

IN NEDERLANDSCH-INDIË

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

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

waarin opgenomen

De Waterstaats-Ingenieur, opgericht in 1913

en

De Mijningenieur, opgericht in 1919.

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

Commissie van Toezicht:

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

Commissie van Redactie:

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

Prijs per jaargang: f 20,—

Afzonderlijke nummers: f 2,—

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

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

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

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Onderzoek van mortelmaterialen, meer speciaal met het oog op de duurzaamheid van metselspecies, door B. Hoff. — *Boekbespreking*. — *Personalia*. — *Koninkl. Inst. van Ingenieurs*: Ontwerp-begr. 1941 v. d. Groep Ned.-Indië; Ontwerp-begr. 1941 v. h. tijdschrift; Bestuursmededeelingen.

Onderzoek van mortelmaterialen, meer speciaal met het oog op de duurzaamheid van metselspecies

door

B. HOFF,

Oud-Inspecteur der N. I. S.

Inleiding.

Vroeger werd algemeen aangenomen dat metselspecie op den duur hoe langer hoe harder wordt.

Als in oude bouwwerken zachte specie werd aangetroffen, meende men dit te moeten wijten aan het gebruik van minderwaardig materiaal of onvoldoende bewerking der specie.

Sprekende voorbeelden daarvan treft men aan in de Nederlandsche vakbladen van 1925, waarin de ruïnes van Borculo worden beschreven. De *slechte* (oude) specie werd „van verkeerde samenstelling” genoemd, de *goede* specie (meest van nieuwere gebouwen) noemde men „hydraulische mortel van goede samenstelling”, ofschoon de mengverhouding van de slechte, noch van de goede specie bekend was.

Men had nog geen vermoeden, dat de minder harde specie oorspronkelijk wel hard geweest kon zijn.

Ook hier in Indië treft men veel slecht metselwerk aan. Veelal is van bouwwerken het bovengrondsche werk slecht en het ondergrondsche goed.

Oudere metselwerken, die steeds vochtig bleven, onder den grond en in het water, zijn meestal behoorlijk hard. In zulk metselwerk is meestal de roode cement (brikkenmeel, fijn gestampte baksteen), te herkennen.

Waar in opgaande muren de specie geen samenhang meer vertoont en als stof uiteenvalt is de oorspronkelijke samenstelling meestal niet na te gaan. De uiteengevallen specie heeft het aanzien van vuil zand. De tras of roode cement die gebruikt is valt niet meer als zoodanig te onderkennen en het schijnt wel of de kalk er uit verdwenen is.

Het is niet eenvoudig, ja, meestal onmogelijk, om bij slechte metselspecie de oorzaak van het kwaad te onderkennen.

En zoo kon het gebeuren dat jarenlang minder doelmatige specie is verwerkt.

In het begin van deze eeuw is men op Java begonnen tras te gebruiken en de laboratoriumproeven die men daarmede nam, gaven goede resultaten.

De trek- en drukproeven werden echter steeds op korten termijn genomen. De proefblokjes werden onderzocht na één maand, soms na 3 maanden; zelden na langere verharding; soms zelfs na één week.

Door de in korten tijd verkregen hooge vastheid en doordat men niet vermoedde dat die op den duur weer kon verminderen, schenen de resultaten gunstig en daardoor werd toen veel tras gebezigd, ook in opgaande muren.

In latere jaren zijn wij echter de kalktrasspecie in opgaande muren gaan wantrouwen.

In 1911 bouwde ik een gebouwtje van halfsteensmetselwerk in trasspecie 1 : 1 : 2. In 1918 moest dit metselwerk afgebroken worden en de specie bleek zeer slecht.

Daar deze specie op korten termijn, volgens eigen onderzoek, goede resultaten gaf, rees bij mij het vermoeden dat de vastheid van deze specie in metselwerk, dat aan uitdrogen is blootgesteld, *niet duurzaam is. Dat dus de in de eerste maanden of jaren verkregen vastheid op den duur weer vermindert.*

Gemeend werd, dat dit misschien bij een bepaalde Indische trassoort kon voorkomen; want in Nederland, waar toen Duitsche tras verwerkt werd, was dit verschijnsel blijkbaar niet bekend.

Althans in de literatuur werd dit verschijnsel niet behandeld en trasspecie werd ook in opgaande muren daar destijds nog zeer aanbevolen.

Proeven.

Als gevolg van dezen twijfel aan de duurzaamheid werden toen op vrij groote schaal proeven opgezet met 4 verschillende soorten Javatras.

In het laboratorium der Nederlandsch-Indische Spoorweg-Maatschappij te Semarang waren alle benodigde instrumenten voor trek- en drukproeven aanwezig; alsook mengmolen, hamertoeistel enz. welke voor den aanmaak van proefblokjes noodig zijn.

In hoofdzaak werden drukproeven gemaakt en deze werden onderzocht na 1, 2, 3, 4, en 5 jaar. Deze proeven werden alle dubbel genomen, één serie werd steeds onder water bewaard en de andere werd, na 2 weken verharding onder water, verder droog bewaard in kisten met droog zand, zoodat laatstgenoemde proefblokjes ongeveer in denzelfden toestand verkeerden als specie in opgaande muren.

Na 3 à 12 maanden waren zoowel de droog bewaarde als de natgehouden blokjes behoorlijk verhard. Na 5 jaar waren de natgehouden blokjes nog ongeveer even hard; doch de droge waren sterk

teruggelopen en hadden slechts ongeveer de helft van de oorspronkelijk verkregen vastheid overgehouden (zie figuur 1).

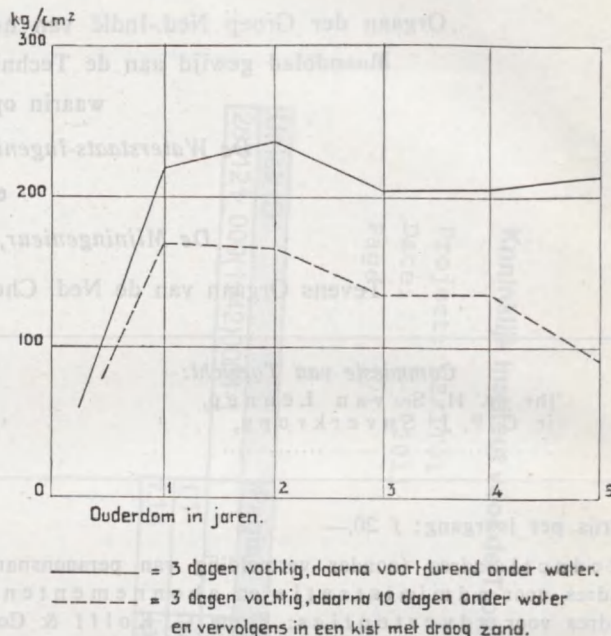


Fig. 1. Drukvastheid van trasspecie 1 k.: 1 tr.: 2 zand (maatdeelen). Gemiddelde van 4 trassoorten.

Alle vier trassoorten vertoonden ongeveer denzelfden teruggang.

Ook bij de roode cementspecie deed zich dit verschijnsel voor, maar niet zóó sterk.

Deze resultaten, die uitvoeriger beschreven zijn in de *Waterstaatsingenieur* no. 11, jaargang 1928, drongen tot voortzetting van dergelijke proeven.

In enkele technische werken van de laatste jaren worden voorbeelden genoemd van reeds verharde hydraulische kalkspecie, die bij langdurige uitdroging weer zacht is geworden („Die Chemie des Ziegelmauerwerkes” van Dr. Ed. Donath; „Deutsche Cement-industrie” van Dr. Ing. Riepert; „Mortel und Beton” van Hermann Dieck).

Mijn bovenomschreven proeven, die reeds onomstootelijk aantoonde dat verharde specie den samenhang kan verliezen, werden, om nog meer zekerheid te hebben, ook met het oog op de roode cementspecie, op groote schaal herhaald en uitgebreid.

Daarbij werd ter vergelijking en ter controle tevens Europeesche tras betrokken, waarvoor een partijtje Eifeltras werd aangeschaft.

Onderstaande staten geven de uitkomsten van de proeven met Eifeltras, vergeleken met een algemeen bekende Indische trassoort die hier tras A genoemd wordt.

Tabel I.

Omschrijving der proeven	Eifeltras	Tras A	Aanteekeningen	
<i>Tijd van binding.</i>				
Specie bestaande uit: 1 kalk : 2 tras : 1 water (gewichtsdeelen)	19 uur	20 uur	Groote verschillen tusschen beide trassoorten komen in deze proeven niet tot uiting. De snellere verharding van Eifeltras hangt wellicht samen met de fijnere maling.	
<i>Fijnte van korrel.</i>				
Restant op zeef van 60 mazen per cm ²	0,3 %	9,5 %		
„ „ „ „ 120 „ „ „	2,5 „	17,2 „		
„ „ „ „ 900 „ „ „	21,3 „	35,4 „		
„ „ „ „ 5000 „ „ „	45,9 „	54,9 „		
Gaat door „ „ 5000 „ „ „	54,1 „	45,1 „		
<i>Vastheid van specie : 1 kalk : 2 tras : 3 Duitsch normaalzand en ± 1 deel water (gewichtsdeelen)</i>				
Trekvastheid na 1 + 13 dagen.....	kg/cm ² 19,7	kg/cm ² 17,5		
„ „ 1 + 27 „	23,6	19,6		
„ „ 1 + 89 „	28,8	21,3		
Drukvastheid „ „ 1 + 13 „	117,5	120,5		
„ „ 1 + 27 „	146,5	142,5		
„ „ 1 + 89 „	188,5	162,5		

Vergelijking van de drukvastheid van Eifeltras met tras A, nat en droog.

Tabel II.

Samenstelling van den mortel (maatdeelen)	Na 1 maand		Na 3 maanden		Na 1 jaar		Na 5 jaar		Na 10 jaar		Aanteekeningen	
	nat	droog	nat	droog	nat	droog	nat	droog	nat	droog		
<i>Eifeltras.</i>												
1 kalk „T” : 1 Eifel- tras : 2 Solozand. . .	134,6	152,2	175,8	182,6	240,4	200,—	279,2	179,8	263,6	168,—	De blokjes „nat” zijn 3 dagen in de vochtige kast be- waard, daarna voort- durend onder water; de blokjes „droog” 3 dagen in de vocht- tige kast, 10 dagen onder water, daarna 2 weken in de vocht- tige kast en vervolg- ens in een kist met droog zand.	
1 kalk „T” : 1 Eifel- tras : 4 Solozand. . .	89,4	100,—	126,4	121,4	164,4	125,2	175,2	100,8	146,2	82,6		
1 kalk „M” : 1 Eifel- tras : 2 Solozand. . .	117,6	140,4	166,2	165,4	229,8	196,—	268,6	179,6	285,4	174,6		
<i>Tras A.</i>												
1 kalk „T” : 1 tras A : 2 Solozand.	149,6	165,6	194,8	202,—	—	—	291,6	163,8	226,5	101,8		
1 kalk „T” : 1 tras A : 4 Solozand.	109,8	124,2	147,2	157,4	—	—	184,6	85,2	140,—	70,6		
1 kalk „M” : 1 tras A : 2 Solozand.	89,8	108,2	116,4	112,5	—	—	194,4	105,—	—	—		

De „droge” proefblokjes zijn met opzet eenigen tijd nat gehouden, ten einde ze zooveel mogelijk aan dezelfde invloeden bloot te stellen als specie in opgaande muren, die ook in den eersten tijd nat gehouden worden.

Uit dezen staat blijkt dat ook Eifeltrasspecie bij uitdroging in vastheid achteruitgaat.

Dit stemt ook weer overeen met de feiten dat in Nederland dikwijls oude muren gemetseld in trasspecie worden aangetroffen waarvan de specie zeer slecht is en met de mededeeling van een architect, dat de zuidelijke muren van kerkgebouwen minder goed zijn dan de noordelijke (de zuidelijke krijgen meer zon, de noordelijke meer regen).

Destijds werd de specie van een schoolgebouw onderzocht waarvan 12 jaar geleden het trasraam gemetseld was in specie 1 kalk : 1 tras : 1 zand.

De specie was zoo zacht, dat op elke willekeurige plaats een zakmes tot het heft in de voeg gestoken kon worden.

Oorzaak van de vermindering der vastheid.

Het is algemeen bekend dat de hydraulische metselspecie, waaronder dus vallen onze kalk-tras- en kalk-roode-cementspecie, een andere chemische binding ondergaat dan de luchtmortel zonder hydraulischen toeslag (kalkzandspecie).

De hydraulische specie verhardt door kiezelzuurverbinding en heeft daarvoor water noodig, terwijl luchtmortel verhardt door de vorming van koolzure kalk, waarbij koolzuur uit de lucht wordt opgenomen.

Maar onze hydraulische mortels, die aan de lucht worden blootgesteld, kunnen na eenigen tijd, als de specie uitgedroogd is, de kiezelzuurverharding wegens gebrek aan water niet voortzetten en het schijnt dat dan de oorspronkelijke verharding (de kiezelzuurverbinding) weer telooft.

Dit wordt beschreven in het hiervoren genoemde werk van Dr. Ed. Donath.

In een brochure eener Maatschappij, welke een trasfabriek exploiteert, wordt omtrent deze zaak het volgende gezegd.

„Indien een vlugge en sterke uitdroging intreedt, zullen zich door de relatief snelle verdamping „tusschen de mortelfragmentjes oppervlaktespanningen voordoen, die eene vernielende werking „kunnen uitoefenen, zoodat de bij het verstee- „ningsproces aaneengekitte deeltjes hun onderlin- „gen samenhang gedeeltelijk kunnen verliezen”.

