locomotief zijn voor de verhoudingen bij de S. C. S. te stellen op slechts f 150,— per jaar.

Afgezien van hogere onderhoudskosten van de machine-installatie vordert een ijsinstallatie dus rond f 930,— per jaar meer exploitatiekosten.

Het prijsverschil tusschen de aanlegkosten bedraagt ten hoogste f 4 000,—. Bij een rente + afschrijving van 9% 's jaars is de installatie binnen 10 jaar afgeschreven.

Voor de f 4 000,— hogere aanschaffkosten bij machinekoeling is dus f 360,— per jaar méér rente en afschrijving noodig.

De meerdere kosten van de ijsinstallatie bedragen dus rond f 570,— per jaar.

De meerdere herstellingskosten van de machine-installatie zijn uitsluitend nodig voor den compressor en de expansieklep. Maar de hogere onderhoudskosten belopen zeker niet dit bedrag.

Reeds voor dit geval is dan ook n.m.m. machinekoeling voordeliger.

Dit geldt in nog grootere mate voor de grootere rijtuigen der F. M. S. R. De keuze van compressor-koelinstallatie in dit geval is dan ook zeker gemotiveerd.

Wanneer een *proef* wordt gedaan, om te bepalen, welken invloed de invoering van air-conditioning heeft op den omvang van het reizigersvervoer, dan kan het voordelig zijn, om bij installaties, waarvan de grootte een aanwijzing vormt voor het toepassen van een machine-installatie toch een ijsinstallatie aan te brengen.

Immers is in dit geval de vastlegging van minder kapitaal van grooter gewicht dan de hogere exploitatiekosten en speelt ook het eenvoudige onderhoud een groote rol.

Blijkt de installatie economisch verantwoord, dan kan deze desgewenscht worden omgebouwd tot een machine-installatie zonder heel veel kapitaalverlies. Alleen ijshouder en ijswaterpompje zijn dan niet meer noodig.

Blijkt de installatie geen economisch succes, dan is slechts het kapitaal, gestoken in ijsbak, ijswaterpompje en luchtkoeler verloren; het elektrische gedeelte kan dan gebruikt worden voor elektrische verlichting en aanbrengen van fans.