Proefblokjes werden kunstmatig snel uitgedroogd.

Ten einde te controleeren of sterke uitdroging en de daardoor ontstaande snelle verdamping werkelijk de oorzaak kan zijn, werden de ondervolgende proeven opgezet.

Van twee soorten specie, nl. 1 kalk : 1 tras : 4 zand en 1 kalk : 1 roode cement : 4 zand, werd een groot aantal drukproefblokjes gemaakt.

Deze blokjes hebben alle gedurende de eerste maand de volgende verhardingsperioden meege- maakt: 3 dagen in de vochtige kast, daarna 10 dagen onder water en de resteerende dagen weer in de vochtige kast.

Na deze maand is de drukvastheid onderzocht en is een groot aantal der resteerende blokjes gefor-

ceerd uitgedroogd in een open ijzeren bak boven een gasvlam bij een temperatuur van 80 tot 120° C.

De verwarming werd voortgezet tot geen gewichts- vermindering meer geconstateerd kon worden. Hier- voor was 64 uur verwarming noodig. Omdat het vuur niet voortdurend door kon branden verliepen met deze droging ongeveer 5 etmalen.

Na deze geforceerde droging is weer de drukvast- heid onderzocht. Deze was gedurende die 5 dagen bij de trasblokjes toegenomen van 108 tot 198 kg/cm², bij de roode cement van 68 tot 96 kg/cm².

Dus in 5 dagen een zeer sterke *vooruitgang* in- plaats van *achteruitgang*. Uitdroging (verdamping) op zichzelf kan dus niet de oorzaak der verminde- ring zijn.

Twee, vijf en elf maanden na de uitdroging zijn resteerende blokjes beproefd. Gedurende vorenge- noemde tijden werden ze open in de kamer bewaard en ondervonden dus alleen den invloed van de lucht.

Uit onderstaande cijfers blijkt, dat onmiddellijk na het algeheel uitdrogen een sterke teruggang aan- ving.

Tabel III.

Samenstelling (maatdeelen)	Niet uitgedroogd, bewaard in de vochtige kast		Blokjes welke na 1 maand werden uitgedroogd en daarna in de kamer bewaard				
	Na 1 maand	Na 6 maanden	Onmiddel- lijk na uitdroging	2 maanden na uit- droging	5 maanden na uit- droging	11 maanden na uit- droging	11 maanden na uit- droging opnieuw uitgedroogd
1 kalk T : 1 tras A : 4 zand. Drukvastheid in kg/cm ²	108	155	198	145	126	100	
Gemidd. gewicht der blokjes in grammen onmiddellijk voor de beproeving.....	754	721	657	671	672	674	664
1 kalk T : 1 roode cement : 4 zand Drukvastheid in kg/cm ²	68	84	96	59	60	46	
Gemidd. gewicht der blokjes in grammen onmiddellijk voor de be- proeving.....	722	660	628	640	640	644	636

In bovenstaand staatje is mede het gewicht der blokjes aangegeven op verschillende tijdstippen.

Onmiddellijk na de totale uitdroging is het ge- wicht in korten tijd met ongeveer 10 gram toegenomen, blijkbaar door aantrekking van vocht uit de lucht; daarna nam het gewicht zeer langzaam toe.

Toen 11 maanden na de eerste droging opnieuw uitgedroogd werd, bleek het overblijvende gewicht 7 à 8 gram meer te zijn dan na de eerste droging.

Deze blijvende gewichtstoename is dus geen water en moet uit de lucht zijn opgenomen.

De sterktevermindering na de geforceerde uitdro-

ging en de blijvende gewichtsvermeerdering in dezelfde periode wijzen er wel op, dat de oorspronkelijke kiezelzuurverharding uiteen valt en dat koolzuur wordt opgenomen.

Alles tezamen genomen mag wel als vaststaand aangenomen worden dat in aan uitdroging blootgesteld metselwerk, (dus in opgaande muren), tras en roode cement op den langen duur als hydraulische toeslagen, althans in de hier gebruikelijke verhouding van 1 deel toeslag op 1 deel kalk, geen blijvend nut hebben en zelfs schadelijk kunnen zijn.

Welke speciesoorten zijn dan wel duurzaam?

Nu uit de proeven en in de praktijk herhaaldelijk is gebleken, dat kalk-trasspecie en kalk-roodecementspecie (althans in de tot dusverre gebruikelijke verhouding) minder geschikt zijn voor muren die

uitdrogen, is het van veel belang voor dergelijk metselwerk meer duurzame speciesoorten te zoeken.

Voor minder belangrijke muren van gebouwen en ook voor gewoon pleisterwerk kan kalkmortel gebruikt worden in de verhouding 1 kalk : 2 zand, mits de materialen van goede kwaliteit zijn.

Voor meer belangrijke bovengrondse werken schijnt het gewenscht portland cement bij te mengen.

Ten einde eenig inzicht te hebben in de sterkte en duurzaamheid van dergelijke — in Nederland in de laatste jaren veelvuldig gebezigde — kalk-portlandcement-mortels, zijn proeven opgezet voor 10 jaar. De uitkomsten zijn hieronder opgenomen. Daarbij is tevens vermeld de vastheid van tras-portlandcement-mortel over hetzelfde tijdvak en met dezelfde behandeling.

Drukvastheid van kalk-portlandcement-mortel en portlandcement-tras-mortel.

Tabel IV.

Samenstelling (maatdeelen)	Na 7 dagen waarvan 6 onder water	Na 7 dagen in de vochtige kast	Na 1 maand	Na 3 maand.	Na 1 jaar	Na 2 jaar	Na 5 jaar	Na 10 jaar	Aanteekeningen
1 kalk : 2 p.c. : 10 zand.....	130	141	166	203	264	228	269	375	Het voor deze proeven gebruikte zand is zuiver kali- zand gezeefd door mazen van 2½ mm.
2 „ : 1 „ : 10 „	42	47	92	104	105	106	118	151	
2 „ : 1 „ : 9 „	33	39	72	96	114	122	129	162	
1 tras : 2 „ : 8 „	161	176	308	287	293	322	329	452	
Deze blokjes hebben 14 dagen in de vochtige kast gestaan en daarna in een kist met droog zand.									
1 kalk : 2 p.c. : 10 zand.....	—	—	231	275	278	347	375	448	
2 „ : 1 „ : 10 „	—	—	95	119	125	206	210	255	
1 tras : 2 „ : 8 „	—	—	316	350	384	482	481	576	

Deze blokjes hebben eerst 1 dag in de vochtige kast gestaan, daarna 14 dagen onder water, verder weer 14 dagen in de vochtige kast en daarna in een kist met droog zand; de blokjes welke na 2 jaar of later beproefd zijn, werden nadat ze één jaar oud waren, afwisselend 6 maanden onder water gezet en 6 maanden droog opgeslagen. Dit met het doel den invloed van oost- en westmoesson na te bootsen (voor metselwerk aan bruggen).

Bovenstaande cijfers en de praktische ondervinding doen vermoeden dat deze mengsels voor vele doeleinden geschikt zijn en zich duurzaam goed houden.

Over het algemeen wordt in Indië in kalk-trasspecie en kalk-roodecementspecie de hoeveelheid hydraulische toeslag ongeveer gelijk genomen aan de hoeveelheid kalk. Dit gebruik is reeds oud. Mij zijn veel bruggen en duikers bekend van 70 jaar oud, gemetseld in specie: 1 kalk : 1 roode cement : 1 zand; echter ook die (vanwege gemis aan goed zand) gemetseld werden in specie : 1 kalk : 2 roode cement.

De specie 1 : 1 : 1 is over 't algemeen goed; die van 1 k : 2 r.c. slecht; de kalk schijnt opgelost en verdwenen, de specie is als aarde. In de goed gebleven specie 1 : 1 : 1 is ongezeefd zand gebruikt en zeer grove roode cement; korrels van 1 cm middellijn komen veel voor. Dergelijke stukjes bak-

steen doen geen dienst als hydraulische toeslag maar als verdeelmiddel. Vermoedelijk ging niet meer dan $\frac{1}{8}$ deel dezer r.c. door een zeef met 900 mazen per cm². Deze oude specie staat wellicht ongeveer gelijk met eene van 1 k : $\frac{1}{8}$ r.c. : $1\frac{3}{8}$ z., waarvan de roode cement behoorlijk fijn is.

Met zoo'n kleinen hydraulisch werkzamen toeslag verkrijgt men een minder snelle verharding; doch in opgaand muurwerk zal deze specie op den duur beter voldoen dan de tegenwoordig gebruikelijke, met een toeslag van 1 deel tras of roode cement op 1 deel kalk.

Volgens dezen gedachtengang werden proeven met slappe kalk-roodecementspecies opgezet die, wat drukvastheid betreft, vergeleken kunnen worden met slappe kalk-portlandcement-mortels en die wat harder zijn dan de kalkmortels, mede in navolgenden staat aangegeven.

Tabel V.

Samenstelling (maatdeelen)	Drukvastheid na:								Aanteekeningen
	1 week	2 weken	1 maand	3 maan- den	1 jaar	2 jaar	5 jaar	11½ jaar	
I Kalk-roodecementmortel.									Het voor deze proeven gebruikte zand is ongewasschen, doch schoon zand uit de kali Pepe bij Solo, gezeefd door mazen van 2½ mm. De blokjes na 1 week tot en met 3 maanden hebben steeds in de vochtige kast gestaan.
I kalk : 0,10 r.c. : 1,9 z.....	—	26	—	75	—	—	—	—	
I „ : 0,2 „ : 1,8 z.....	—	39	—	97	—	—	—	—	
I „ : 0,3 „ : 1,7 z.....	—	52	—	119	143	151	129	135	
I „ : 0,5 „ : 1,5 z.....	—	74	—	147	—	—	—	—	
„ : 0,75 „ : 1,25 z.....	—	89	—	160	—	—	—	—	Die blokjes na één tot en met tien jaar 14 dagen in de vochtige kast, daarna in een kist met droog zand.
I Kalk-portlandcementspecie.									
I „ : 0,05 p.c. : 2,2 z.....	—	—	36	—	—	—	—	—	
I „ : 0,10 „ : 2,4 z.....	—	—	50	—	—	—	—	—	
I „ : 0,20 „ : 2,8 z.....	44	58	76	101	117	128	123	141	
I „ : 0,30 „ : 3,2 z.....	—	—	96	—	—	—	—	—	Na 10 jaar De blokjes hebben 14 dagen in de vochtige kast gestaan, daarna in een kist met droog zand.
I „ : 0,40 „ : 3,6 z.....	76	95	131	—	—	—	—	—	
I „ : 0,50 „ : 4,— z.....	—	—	158	—	—	—	—	—	
Kalkmortel.									
I kalk M : 2 Solozand.....	—	—	45	64	76	—	96	120,4	
I „ „ : 3 „	—	—	30	38	53	—	52	50,8	
I „ T : 2 „	—	—	24	34	39	—	51	65,6	
I „ „ : 3 „	—	—	17	27	38	—	45	38,2	
I „ „ : 2 Semarangzand..	—	—	39	62	69	—	63	56	
I „ „ : 3 „ ..	—	—	38	57	62	—	46	33	
I „ M : 2 „ ..	—	—	38	56	62	—	58	50	
I „ „ : 3 „ ..	—	—	36	47	58	—	49	38	

Het „Semarangzand” is het te Semarang algemeen gebruikte metselzand, gebaggerd uit de kali Garang; het bevat veel slib, hetwelk gedeeltelijk tras is. Van daar blijkbaar de vlugge aanvangsverharding en de teruggang na één jaar.

Toevoeging van een geringe hoeveelheid roode cement of portlandcement doet de specie wel belangrijker worden.

De kalk-portlandcementspecie 1 : 0,2 : 2,8 is bij enkele werken toegepast en voldoet goed.

Waar schoon grof metselzand beschikbaar is zal een geringe toevoeging van fijne roode cement goed

doen, bijvoorbeeld in opgaande muren een specie van 1 k : ¼ r.c. : 2 zand.

Tras of roode cement in portlandcementspecie.

Na het voorgaande rijst de vraag of in uitdrogende muren tras of roode cement in portlandcementspecie mag worden gebruikt.

Onderstaande resultaten van een reeks proeven in deze richting opgezet toonen geen merkbare sporen van verval na 10 jaar. De droge blokjes zijn niet belangrijk minder dan de natte.

Tras en roode cement in portlandcementspecie.

Tabel VI.

Samenstelling (maatdeelen)	Drukvastheid na:												Aanteekeningen
	1+6 dagen	1+27 dagen	1 maand		3 maanden		1 jaar		5 jaar		10 jaar		
			nat	droog	nat	droog	nat	droog	nat	droog	nat	droog	
1 p.c.: 1 tras A:													*) Het druktoestel kan geen groter druk uitoefenen dan 625 kg/cm². Wanneer dus een of meer blokjes bij die kracht niet breken, kan het resultaat niet zuiver aangegeven worden.
2 zand.....	323	429	—	—	512	—	—	—	—	—	—	—	
1 p.c.: ½ tras A:													
2½ zand.....	370	512	—	—	594	—	—	—	—	—	—	—	
1 p.c.: 3 zand..	305	457	—	—	501	—	—	—	—	—	—	—	
1 p.c.: 1 tras A:													
4 zand.....	283	390	—	—	424	—	—	—	—	—	—	—	
1 p.c.: ½ tras A:													
4½ zand.....	199	263	—	—	299	—	—	—	—	—	—	—	
1 p.c.: ½ tras A:													
2 zand.....	—	—	493	561	567	549	>625*	619	>625*	>600*	>625*	>625*	
1 p.c.: 1 tras A:													
2 zand.....	—	—	339	427	465	493	518	527	590	592	>625*	>625*	
1 p.c.: ½ roode cement: 2 zand	—	—	488	547	522	547	605	571	>625*	563	>623*	>620*	
1 p.c.: 1 roode cement: 2 zand	—	—	368	426	410	427	536	505	598	552	>625*	>608*	

Welke roode cement is de beste?

In de laatste jaren is nogal veel roode cement verwerkt en daarom werd dit onder eigen toezicht aangemaakt.

Ter verkrijging van de beste soort werd in de eerste plaats de meest geschikte kleisoort gezocht en leek het noodig te weten tot welken graad van doorbakkenheid deze klei moet worden verhit om de beste resultaten te krijgen.

De roode cement van Djokja en Solo en ook die van de tusschengelegen plaatsen bleek goed.

Om na te gaan hoe gaar de steenen gebakken moeten worden, werden van de twee genoemde plaatsen monsters onderzocht en wel:

- a. Klei onbewerkt (dit is dus feitelijk geen roode cement);
- b. Ongare baksteen (nog niet goed rood gebakken);
- c. Matig doorbakken steen;
- d. Goed doorbakken steen.

De tijd van binding van hiermede aangemaakte specie bleek gemiddeld te zijn voor:

- a. 9 etmalen
- b. 38 uur
- c. 53 „
- d. 6 etmalen.

De verkregen drukvastheden zijn in onderstaanden staat vermeld.

Drukvastheid van specie aangemaakt met roode cement, tot verschillende graden doorbakken.

Tabel VII.

Samenstelling (maatdeelen)	Na 1 maand		3 maanden		1 jaar		2 jaar		5 jaar		10 jaar		Aanteekeningen
	nat	droog	nat	droog	nat	droog	nat	droog	nat	droog	nat	droog	
Roode cement van Djokja													
I k : I r.c.a. : 2 z.....	35	40	106	111	206	126	290	118	312	107	343	126	
I „ : I „ a. : 4 z.....	29	34	82	93	157	90	188	81	211	73	198	70	
I „ : I „ b. : 2 z.....	76	84	144	163	203	157	236	180	267	177	271	162	
I „ : I „ c. : 2 z.....	64	74	122	135	160	146	185	163	196	145	214	128	
I „ : I „ d. : 2 z.....	49	56	100	111	138	113	159	125	179	120	180	110	
Roode cement van Solo													
I k : I r.c.a. : 2 z.....	26	40	79	74	180	99	217	106	251	101	212	100	
I „ : I „ b. : 2 z.....	71	93	119	126	184	139	204	141	253	139	174	90	
I „ : I „ c. : 2 z.....	68	92	131	126	188	138	207	140	227	127	153	108	
I „ : I „ d. : 2 z.....	28	35	64	65	135	88	147	95	171	83	148	60	
Roode cement van de voorraad van Djokja													
I k : I r.c. : 2 z.....	115	126	155	144	228	166	—	—	277	151	239	124	
I k : I „ : 4 z.....	77	82	127	104	158	106	—	—	180	72	159	64	
Idem van Solo													
I k : I r.c. : 2 z.....	97	117	162	151	224	172	—	—	253	146	250	119	
I k : I „ : 4 z.....	61	69	102	86	141	86	—	—	142	57	131	49	

De onbewerkte klei en de roode cement van goed doorbakken steen doen de specie pas na respectievelijk 9 en 6 dagen gebonden zijn: hiermede rekening houdende, zouden deze nauwelijks als hydraulischen toeslag beschouwd mogen worden. Na eenige jaren echter geeft *deze* ongebakken klei onder water de beste specie, veel beter dan de goed doorbakken steen.

Daaruit krijgt men den indruk, dat de mate van verhitte voornamelijk slechts invloed heeft op de snelheid van verharding, doch dat men ook de fijn-gestampte minder gare baksteen en zelfs klei uit deze streek als hydraulischen toeslag kan benutten *).

*) Uit het feit dat de klei van Djokja een goede toeslag blijkt, mag niet opgemaakt worden, dat alle klei als zoodanig aanbevolen wordt.

Uit bovenstaande cijfers blijkt weer duidelijk, dat proeven van 1 week en 1 maand oud ons niet kunnen leeren hoe hard een specie op den duur wordt.

Duurzaamheid van snelverhardende portlandcementspecie.

Ten einde voor bepaalde gevallen metselwerk of beton spoedig te doen verharden werd meermalen de snel verhardende Ciment Fondu toegepast. Snelle verharding wordt echter ook verkregen door toevoeging van soda of calciumchloride aan de gewone portlandcementspecie. Het stond echter niet vast dat de toevoeging van deze stoffen op den duur geen schade zou doen aan de duurzaamheid. Daarom zijn ook hiervoor langdurige proeven opgezet. De resultaten zijn in navolgende staten aangegeven.

Drukvastheid van porlandcementspecie zonder en met toevoeging van soda of calciumchloride na 6 tot 24 uur.

Tabel VIII.

Samenstelling van den mortel (gewichtsdeelen)	Drukvastheid in kg/cm ² na:					Aanteekeningen
	6 uur	8 uur	10 uur	14 uur	24 uur	
I P.C. ¹⁾ : 3 zand ²⁾	15	—	—	—	68	1) Een betrekkelijk langzaam verhardende cementsoort.
I „ : $\frac{2}{100}$ soda ³⁾ : 3 zand ²⁾	21	28	40	70	92	
I „ : $\frac{3}{100}$ soda ³⁾ : 3 zand ²⁾	36	43	55	72	81	2) Solozand gezeefd en gewaschen tot normaalzand.
I „ : $\frac{4}{100}$ soda ³⁾ : 3 zand ²⁾	40	47	58	75	94	
I „ : $\frac{6}{100}$ soda ³⁾ : 3 zand ²⁾	39	50	45	70	79	3) Soda zonder kristalwater, 98%.
I „ : $\frac{8}{100}$ soda ³⁾ : 3 zand ²⁾	44	37	41	61	88	
I „ : $\frac{3}{100}$ calciumchloride ⁴⁾ : 3 zand....	28	37	49	73	101	4) Calciumchloride ruw.
I „ : $\frac{5}{100}$ calciumchloride ⁴⁾ : 3 zand....	73	56	58	85	104	
I „ : $\frac{10}{100}$ calciumchloride ⁴⁾ : 3 zand....	40	53	43	71	95	5) Calciumchloride zuiver.
I „ : $\frac{6}{100}$ calciumchloride ⁵⁾ : 3 zand....	54	66	62	100	93	
I Ciment Fondu : 3 zand (maatdeelen)....	—	—	—	—	316	6) Ongezuiverd.
I Ciment Fondu : 3 Solozand ⁶⁾	31	43	75	167	—	

Drukvastheid van cementspecie zonder en met toevoeging van soda of calciumchloride na één dag tot en met 10 jaar, tevens in vergelijking met Ciment Fondu en Edelcement.

Tabel IX.

Samenstelling mortel (gewichtsdeelen)	Drukvastheid in kg/cm ² na:										Aanteekeningen
	1 dag	3 dagen	7 dagen	28 dagen	1 jaar	3 jaar	1 jaar	2 jaar	5 jaar	10 jaar	
I Ciment Fondu : 3 zand(1)...	554	578	581	—	377	421	456	472	465	475	Deze proefblokje worden aangemaakt kort na ontvangst v.d. Ciment Fondu.
I „ „ : 3 „ (2)...	316	399	491	313	—	325	393	402	398	385	
I Edel cement : 3 „ (2)...	—	259	330	440	—	482	550	548	529	488	(1) Engelsch normaalzand.
idem droog.....	—	—	—	471	—	483	465	470	524	514	
I P.C.(3) : 3 zand (1).....	162	289	416	—	505	559	>625	>625	>625	>625	(2) Solozand gezeefd en gewaschen tot normaalzand.
I „ „ : 3 „ (2a).....	163	276	311	459	—	560	—	—	—	—	
I „ „ : 3 „ (2).....	78	155	227	—	357	448	525	496	554	537	(2a) Solozand ongezuiverd.
I „ „ (6) : 3 zand(2).....	—	151	216	318	—	419	476	492	470	—	
idem droog.....	—	—	—	344	—	360	351	368	396	495	(3) Een betrekkelijk snelverhardende P.C. soort.
I P.C.(3) : $\frac{5}{100}$ soda (4) : 3 zand (2)	89	104	135	—	181	215	285	322	347	319	
I „ „ : $\frac{4}{100}$ soda (4) : 3 zand (2)	86	—	129	—	176	224	277	311	340	343	(4) Soda zonder kristalwater 98%.
idem droog.....	—	—	136	—	186	239	281	284	316	405	
I „ „ : $\frac{5}{100}$ calciumchloride (5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(5) Calciumchloride, ruw.
idem droog.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
I „ „ : 3 zand (2).....	113	—	223	—	348	428	532	576	524	534	(6) Portland cement van een in uitvoering zijnd werk afkomstig voor controle.
idem droog.....	—	—	261	—	382	423	452	473	448	484	
I Ciment Fondu : 3 zand (1)...	258	391	374	—	396	—	—	—	—	—	Deze proefblokje werden gemaakt van Ciment Fondu uit het- zelfde vat als die ver- meld in de bovenste 2 regels van dezen staat, doch 11 maanden later. Hieruit blijkt, dat in dien tijd de eigenschap van snel te binden verdwenen is.
„ „ : 3 „ (2)...	152	269	219	258	266	—	—	—	—	—	

Voor zoover niet anders vermeld, hebben de proefblokjes één dag in de vochtige kast gestaan en daarna voortdurend onder water.

De blokjes „droog” hebben een dag in de vochtige kast gestaan, daarna 6 dagen onder water en verder in een kist met droog zand.

Tijd van binding bij toevoeging van soda aan portlandcement.

Tabel X.

Menging (gewichtst-deelen)			Binding		Aanteekeningen
Portland-cement	Soda zonder kristalwater 98%	Water	begin	einde	
			minuten na toevoeging van het water		
100	—	27,5	125	260	Met begin binding wordt aangeduid het tijdstip waarop een naald van 1 mm ² belast met 300 gram niet meer geheel door de specie dringt. De binding is beëindigd als deze naald geen meetbaren indruk meer op den cementkoek te weeg brengt.
100	5	30	4	24	
100	7,5	32,5	2	15	
100	10	35	1	11	

Uit deze proeven kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

1. De verse Ciment fondu is snelverhardend; bereikt na een etmaal reeds een zeer groote vastheid, doch gaat daarna weer achteruit en komt na een maand verharding ongeveer overeen met gewone portland cement.
2. Ciment fondu verliest grootendeels de eigenschap om snel te verharden bij langdurigen opslag.
3. Op den langen duur is de gewone portland cement, welke voor deze proeven genomen is, wel even hard als Ciment fondu of Edalcement.
4. Door toevoeging van soda of calciumchloride aan de portlandcementspecie kan deze zeer snelbindend gemaakt worden.
5. De toevoeging van soda schijnt de verharding op den duur eenigszins ongunstig te beïnvloeden. Van een slechten invloed van calciumchloride is niets gebleken.

Zooals reeds eerder opgemerkt, zijn er oude bouwwerken in roode cementspecie, die zich goed gehouden hebben ¹⁾ en andere in specie 1 kalk : 2 r.c. die slecht zijn ²⁾.

1) Kunstwerken in den spoorweg tusschen Solo en Djokja in specie 1 : 1 : 1.

2) Kunstwerken in den spoorweg tusschen Kedoengdjati en Soemberlawang en op het eerste gedeelte der zijlijn Kedoengdjati-Willem I.

In de goedgebleven specie zijn stukjes baksteen zichtbaar; in de laatste niet, deze lijkt op aarde. In goede specie zijn ook afzonderlijke stukjes kalk aanwezig, in de slechte is geen kalk te onderscheiden.

Deze twee in het oog loopende verschillen zullen wel niet uitsluitend veroorzaakt zijn door het verlorene gaan der oorspronkelijke kiezelzuurverharding bij het uitdrogen.

Het niet aanwezig zijn van baksteenstukjes zou kunnen doen onderstellen dat de roode cement zeer fijn gemalen was. Een zoo fijne maling is echter niet denkbaar.

Eerder zal aangenomen moeten worden dat de klei onvoldoende gebakken is geweest en dat door chemische werking van schadelijke bestanddeelen in de gebezigde roode cement of in het grondwater de baksteenstukjes en kalkdeeltjes uiteengevallen zijn.

Deze onderstelling is door scheikundig onderzoek van de oude specie mogelijk tot klaarheid te brengen.

Voor een meer volledig inzicht in de eigenschappen onzer mortelmaterialen en vooral om vóór het gebruik te kunnen beoordeelen of ze duurzame specie zullen geven, is het van veel belang als die materialen als zoodanig kunnen worden beoordeeld door chemische ontleding.

Invloed van grondwater op roode cementspecie.

Omdat vermoed werd dat optrekkend grondwater uit sommige grondsoorten een schadelijke werking kan hebben op metselspecie, werden op kleine schaal in die richting voorloopige proeven opgezet.

Roode cementblokjes werden onder verschillende omstandigheden in verschillende grondsoorten bewaard.

De resultaten zijn hierachter in tabel XI aangegeven.

Deze voorloopige proeven op kleine schaal zijn niet bedoeld om daaruit vaststaande conclusies te trekken, doch de resultaten geven aanwijzing dat:

- I. De gewone Semarangse tuingrond vermoedelijk geen schade doet aan de roode cementspecie;
- II. Een dichte teerlaag verdere verharding verhindert, maar ook de verweering tegenhoudt;
- III. Grondwater van roode aarde een slechten invloed heeft;
- IV en V. Geregeld optrekkend vocht de vastheid der specie doet verminderen.

Drukvastheid in kg/cm² van roode cementspecie onder verschillende invloeden.

Tabel XI.

Samenstelling v/d mortel (maatdeelen)	Verschillende invloeden	Na 1 mnd.	Na 3 mnd.	Na 1 jaar	Na 2 jaar	Na 5 jaar	Na 10 jaar
I Tw kalk : 1 R.C.v. Dv : 2 Slo zand.....	I	87,8	153,6	188,6	200,4	221,-	
I Tw kalk : 1 R.C.v. Dv : 2 Slo zand.....	II	69,2	130,8	171,8	174,-	172,4	
I Tw kalk : 1 R.C.v. Dv : 2 Slo zand.....	III	76,4	133,-	169,2	169,4	130,6	99,-
I Tw kalk : 1 R.C.v. Dv : 2 Slo zand.....	IV	77,4	139,4	180,-	186,-	193,4	146,4
I Tw kalk : 1 R.C.v. Dv : 2 Slo zand.....	V	85,4	151,8	205,6	214,-	229,2	158,5

- (I) De proefblokjes hebben 3 dagen in de vochtige kast gestaan, 10 dagen onder water, daarna weer ± 1 week in de vochtige kast en vervolgens zijn ze in den grond bewaard.
- (II) De proefblokjes hebben 3 dagen in de vochtige kast gestaan, 10 dagen onder water, ± 1 week weer in de vochtige kast, daarna zijn ze 2x geteerd en vervolgens, na ± 5 dagen, in den grond bewaard.
- (III) De proefblokjes hebben 3 dagen in de vochtige kast gestaan, 10 dagen onder water, ± 1 week weer in de vochtige kast, daarna in een zinken bak, gedeeltelijk met roode aarde, gedeeltelijk met water gevuld, (zie fig. 2).
- (IV) Als (III), doch in plaats van roode aarde: *gewone grond*.
- (V) Als (III), doch in plaats van roode aarde: *Solo zand*.

Bovenaanzicht. (Zinkenbak).

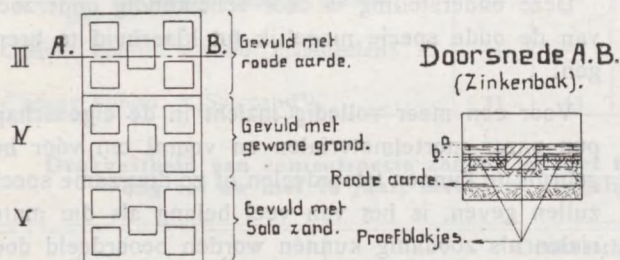


Fig. 2. Schema der vergelijkende blokjesproef.

Deze proef werd in de volle zon genomen, dus niet in de kamer.

Wanneer het water in den bak tot *b* was verdampt, werd dit weer tot *a* bijgevuld en de grond werd tevens omgeroerd.

Eéns per 3 maanden werd de grond vernieuwd.

BOEKBESPREKING.

Grondmechanica,
door Ir. A. S. Keverling Buisman, Hoog-
leeraar aan de Technische Hoogeschool te Delft, tijd.
wd. Hoogleeraar aan de Technische Hoogeschool te
Bandoeng.

Uitgegeven door het Bandoengsche Technische
Hoogeschoolfonds (Nederl.-Indische nooduitgave,
1941).

Prijs: f 10,— (gebonden). Verkrijgbaar bij den
Secretaris der T. H. te Bandoeng.

Voorjaar 1941 zag bovenstaand leerboek te Bandoeng het licht, als nooduitgave ingevolge de tijdsomstandigheden. De voorbereiding door den schrijver van dit boek was in Holland voorjaar 1939 voltooid; de verschijning heeft (naar later vernomen is) nog juist vóór de overweldiging van ons Moederland plaats gehad.

Waar in Indië onder den noodzaak der tijden reeds op velerlei gebied blijkt is gegeven van meerdere zelfstandigheid en eigen initiatief, is ook een uitgave als van het hier besproken leerboek een verschijnsel, dat onverholten instemming verdient.

In het „Woord vooraf” bij de Ned.-Indische nooduitgave vermeldt de schrijver hoe, in verband met de

in bepaalde technische kringen hier te lande bestaande belangstelling voor dit boek, het Bandoengsche Technische Hoogeschoolfonds bereid bleek aan de nooduitgave mede te werken.

Het aldus tot stand gekomen leerboek is qua inhoud niet geheel gelijk aan dien van den eersten (Nederlandschen) druk, gelijk de auteur in zijn voorwoord verklaart. Eenige nagezonden resultaten van Delftsche laboratoriumproeven zijn mede verwerkt, de tekst is plaatselijk wat verduidelijkt, soms ook uitgebreid, terwijl voorts enkele gegevens over tropische grondsoorten zijn toegevoegd.

De omvang van het werk beslaat 349 pagina's tekst, waarin opgenomen 204 figuren en tabellen; het vormt een afzonderlijk uitgegeven „hoofdstuk” in aanvulling op het bekende driedeelige werk van prof. ir. J. Kloppe: *Leerboek der Toegepaste Mechanica*.

Als beknopte omschrijving van den inhoud der behandelde leerstof worde volstaan met het volgende overzicht van de titels der hoofdstukken. Na het inleiden- de hoofdstuk I worden in hfdst. II de *natuurkundige eigenschappen van grond* besproken. In de hfdstn. III t/m V vinden we *Capillaire werkingen*; — *Samendrukbaarheid en vervorming, zettingsproblemen*; — *De schuifweerstand van grond* behandeld. De onderwerpen der volgende 3 hoofdstukken zijn: *Spannings-*

wijziging in den ondergrond ingevolge plaatselijke belasting en de bijbehorende zettingen; — Spanningsverdeeling in zijdelings onbegrensd terrein; cilindrische holtten; silowerking; — Draagvermogen van den grond. Ten slotte zijn in de hoofdstukken IX en X behandeld: *Neutrale gronddruk; actieve gronddruk; grondweerstand; werkelijke gronddruk; — Evenwichtsonderzoek van taluds.*

De behandeling van deze veelsoortige, doch alle onder het complex der verschijnselen en afleidingen, dat onder den gemeenschappelijken naam van Grondmechanica burgerrecht in de techniek heeft verkregen, vallende onderwerpen en hun details getuigt van het streven van den auteur deze op zoo duidelijk en zoo juist mogelijke wijze te doen geschieden. Hierbij sluit zich aan de alinea onderaan pag. 3 van dit werk, welke luidt:

„Ook in de gevallen, waarin het nog niet mogelijk is om bij de vraagstukken die zich voordoen betrouwbare quantitative uitkomsten te verkrijgen, kan toch toepassing van de denkwijzen der grondmechanica in vele gevallen leiden tot een beter inzicht in de gedragingen van grond en aldus tot een beter resultaat in qualitatieven zin.”

Naar vermeend wordt voorzien de onderhavige uitgave op welkome wijze in een bestaande leemte: niet alleen voor den ingenieur, in wiens practijk de toepassing van de leer der moderne grondmechanica tot nu toe veelal nog te fragmentarisch geschiedde, doch ook voor den aanstaanden ingenieur, zal het beschikken over een 4de deel van „Klopper”-(Buisman) een groote en blijvende steun zijn, als wegwijzer en leidraad op dit gebied.

De uitvoering en verzorging van druk, illustraties en bindwerk was bij de Gebr. Kleijne te Bandoeng in goede handen.

G. M.

PERSONALIA.

Ir. J. L. B. Gribbling, particulier, is benoemd tot hoogleeraar bij de Technische Hoogeschool te Bandoeng, tevens belast met de leiding van de aan die hoogeschool verbonden werktuigkundige afdeling.

Ir. Th. Karsten, particulier bouwkundig ingenieur te Bandoeng, is benoemd tot buitengewoon lector in de planologie bij de Technische Hoogeschool te Bandoeng (van 1 Sept. 1941 af belast geweest met het geven van lessen in de planologie aan de T. H. te Bandoeng).

Ir. J. J. Bellingwout, ingenieur bij 's Lands Waterstaat, is benoemd tot hoofdingenieur bij 's Lands Waterst. en ter beschikking gesteld van de zelfbesturen in het Gouvernement Jogjakarta.

Ir. W. F. Lutter, ingr. 2de klasse bij 's Lands Waterst., is ter besch. gest. v. d. Prov. West-Java en benoemd tot ingr. 2de kl.

Ir. G. C. L. Braam, ingr. 2de kl. (werktuigk.) op dagg. bij het Marine-Etablissement te Soerabaja, is tijd. bel. m. d. waarn. der betrekk. v. ingr. 2de kl. (werktuigk.) bij genoemd Etablissement.

Mr. ir. C. G. Frohwein, inspecteur b. d. Arbeidsinspectie, is op verzoek eervol ontslag uit 's Lands dienst verleend, met aanspr. op pensioen.

Ir. R. Sardjono, tw. ingr. 2de kl. bij het Boschwezen, ter besch. gest. v. d. N. V. Vereenigde Javasche Houthandel Mijen., is met ing. v. 30 Dec. 1941, onder gelijkt. ontheff. v. zijn ter besch. stelling, tijd. bel. m.d. waarneming dier betrekking en als zoodanig ter besch. gest. v. h. Hoofd v. d. Dienst der Bosschen op Java en Madoera.

Ir. G. J. Levenbach, ingr. 2de kl. b.d. P.T.T., is tijd bel. m.d. waarn. der betr. v. ingenieur bij genoemden dienst.

**KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS,
Groep Nederlandsch-Indië.**

**ONTWERP-BEGROOTING VOOR 1942
van de
GROEP NED.-INDIË VAN HET KON. INST. VAN INGENIEURS.**

	Uitkomsten 1940	Begrooting 1941	Verwachte uitkomsten 1941	Begrooting 1942
Ontvangsten.				
Contributies, intree- en inschrijvingsgelden.....	f 14 063,50	f 13 000,—	f 13 600,—	f 13 350,—
Intrest.....	„ 1 939,34	„ 1 350,—	„ 1 430,—	„ 1 400,—
Nadeelig saldo.....	„ 3 778,34	„ 2 245,—	„ 2 625,—	„ 565,—
Totale ontvangsten.....	f 19 781,18	f 16 595,—	f 17 655,—	f 15 315,—
Uitgaven.				
Bijdragen a/d Kringen en de Groepsafd. Mijnbouw.	f 282,82	f 350,—	f 120,—	f 300,—
Kring I.....	„ 382,88	„ 500,—	„ 435,—	„ 500,—
Kring II.....	„ 53,15	„ 150,—	„ 100,—	„ 150,—
Kring IV.....	„ 15,—	„ 200,—	„ 200,—	„ 200,—
Kring V.....	„ 55,39	„ 100,—	„ 100,—	„ 100,—
Afd. Mijnbouw (p.m.).....	„ —,—	„ —,—	„ —,—	„ —,—
	f 789,24	f 1 300,—	f 955,—	f 1 250,—
Lidmaatschappen.				
Fonds v.d. Normalisatie in Ned.-Indië.....	f 450,—	f 450,—	f 450,—	f 450,—
N. I. R. T. A.....	„ 50,—	„ 50,—	„ 50,—	„ 50,—
Ned. Indische Wegenvereeniging.....	„ 50,—	„ 50,—	„ 50,—	„ 50,—
Kon. Natuurkundige Vereeniging.....	„ —,—	„ 100,—	„ 100,—	„ 100,—
	f 550,—	f 650,—	f 650,—	f 650,—
Kantoorhuur.....	f 481,50	f 480,—	f 480,—	f 480,—
Administratiekosten.....	f 1 250,—	f 1 250,—	f 1 250,—	f 1 800,—
Aanvulling inventaris.....	f —,—	f 100,—	f —,—	f 50,—
Algemeene onkosten.				
Porti, telefoon, etc.....	f 152,33	f 250,—	f 70,—	f 150,—
Kantoorbehoeften en drukwerken.....	„ 178,43	„ 250,—	„ 210,—	„ 200,—
Onkosten effecten, etc.....	„ 39,44	„ 25,—	„ 5,—	„ 10,—
Kosten Bestuursverg. en vertegenw. v/d Groep	„ 17,41	„ 100,—	„ —,—	„ 50,—
Kosten Jaarvergadering.....	„ 345,75	„ 200,—	„ —,—	„ 100,—
Diverse kleine kosten.....	„ 148,17	„ 75,—	„ 65,—	„ 75,—
	f 881,53	f 850,—	f 350,—	f 585,—
Bijdrage voor <i>De Ingenieur in Ned.-Indië</i> ..	f 4 523,11	f 4 615,—	f 1 366,—	f 2 350,—
Bijdrage aan het Instituut in Nederland.....	„ 7 301,25	„ 7 000,—	„ 7 314,—	„ 7 000,—
Oninbare contributies en intreegelden.....	„ 93,—	„ 300,—	„ 290,—	„ 100,—
Onvoorzienne uitgaven.....	„ 1 000,—	„ 50,—	„ —,—	„ 50,—
Afschrijving effecten.....	„ 2 911,25	„ —,—	„ 5 000,—	„ 1 000,—
Totale uitgaven.....	f 19 781,18	f 16 595,—	f 17 655,—	f 15 315,—

ONTWERP-BEGROOTING VOOR 1942

voor De Ingenieur in Nederlandsch-Indië.

	Uitkomsten 1940	Begrooting 1941	Verwachte uitkomsten 1941	Begrooting 1942
Ontvangsten.				
Abonnementen.....	f 2 333,—	f 1 900,—	f 2 424,—	f 2 000,—
Ned. Chemische Vereeniging.....	„ 450,—	„ 1 350,—	„ 1 400,—	„ 1 400,—
Losse nummers.....	„ 112,80	„ 100,—	„ 100,—	„ 100,—
Advertenties.....	„ 6 070,22	„ 6 500,—	„ 8 300,—	„ 7 000,—
Overdrukken.....	„ 1 478,60	„ 1 300,—	„ 1 100,—	„ 1 000,—
Tegemoetkoming K. I. v. I.....	„ 280,—	„ —,—	„ —,—	„ —,—
Bijdrage Groep Ned.-Indië.....	„ 4 523,11	„ 4 615,—	„ 1 366,—	„ 2 350,—
Totale ontvangsten.....	f 15 247,73	f 15 765,—	f 14 700,—	f 13 850,—
Uitgaven.				
Drukkosten.				
Tekst en overdrukken.....	f 6 042,45	f 6 200,—	f 5 600,—	f 5 000,—
Bijlagen en platen.....	„ 434,82	„ 350,—	„ 250,—	„ 300,—
Advertenties.....	„ 558,47	„ 675,—	„ 820,—	„ 700,—
Omslagen.....	„ 355,74	„ 360,—	„ 350,—	„ 350,—
Adresbanden en stencils.....	„ 173,83	„ 200,—	„ 140,—	„ 150,—
Cliché's.....	„ 1 952,51	„ 1 800,—	„ 1 400,—	„ 1 500,—
Porti Drukkerij.....	„ 542,75	„ 600,—	„ 550,—	„ 600,—
	f 10 060,57	f 10 185,—	f 9 110,—	f 8 600,—
Redactie.				
Voorzitter en leden.....	f 2 400,—	f 2 400,—	f 2 400,—	f 2 400,—
Honoraria schrijvers.....	„ 2 085,38	„ 2 400,—	„ 2 400,—	„ 2 000,—
Corrector.....	„ 510,—	„ 480,—	„ 480,—	„ 480,—
	f 4 995,38	f 5 280,—	f 5 280,—	f 4 880,—
Algemeene onkosten.				
Porti en telefoon, etc.....	f 157,58	f 180,—	f 230,—	f 200,—
Bureaustkosten.....	„ —,—	„ 20,—	„ —,—	„ 20,—
Reis- en verblijfskosten.....	„ —,—	„ 20,—	„ —,—	„ 25,—
Teekenswerk.....	„ 34,20	„ 25,—	„ 80,—	„ 75,—
Diversen en onvoorzien.....	„ —,—	„ 50,—	„ —,—	„ 50,—
Totale uitgaven.....	f 15 247,73	f 15 765,—	f 14 700,—	f 13 850,—

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

Aangenomen en voorgestelde leden.

De in No. 11 van den vorigen jaargang voorgestelde leden zijn aangenomen.

Thans wordt voorgesteld als *junior lid*:

K wee H way S i a n, student aan de Technische Hoogeschool, Bandoeng.

Eventueele bezwaren tegen deze candidaatstelling worden vóór 28 Februari a.s. ingewacht bij het Secretariaat, Bragaweg 38, Bandoeng.

Betrekking gezocht door:

Civil ingenieur,

diploma Bandoeng 1937. Direct beschikbaar.

Mijningenieur,

diploma Delft 1928. Direct beschikbaar.

Civil ingenieur,

diploma Bandoeng 1937, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

Civil ingenieur,

diploma Bandoeng 1939, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

Civil ingenieur,

diploma Bandoeng 1941, oud 22 jaar. Direct beschikbaar.

Civil ingenieur,

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

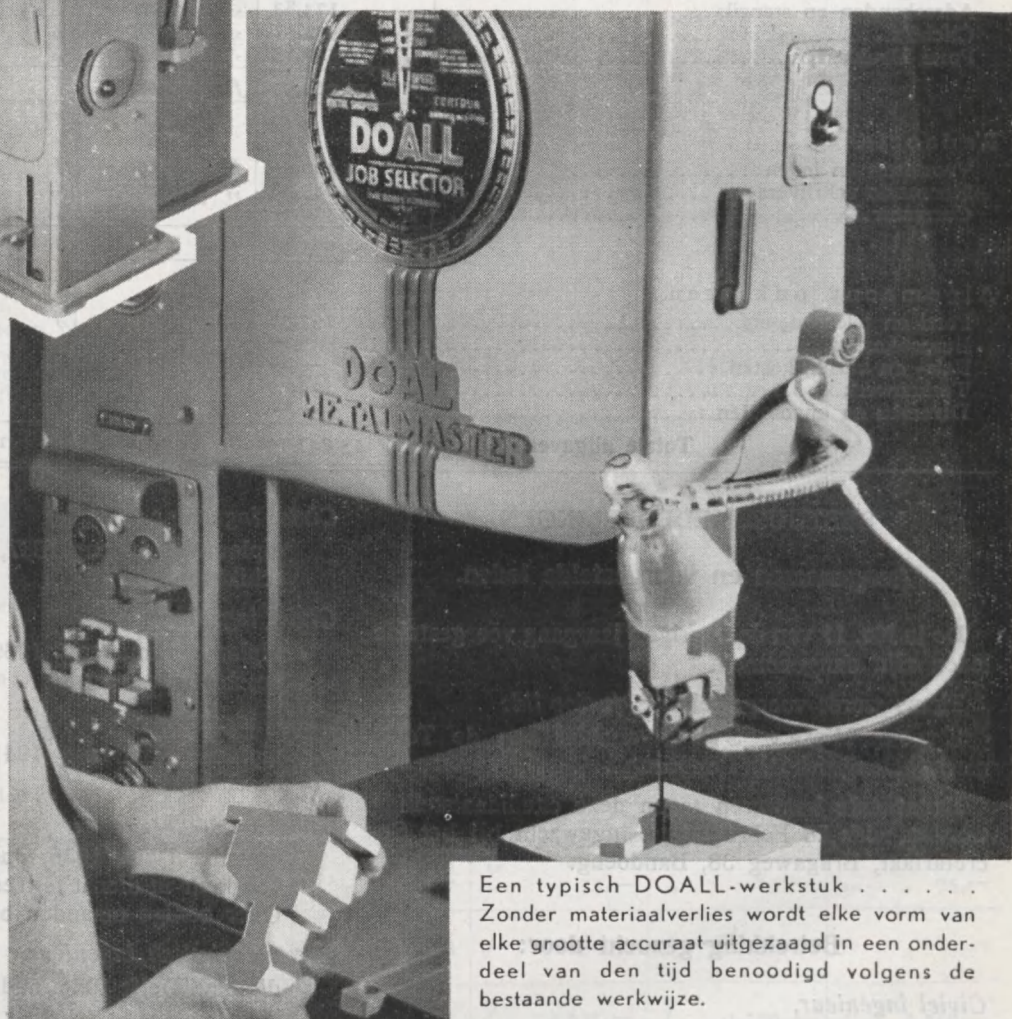
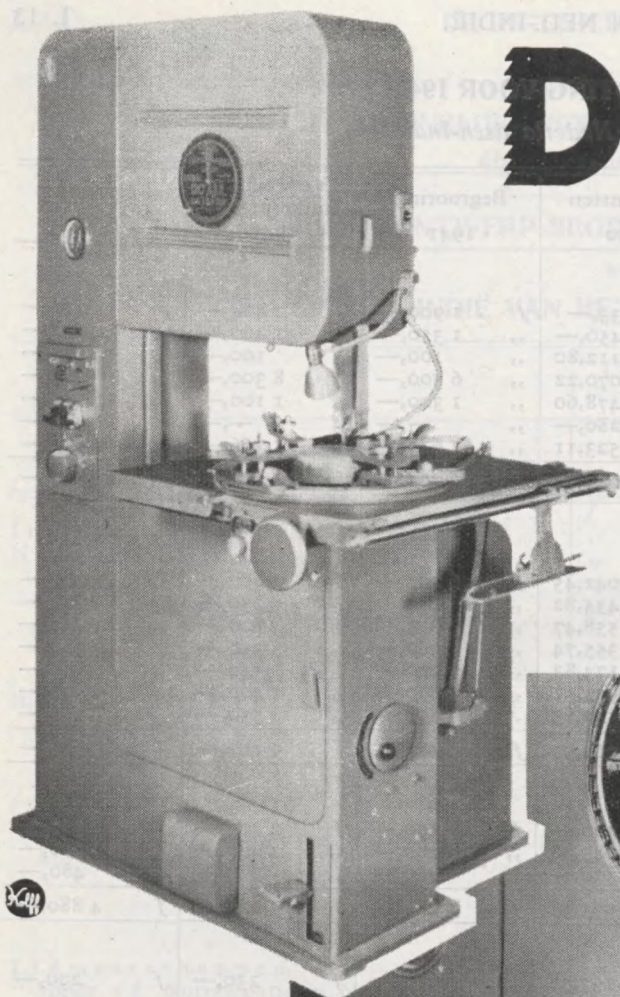
Electrotechnisch ingenieur,

diploma Delft 1936, oud 28 jaar. Direct beschikbaar.

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

DOALL *Machines*

Voor in - en uitwendig
zagen, vijlen en polijsten van
alle metaalsoorten en vele
non-metallieke materialen.



Een typisch DOALL-werkstuk
Zonder materiaalverlies wordt elke vorm van
elke grootte accuraat uitgezaagd in een onder-
deel van den tijd benodigd volgens de
bestaande werkwijze.

ALLEENVERTEGENWOORDIGERS

N.V. HET TECHNISCH BUREAU VRAAG & AANBOD
SOERABAIA • BANDOENG • BATAVIA • MALANG • DJOKJA

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

III. ELECTROTECHNIEK EN WERKTUIGBOUW.

INHOUD: Maximaal toelaatbare belastingen van elektrische leidingen hier en in de U.S.A., door Ing. D. W. Sparnaay. — Een basis-ontwerp van toekomstige standaardlocomotieven voor de Staatsspoorwegen, door ir. P. de Gruyter.

Maximaal toelaatbare belastingen van elektrische leidingen hier en in de U. S. A.

Naar aanleiding van mijn artikel onder bovenstaanden titel in het September-nummer van dit tijdschrift, jaargang 1941, ontving ik van de International General Electric te Batavia een rapport van de National Electrical Manufacturers Association in de U.S.A. (N.E.M.A.) betreffende de bepaling van de maximaal toelaatbare stroomsterkten voor gummiaderleidingen (dd. Juni 1938). In dit rapport vond ik een antwoord op de in genoemd artikel besloten vraag nl. welke beweegredenen er toe hebben geleid om de reeds jaren lang voor elektrische leidingen geldende maximale belastingen omlaag te brengen, waarvan ik het nuttig achtte het een en ander mede te deelen.

Dit rapport is opgemaakt door een Commissie, welke onder meer tot opdracht had:

1. Door proefnemingen vast te stellen, welke temperatuur maximaal toelaatbaar is te achten voor de rubberisolatie van elektrische leidingen;
2. een formule af te leiden voor de bepaling van de maximaal toelaatbare stroomsterkten van gummiaderleidingen;
3. tabellen op te maken van deze maxima, waarbij rekening is gehouden met de wijze van aanleg der elektrische leidingen.

De resultaten van deze studie alsmede van de proefnemingen vestigen den indruk, dat door deze Commissie zeer waardevol werk is gedaan en het feit, dat een en ander er toe heeft geleid om in de U.S.A. de geldende voorschriften dienovereenkomstig te wijzigen, spreekt mijns inziens boekdeelen, te meer omdat dientengevolge de aanlegkosten van elektrische installaties noodzakelijkerwijze hooger worden, zoodat een offer wordt gebracht aan de verhoging van de veiligheid.

Voor de bepaling van de maximaal toelaatbare temperatuur van rubber en wel de z.g. Code Grade Rubber (door ons genoemd NGA) heeft men een groot aantal proefstukken van diverse fabrikaten en doorsneden blootgesteld aan een constante temperatuur van 60° C respectievelijk 50° C en wel geduren-

de 100 dagen. De resultaten van de metingen voor zoover betreft de trekvastheid en de elasticiteit zijn in de hierna volgende figuren 1 t/m 4 weergegeven.

Hieruit blijkt duidelijk, dat bij een temperatuur van 60° C de eigenschappen van de rubber vrij sterk achteruitloopen en wel in die mate, dat het materiaal in dien toestand als minderwaardig is te beschouwen. Hier tegenover staat, dat bij de proef met 50° C zelfs na 100 dagen zowel de trekvastheid als de elasticiteit betrekkelijk weinig zijn teruggelopen.

Het feit dat bij de temperatuur van 60° C de metingen na 60 dagen moesten worden stopgezet, aanzien de rubber zoo plastisch werd dat de diverse proefstukken in één bundel aan elkaar vastkleefden, is mede een bewijs dat de temperatuur van 60° C te hoog was; hiertegenover bleek bij de temperatuur van 50° C dat zelfs na 133 dagen geen verdere achteruitgang werd geconstateerd.

De conclusie, dat dus voor NGA-leidingen een grenstemperatuur van 50° C moet worden aangenomen, is daarmee overtuigend bevestigd.

De Europeesche en onze AVE-voorschriften zijn eveneens uitgegaan van deze 50° C en het ligt voor de hand dat bij de berekening van de toelaatbare belastingen deze temperatuur als richtsnoer geldt.

Hierbij wordt aangeteekend dat in de U.S.A. naast de Code Grade rubber nog andere rubberisolaties worden toegepast, welke beter bestand zijn tegen verwarming en waarbij in het bijzonder de synthetische rubber een rol speelt. Aldus heeft men de Performance Grade Rubber en de Heat-resistant Grade rubber, welke respectievelijk bestand zijn tegen temperaturen van 60° C en 75° C.

Het is opvallend dat onze Europeesche industrie deze uitvoeringen (nog) niet kent en alleen verschil maakt met betrekking tot de bedrijfsspanning en de wijze van bescherming tegen beschadiging. Het is dan ook logisch, dat voor deze speciale uitvoeringen hogere maxima zijn toegestaan, welke in de hierna volgende tabellen zijn opgenomen, doch in onze eigen voorschriften geheel ontbreken.

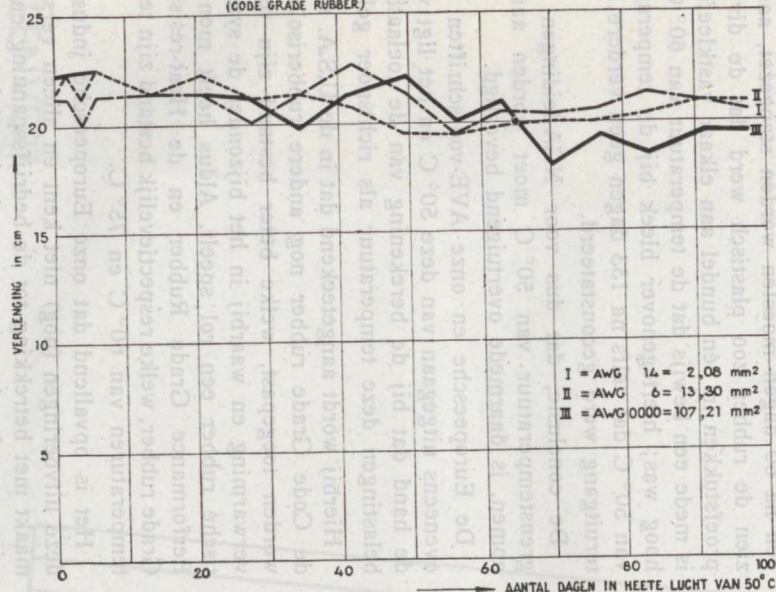
METING ELASTICITEIT
(CODE GRADE RUBBER)

Fig. 1

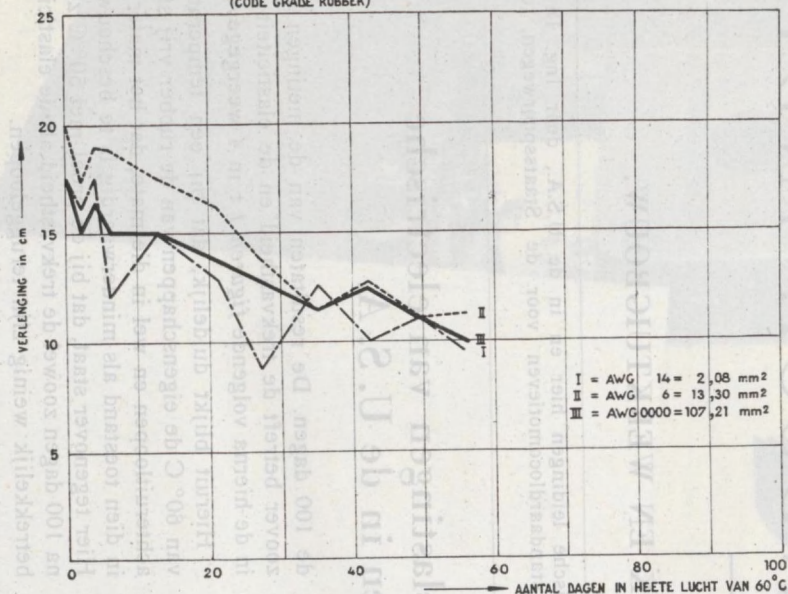
METING ELASTICITEIT
(CODE GRADE RUBBER)

Fig. 2

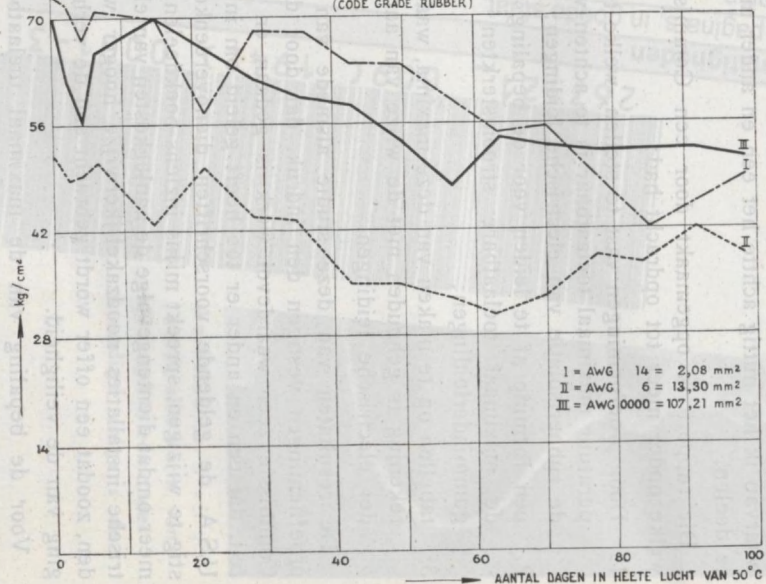
TREKFASTHEID RUBBERISOLATIE
(CODE GRADE RUBBER)

Fig. 3

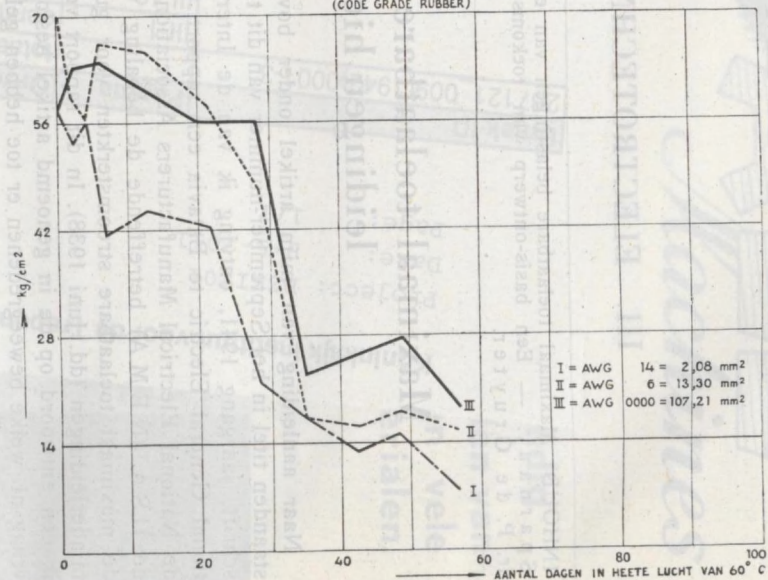
TREKFASTHEID RUBBERISOLATIE
(CODE GRADE RUBBER)

Fig. 4

Voor de berekening van de toelaatbare stroomsterkten is men uitgegaan van de navolgende formule:

$$I = \sqrt{\frac{T_o - T_a}{R_{cu} \cdot R_{th}}}$$

waarin:

T_o = de maximaal toelaatbare temperatuur voor rubber (dus voor de normale uitvoering 50° C);

T_a = de omgevingstemperatuur in °C;

R_{cu} = de specifieke weerstand van koper;

R_{th} = de thermische overgangsweerstand van den koperen geleider.

De bepaling van den factor R_{th} is op zich zelf een veelomvattend arbeid geweest. Deze factor is te beschouwen als de vervangingsweerstand van een serie thermische weerstanden, nl. die van de rubber-

isolatie, van de omspinning, van de direct omgevende lucht, van de buisleiding waarin de draden gelegd zijn en van de deze buisleiding omgevende buitenlucht. Hierbij is gebleken, dat de thermische weerstand van de rubberisolatie + de weerstand van de omspinning slechts 0,2 tot 0,1 bedraagt van den totalen weerstand en deze beide dus niet de rol spelen, welke aanvankelijk werd aangenomen.

Het is verder duidelijk dat naarmate er meer draden in één buis zijn gelegd de warmteoverdracht ongunstiger wordt, d.w.z. dat de thermische weerstand grooter is en het ligt dus voor de hand om voor iedere wijze van aanleg een factor in te laschen waarmee de gevonden waarden, zooals deze in tabel 1 zijn aangegeven, moeten worden vermenigvuldigd ten einde de grenstemperatuur van 50° C niet te overschrijden.

Tabel I.

		U. S. A.										
		NED.INDIË		AMPÈRES								
A. W. G. No. resp. aantal McM = 1000 Circular Mils	Overeen- komstige doorsne- de in mm ²			NORMAAL RUBBERADER Maximaal 50°C			SPECIAAL RUBBERADER Maximaal 60°C			WARMTEBE- STENDIG Maximaal 75°C		
		Door- snede in mm ²	AM- PÈRES	Eén- aderig in open lucht	IN ÉÉN BUIS		Eén- aderig in open lucht	IN ÉÉN BUIS		Eén- aderig in open lucht	IN ÉÉN BUIS	
					2 ×	3 × + 0		2 ×	3 × + 0		2 ×	3 × + 0
14	2,08	—	—	20	16	15	24	19	18	29	23	22
—	—	2,5	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	3,31	—	—	26	21	19	31	25	23	37	30	27
—	—	4	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	5,26	—	—	35	28	26	42	34	31	50	40	37
—	—	6	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	8,36	—	—	48	37	34	58	45	41	69	53	49
—	—	10	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	13,30	—	—	65	50	45	78	60	54	94	72	65
—	—	16	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	16,67	—	—	76	57	52	92	69	63	110	82	75
4	21,15	—	—	87	66	60	105	80	72	125	95	86
—	—	25	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	26,67	—	—	101	75	69	122	90	83	146	108	99
2	33,63	—	—	118	87	80	142	105	96	170	125	115
—	—	35	125	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	42,41	—	—	136	100	91	164	120	110	196	144	131
—	—	50	160	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	53,50	—	—	160	115	105	193	139	127	230	166	151
00	67,44	—	—	185	133	120	223	160	145	267	192	173
—	—	70	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—
000	85,03	—	—	215	153	138	259	184	166	310	220	199
—	—	95	240	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0000	107,21	—	—	248	175	160	298	211	193	358	252	230
—	—	120	280	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250 McM	126,67	—	—	280	195	177	338	235	213	403	281	255
—	—	150	325	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300 McM	152,01	—	—	310	220	198	373	265	238	446	317	285

Ook met de wijze van aanleg is rekening gehouden, terwijl ook metingen zijn gedaan om na te gaan in hoeverre verschil gemaakt dient te worden tussen gelijk- en wisselstroom, meer in het bijzonder bij den aanleg in stalen buis.

Wanneer men nu overweegt dat in onze AVE-voorschriften wordt volstaan met de eenvoudige mededeeling:

„Art. 561 B 1 — Koperleidingen met vezel- en „rubberisolatie mogen met geen hogere stroom-

„sterkten belast worden dan in de navolgende „tabel is aangegeven”

waarna de bekende tabel volgt, een tabel, welke wij conform aantreffen in voorschriften, welke dateeren van 1927 en daarvóór, dan vraagt men zich onwillekeurig af of wij niet een al te conservatief standpunt hebben ingenomen, gebaseerd op de gedachte, dat het reeds zoo langen tijd is goed gegaan en het op deze wijze nog wel zeer langen tijd goed zal kunnen blijven gaan.

Dit spreekt des te meer, indien men daarbij de ontwikkeling van de electrotechniek in de laatste twintig jaren in oogenschouw neemt, een ontwikkeling welke in de naaste toekomst ongetwijfeld nog zal blijven voortgaan en welke het daarom noodzakelijk maakt, dat ook wij ons aanpassen aan onzen tijd.

De eindresultaten van dit rapport zijn ten slotte vastgelegd in een serie tabellen, welke hierna volgen en waarbij ik in *tabel 1* volledigheidshalve ook de AVE-waarden heb opgenomen.

Een nadere beschouwing van de waarden in *tabel 1* leert ons dat meer speciaal voor de leidingen van grotere doorsnede de AVE-waarden der stroomsterkte belangrijk hooger zijn dan de nieuw vastgestelde waarden in de U.S.A. Neemt men bijv. 70 mm² NGA, dan mag dit volgens de AVE worden belast met 200 Ampères, wat in verhouding tot AWG OO (= 67,44 mm²) reeds hooger is dan voor den aanleg in de open lucht en dus zeker hooger wanneer men er rekening mede houdt, dat bij de normale uitvoering van minstens drie leidingen naast elkaar de voor Amerika geldende waarden met $2 \times 5\%$ moeten worden verminderd, wat dan daarop neerkomt, dat met de 200 A van 70 mm² overeenkomt een waarde van 173 A voor AWG OO.

Nog sterker spreekt dit bij den aanleg in buis, bijv. een krachtleiding van 3×70 mm², waarbij volgens dit rapport de toelaatbare belasting zou mogen bedragen $120 \times 70 : 67,44 = 125$ Ampère.

Een zelfde berekening doorgevoerd geeft de navolgende vergelijkende cijfers:

mm ²	Aanleg in stalen buis 3-fasen			
	A.V.E.	U. S. A.		
	50°C	50°C	60°C	75°C
2,5	20	18	21,6	26,4
6	31	29,7	35,4	42,2
10	43	40,6	49	58,5
25	100	75	90	108
50	160	98	119	141
70	200	125	151	180
120	280	168	204	242
240	450	251	303	363

Uit deze cijfers blijkt dus dat van 50 mm² af en hooger zelfs de waarden voor warmtebestendige draad tot 75° C worden overschreden, m.a.w. bij continue belasting zullen volgens de AVE-voorschriften de

geleidingen noodzakelijk te warm moeten worden, ook al houdt men er rekening mede dat de omgevingstemperatuur van 30° C gemiddeld hier te lande wat lager zal zijn.

Correctiefactoren voor verschillende omgevingstemperaturen.

Tabel II.

Omgevings-temperatuur	Code Grade Rubber 50°C	Performance Grade Rubber 60°C	Heat-resistant-Grade Rubber 75°C
10°C	1,41	1,29	1,20
20°C	1,23	1,15	1,10
30°C	1,00	1,00	1,00
40°C	0,71	0,82	0,88
50°C	—	0,58	0,75
60°C	—	—	0,58

Het zal waarschijnlijk slechts zelden voorkomen dat een continue belasting vele uren achtereen optreedt en zeer zeker niet bij de geleidingen van kleinere doorsnede, waarbij de verschillen trouwens niet zoo groot zijn en welke geleidingen normaal worden berekend op spanningsverlies, zoodat de belasting veelal ver ligt onder de maximaal toelaatbare belasting.

Hier tegenover staat echter, dat door de hogere prijzen en het daarmee samenhangende gebrek aan vele materialen men onder de huidige omstandigheden geneigd zal zijn meer en meer de grenswaarden te benaderen en dan is gevaar zeer zeker niet uitgesloten; daarnaast moet niet uit het oog worden verloren, dat ook eventuele vervanging van beschadigde geleidingen bezwaren zal opleveren.

Het is daarom, dat ik aan de hand van de hier verstrekte gegevens in overweging zou willen geven met de in de U.S.A. opgedane ervaringen ernstig rekening te houden. Hoewel het voor de hand zou liggen deze Amerikaansche cijfers rechtstreeks over te nemen, kan ik mij voorstellen dat hiertegen bezwaren zullen kunnen worden aangevoerd van de zijde van het Departement van V. en W. en het Veiligheidstoezicht, te meer waar onder de gegeven omstandigheden daarvoor geen gelegenheid en tijd beschikbaar is.

Wat echter niet wegneemt, dat te zijner tijd aan deze kwestie de volle aandacht besteed zal moeten worden.

D. Sparnaay.

Een basis-ontwerp van toekomstige standaardlocomotieven voor de Staatsspoorwegen

door

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

Hoofd van het Proefbureau voor Rollend Materieel der S.S. te Bandoeng.

Korte inhoud.

Als slot van deel I wordt een uitvoerig chronologisch overzicht gegeven van de literatuur der beide laatste decennia, voor zoover hierin de meest markante ontwikkelingstendenzen van de moderne stoomlocomotief tot uiting komen. Bij bepaalde tijdschrift-artikelen is tevens de kern van hun inhoud weergegeven, wanneer schrijver dezes dit wenschelijk achtte ter ondersteuning van diens navolgende betoogen. De weinige titels met betrekking tot het probleem „Stoom tegenover Diesel” zijn slechts als een voorloopige oriëntatie bedoeld; zij wettigen in ieder geval geen enkel pessimisme ten opzichte van de zeer gunstige totale rentabiliteit der geperfectioneerde stoomlocomotieven, bij overheerschend en opgevoerd gebruik voor den lijndienst in het moderne railverkeer.

Aan de hand van de vermelde, dikwijls verrassende publicaties, bevat het eerste gedeelte een kritische analyse van de algemeene grondslagen, waaraan de constructie van nieuwe locomotieven zal hebben te voldoen. Daarbij waren meerdere aanvullende gegevens te verwerken uit de in Indië verkregen proefbureau-resultaten. Het is namelijk een hoofdvoorwaarde, dat de geconcipeerde typen de hoogste vermogens bij het gunstigste rendement per gewichtseenheid kunnen ontwikkelen, welke volgens het huidige sterk verdiepte inzicht nog met den klassieke bouw van de stoomlocomotief te realiseren zijn. Alleen dan heeft men de zekerheid, dat zij als de meest eenvoudige en economische standaardtypen tot in afdoende verre toekomst ten volle bruikbaar zullen blijven, om de uiterste voordeelen te kunnen trekken uit de ermede beoogde, zoo ver mogelijk doorgevoerde normalisatie van hun onderdeelen.

Het tweede gedeelte behelst een inleidende behandeling van de verhoogde gewichtsbegrenzungen, welke als gevolg van de, bij de S.S. in uitvoering zijnde belangrijke versterking van de kunstwerken en nog merkbare verbetering van de baan, aan het ontwerp op te leggen waren. Hierdoor wordt het aantal realiseerbare standaardtypen alreeds grootendeels bepaald. Daarna volgt een gedetailleerde berekening van de hoofdafmetingen, gebaseerd op enkele voor de toekomst gestelde programma-eischen, die de keuze van slechts vier typen van eenheidsketel verantwoorden. Uit de in het betoog verwerkte grondcijfers blijken de frappante voordeelen, welke de in alle opzichten geperfectioneerde ontwerp-uitvoeringen tegenover de huidige verouderde locomotieven kunnen opleveren. Niettemin valt uit een serie overgelegde karakteristieken te concluderen, dat de geponeerde groote ketelcapaciteiten beslist onvoldoende uit te buiten zijn bij behoud van de normale tweelingmachine met een onderlinge koppeling van de aangedreven assen en hun alleszins te gelimiteerde railbelastingen.

Het laatste euvel dwingt — in verband met de, door de bestaande lichte Indische railprofielen te veel beperkte individuele asbelastingen — tot een zoo ruim mogelijke toepassing van afzonderlijk aangedreven assen. Voor deze zijn namelijk de wioldrukkingen tot 15% op te voeren bij het ontbreken van contragewichten, terwijl bovendien de specifieke adhaesiebelasting gunstig beïnvloed wordt door de tandwielaandrijving. In het derde gedeelte zijn de technische oplossingen hiervoor meer uitvoerig beschreven. Tevens bevat dit gedeelte een nadere behandeling van andere belangrijke details van het definitieve basis-ontwerp; o.m. worden ook de verbeterde tractiekarakteristieken geproduceerd. Tenslotte zijn drie typen van standaardtenders geconcipeerd, welke capaciteiten gelimiteerd moeten blijven om het zeer onrendabele „dood”-gewicht achter de locomotief te beperken. In de toekomst zal minstens voor de buitengewone treinen het bijvullen van water gedurende den rit plaats dienen te hebben en wel uit eenige met overleg over groote afstanden van de baan verspreid aangebrachte watergoten, waarvan de constructie kort omschreven wordt.

I. DE RECENTE BELANGRIJKE ONTWIKKELING VAN DE STOOMLOCOMOTIEVEN.

Inleiding.

Het ontwerp van een typenschema voor nieuwe locomotieven zal tot in redelijk verre toekomst bindend moeten blijven, willen op den langen duur de economische voordeelen der daarmede beoogde, ingrijpende normalisatie en standaardisatie van onderdeelen een zoo groot mogelijk nuttig effect sorteren. Dit vereischt in de eerste plaats, dat men bij de — aan het schema ten grondslag gelegde — algemeene constructie der machines volledig rekening houdt met de jongste ontwikkelingstendenzen, welke tot een belangrijke vermeerdering van het vermogen en van het totale rendement der stoomlocomotieven leiden. Deze evolutie heeft vooral tusschen de jaren 1930 en 1937, waarin het internationale spoorwegcongres resp. te Madrid en te Parijs zitting hield, in een zeer versneld tempo plaats gehad. Hierbij werden tenmin-

ste voor de verschillende verbeteringen, die zich op de locomotieven van het normale, d.i. uit een bedrijfs-oogpunt nog altijd het meest eenvoudig gebleken systeem aan lieten brengen, reeds vrij scherp bepaalde economische grenzen vastgesteld [L 17, première partie].

Men zal namelijk in het algemeen bij de koloniale spoorwegen de voorkeur moeten geven aan het behoud van den klassieke grondvorm van de stoomlocomotief, met haar doorzichtige behandeling en haar beproefden onderhoudsgang. In het bijzonder voor de Nederlandsch-Indische S.S. ware principieel vast te houden aan den, met de gouvernements steenkolen uit de hand gestookten, oorspronkelijken Stephenson-ketel; met deze voor het doel uiterst gunstige brandstof is bij groot stukgehalte of brikettering verreweg de hoogste overbelastbaarheid be-

reikbaar¹⁾. De nieuwe typen van hoogedruk-ketels tot 60 kg/cm² en meer, welke zich momenteel nog in het experimenteele stadium bevinden [L 17, deuxième partie], zullen — in verband met hun dikwijls zeer gecompliceerde constructies — wel nooit voor toepassing in Indië in aanmerking komen.

Algemeene ketelconstructie en haar criteria.

1. Verhoging van den keteldruk. De huidige keteldruk van 12—14 at kan ook hier veilig tot 20 kg/cm² verhoogd worden. Dit schijnt de limiet te zijn, welke vrijwel unaniem door de geconsulteerde spoorwegmaatschappijen vastgesteld is voor de toekomstige ontwikkeling van de normale locomotief-typen, opdat deze geen vermeerderd onderhoud zullen vergen, als gevolg van een onvoldoende duurzaamheid der aangewende metalen bij te hoge water- en stoomtemperaturen. Tevens is stoom van dezen druk nog economisch in enkelvoudige expansie te verwerken [L 17, p. 466/62].

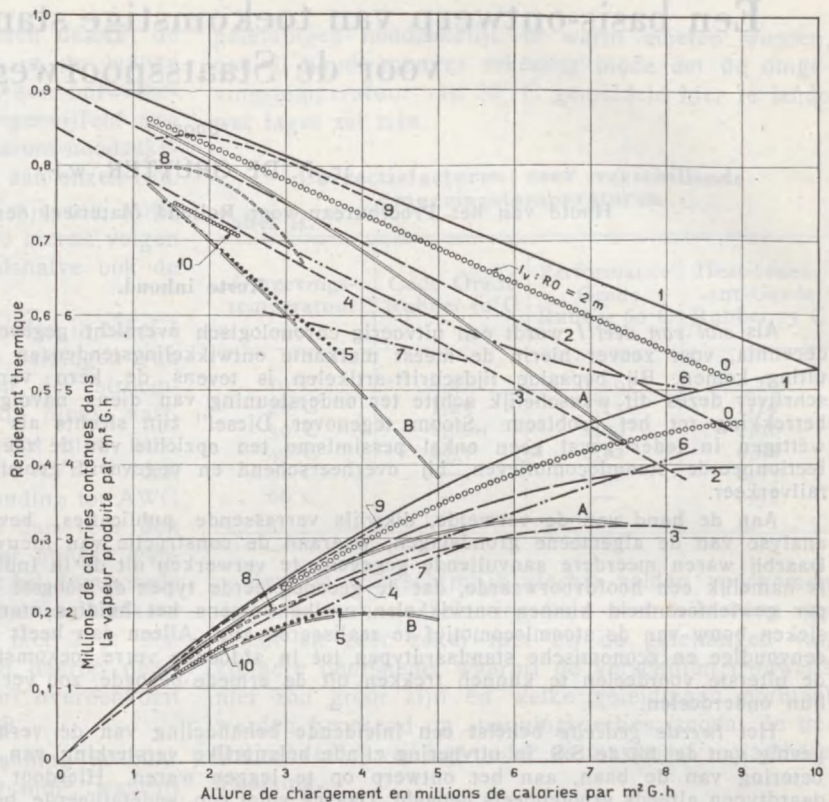


Fig. 1. Het rendement van moderne locomotiefketels.

2. Speciale staalsoorten voor de ketelconstructie. — Daarbij laat zich het ketelgewicht binnen aanvaardbare grenzen houden door gebruik te maken van hoogwaardig materiaal, t.w. nikkelstaal met een trekvastheid van 45 — 50 kg/mm² voor den langsketel, resp. chroom-molybdeenstaal van 48 — 55 kg/mm² voor de geheel te lasschen binnenvuurkist (Deutsche Reichsbahn). Zou men toch voor de laatste het zwaardere koper toe willen blijven passen, dan is een zorgvuldig aangebrachte verankering noodig (Fransche spoorwegen); niettemin wordt de trekvastheid en de erosie van dit metaal nadeelig beïnvloed door de hoge vlamtemperatuur bij tijdelijke overbelasting van de verbrandingsruimte [L 17, p. 466/62-475/71; L 85]. In Frankrijk ging t.v. alleen de Compagnie d'Orléans (P. O.-Midi) tot stalen vuurkisten over, waarbij het lasschen van de pijpen op de tubeplaat tevens het uitgesproken voordeel opleverde, dat zelfs onder abnormaal geforceerde belastingsomstandigheden geen enkelen hinder van vlampijplekkages werd ondervonden [L 60, p. 132]. Zoowel uit een bedrijfsoogpunt als uit gewichtsoverwegingen verdient dus een stalen vuurkist de voorkeur [Cf. L 132].

3. Verbetering van de verbranding. Groote verbrandingsruimte. Vuurbrug. Speciale stookdeur. — Op grond van door het S.S.-Proefbureau opgedane ervaringen en aan de hand van vergelijkende studies met betrekking tot buitenlandse uitvoeringen, moet voor de vuurkist een uiterste verhouding $I_v : RO \cong 2$ m urgent

geacht worden (zie noot 1). Dit verhoudingsgetal waarborgt een zoo hoog mogelijk nuttig effect der verbranding van de kenmerkend gasrijke Indische steenkolen (v.g.l. met fig. 1, d.i. de reproductie van fig. 11 uit schrijver's aangehaalde artikel). Een verdere vergroting van het vuurkistvolume I_v is niet gewenscht, omdat hierdoor bij een meestentijds van de locomotief gevegd middelmatten belastingstoestand geen verbetering, zelfs eerder eenige verslechteringen van genoemd rendement verwacht kan worden. Men geeft dan de geringe winst prijs, welke slechts bij grensprestatie of overbelasting van de machine bereikbaar zou zijn [L 60, p. 159-194; L 80; L 12, p. 356-517; L 107; L 22]. Bovendien vereischt de betreffende brandstof voor haar practisch volledige, i.c. rookloze verbranding — met een beperkt luchtoverschot — de aanwezigheid van een lange gesloten vuurbrug in de eigenlijke verbrandingsruimte. Een voorgestelde, uniforme stookdeur beoogt het in de hand werken van het toelaten van een suppletie aan secundaire lucht, tijdens de inleidende hevigste gasontwikkeling na elk bijgooien van verse steenkool [L 7, fig. 44 : porte de foyer de l'O.C.E.M., p. 46-47].

4. Vuurkistconstructie met afzonderlijke verbrandingskamer. — Het genoemde groote vuurkistvolume laat zich bij het lage speelruimteprofiel van de smalspoorwegen der Indische S.S. slechts verwerkelijken met behulp van lange verbrandingskamers. Deze leveren, naast een hoog rendement der verbranding, de volgende voordeelen op: — vergroting van het meest effectieve, direct bestraalde verwarmd oppervlak, — verminderde aantasting van de tubeplaat,

1) P. de Gruyter. De locomotiefbrandstof der Staatsspoorwegen. *De Ingenieur in Ned.-Indië* 1941 (8), No. 3, III p. 15-30.

doordat de gasttemperatuur ter plaatse, als gevolg van de sterkere warmte-afstraling der verbrandingsproducten, alreeds kleinere waarden heeft bereikt, — terwijl bovendien een verlegging van het zwaartepunt van den ketel naar voren plaats grijpt, welke een betere gewichtsverdeling tusschen de gekoppelde assen en de achterste draagas mogelijk maakt. Tenslotte is het gebruik van gepatenteerde, dikwijls ingewikkelde rookverbranders beslist af te raden, omdat het totaal der aangegeven constructieve maatregelen bij goede behandeling van het vuur bereids een praktisch rookloze verbranding waarborgt. Geen enkel speciaal systeem van rookverbranding kan ooit slecht werk van den stoker teniet doen [L 17, p. 477/73-481/77].

5. Verbetering van de watercirculatie. Waterpijpen. Thermosyphon. — De vuurkist is uit te rusten met drie waterpijpen dia. 66/76 mm; alleen bij het zwaarste keteltype ware de middelste pijp te vervangen door een thermosyphon volgens Nicholson. [L 34; L 5, p. 19-27; L 75; L 12, p. 485-494]. Zij zijn parallel met elkaar aan te brengen op dusdanig gelijke afstanden van hart op hart, dat voor alle locomotieven één overeenstemmende maat van middensteen der op hen steunende vuurbruggen toepassing kan vinden. De waterpijpen en syphon bevorderen de watercirculatie van den ketel en leveren als gevolg hiervan onderstaande voordeelen op: verkorting van den duur van het op stoomspanning brengen, vermindering van de ketelsteenafzetting op de topplaat en verbetering van de verdamping in het algemeen. Toch zullen vooral de syphons, in verband met de somwijlen ondervonden moeilijkheden om deze dichtend te houden, met de uiterste zorg doorgeconstrueerd moeten worden, bijv. door gebruik te maken van bijzonder laschmateriaal [L 17, p. 475/71-477/73].

6. Roosterconstructie. Vast rooster met klaprooster. Vrij roosteroppervlak. — Aan te houden is de klassieke vorm van het rooster met vaste staven, echter uitgerust met een klaprooster van 400 — 450 mm lengte in het tweede veld van voren, dat ver genoeg van de broeksplaat verwijderd moet zijn, om op het voorste gedeelte van het vaste roosteroppervlak een voldoende groot reservevuur te kunnen onderhouden. Bij 15 mm kopbreedte der ijzers en 12 — 13 mm opening der luchtspleten zal het totale vrije roosteroppervlak ca 35 — 40% bedragen; overigens ware er naar te streven om voor alle ontwerp-locomotieven met het geringste aantal genormaliseerde staaflengten uit te komen [L 19, p. 1730-31]. Gelet op het gunstige gehalte, resp. smeltpunt van de asch der Sumatra-kolen behoeft men bij zoo dun en gelijkmatig mogelijk stoken — gepaard met een goeden trek op het vuur — geen onoverkomelijke verstopping van de gesignaleerde luchtspleten door abnormale samensmeltingen te vreezen, zoodat in het algemeen afgezien kan worden van het duurdere en gecompliceerdere schudrooster.

6a. Schudrooster. — Niettemin ware op dezen regel een uitzondering te maken voor de zwaarste typen van sneltreinlocomotieven, welke voorbestemd zouden zijn om doorgaande treinen — zonder omwisseling van machine — over de langste trajecten te

vervoeren. Uiteraard zal voor de bewuste diensten naar een beperkt aantal stationnementen van korten duur gestreefd worden, waardoor dan de gelegenheid ontbreekt tot het zorgvuldig stukstooten met den haak van de uiteindelijk te verwachten, hinderlijk verspreide aankorstringen op het rooster. De eenvoudige manipulatie van een schudrooster laat in zulke gevallen een volkomen afdoende behandeling van het dieper gelegen vuur op elk gewenscht tijdstip van den rit toe, zonder de ordelijke schikking van het bovenste gedeelte der stooklaag te verstoren. Ook deze constructie moet minstens met een vrij roosteroppervlak van ca 35% uitgevoerd worden en wel bij zoo gelijkmatig mogelijk verdeelde openingen tusschen de vingers van dusdanige afmetingen, dat geen grootere aschbak-verliezen kunnen optreden dan bij de normale roosterijzers.

7. Verhooging van de stoomtemperatuur. — Verder ondergaat het totaal nuttig effect van den ketel eveneens een verbetering door de sub 1 gesignaleerde verhooging van den keteldruk tot 20 kg/cm², welke op zichzelf reeds tot eenige besparing in het kolenverbruik voert. Bovendien behoort deze achter vergezeld te gaan van een hoogere oververhitting van den stoom en een juiste aanpassing van de cilinderafmetingen, opdat tevens het specifiek verbruik van de machine tot zoo klein mogelijke waarden teruggebracht wordt, hetgeen de brandstoffbesparing in veel ingrijpender mate begunstigt. Unaniem schijnt hier de grens voor de stoomtemperatuur bij vollast op ca 400° C vastgesteld te zijn, wil men de zekerheid behouden, dat ook bij afnemende belasting en een daarmede gepaard gaande daling van de oververhitting toch nog geen nadeelige condensatieverschijnselen in de kern van de verder geëxpandeerde stoommassa op zullen treden. Door het een en ander blijven dan slechts geringe voordeelen van een compounding te verwachten, waardoor men — zonder noemenswaardige offers aan de algemeene bedrijfs-economie te brengen — de voorkeur zal mogen geven aan de, in de uitvoering en de behandeling, minst gecompliceerde locomotiefsystemen met een eenvoudige expansie van den stoom in de cilinders [L 15c, p. 66-87].

8. Smering van de zuigers en de schuiven. — Overigens vindt de stoomtemperatuur naar boven toe een vrij markante begrenzing door de moeilijkheden, welke de smering van de zuigers en de schuiven zou gaan opleveren en door een te geringe duurzaamheid van de gebruikte constructie-materialen bij al te hoge temperaturen. Als smeermiddel worden meestal zuivere minerale oliën met een ontvlammingspunt > 300° C of gecompoundeerde oliën met een zoodanige waarde tusschen 275 — 300° C benut, die hoogstens uiterst geringe sporen van asfalt en asch mogen bevatten. De smering geschiedt op de moderne locomotieven vrijwel algemeen met behulp van mechanische oliepompen van de bekende typen, waarbij de tendens voorzit om hiermede steeds meer van de belangrijkste smeerpunten met afzonderlijke zuigertjes te bedienen, d.i. door een vermenigvuldiging van het aantal cilindertjes in het pompaggregaat. Van belang zijn de verschillende voorzieningen,

welke een continuen en gelijkmatigen olietoevoer waarborgen (terugslagklepjes, uitvoering der leiding-splittingsen) en welke iedere neiging tot carbonisatie van de olie bij contact met den hoog oververhitten stoom moeten verhinderen (verstuivers). Daarvoor waren afdoende bedrijfszekere oplossingen toe te passen [L 17, p. 489/85-496/92].

9. Dichting van de zuigers en de zuigerstangen. — De vergrooting der snelheden, drukken en temperaturen stellen tevens bijzondere eischen aan de zuigerdichting. Deze is blijkbaar meer duurzaam te verwezenlijken door een vermeerdering van het aantal ringen onder gelijktijdige verkleining hunner afzonderlijke breedte- en diktematen, waardoor eenzelfde hoogte dichtingsgraad als voorheen bereikt wordt, echter bij sterk verminderde slijtages door een veel gunstiger elasticiteit der zuigerveeren. De vrijwel volkomen afdichting, welke reeds vroeger met 4 smalle veerende ringen bij de bosschuiven verwekelijkt werd, wees hier den weg. [Cf. o.m. L 130 en L 138]. Ook zijn het gebruikte materiaal en de gerealiseerde, beperkt te houden vlaktedruk van den grootsten invloed. Wil de laatste niettemin gelijkelijk over den geheelen omtrek uitgeoefend worden, dan zullen de veeren vóór het aanbrengen een nauwkeurig omschreven nabewerking behoreen te ondergaan. Tenslotte komen voor de cilinder- en schuifkastdichtingen alleen samengestelde metallieke pakkingen in aanmerking, welker materiaal tegen de hoogste temperaturen bestand moet zijn. Hier ware de keuze eens en voor altijd op één enkel der meest betrouwbaar gebleken systemen te bepalen, dat als standaardtype aangehouden dient te blijven [L 17, p. 496/92-502/98].

Oververhitterconstructie.

10. Criterium voor de gasstroomingen in de ketel-pijpen. — Het streven naar de verwerkelijking van hoge stoomtemperaturen leidde vooral bij de steeds grootere ketels tot somwijlen zeer belangrijke wijzigingen van de voordien algemeen gebruikelijke oververhitterconstructies. Daarbij speelt namelijk de verdeeling van den gasstroom over het pijpen- en buizenest, die dus het relatieve warmteaanbod respectievelijk aan het stoomvormend verwarmd oppervlak en aan dat van den oververhitter bepaalt, een ingrijpende rol, welke in hoofdzaak beheerscht wordt door de individuele stroomingsweerstand in de pijpen en de buizen. Deze weerstanden zijn eenzijdig afhankelijk van de vrije doorsnede F_1 en anderzijds van het totale wandoppervlak F_2 waarlangs de verbrandingsgassen gesleurd worden. Voor een gestelde pijplengte bestaat theoretisch, onder aanname van een gemiddeld rookgasvolume, voor de gassnelheid v de globale betrekking

$$v = f(F_1/F_2).$$

Vanzelfsprekend moet hierin bij de buizen voor F_2 niet alleen het inwendige wandoppervlak van de eigenlijke vlambuis, doch tevens de som der uitwendige oppervlakten van het oververhitterelement ingevoerd worden.

11. De eisch van gelijkmatige en begrensde gassnelheden. — Voor het ontwerp van den ketel komt het nu gelukkig niet zoo zeer aan op de absolute waarden van v , dan wel op een zooveel mogelijk gelijkmatige verdeeling van v over de pijpen en de buizen, die zich — wat ook duidelijk bevestigd werd door de opgedane ervaringen — het meest afdoend laat verwezenlijken bij practisch volledige overeenstemming van de waarden F_1/F_2 voor de beide genoemde groepen. Men spreekt daarbij van hun zoogenaamde Wagner-verhouding [L 158]. Verder viel reeds op grond van de verkregen bedrijfsresultaten te concludeeren, dat met een minimum van deze verhouding F_1/F_2 tusschen 1 : 400 tot 1 : 420 het gezamenlijke drukverlies van de gasstroomingen in den langsketel binnen dusdanig redelijke grenzen is te houden, dat zelfs bij de grootste pijplengten toch geen abnormaal hoge rookkastvacua zullen optreden, d.w.z. voor alle ketelproporties een gunstig rendement van de exhaustwerking gewaarborgd blijft. Bovendien bleek de hieruit voortvloeiende beperking van de gassnelheden een zeer effectieve warmteoverdracht in het pijpennest, t.w. aan het indirect verwarmd oppervlak, te verzekeren.

12. Waarborgen voor een zoo gunstig mogelijk ketelrendement. — Uit een samenvatting van de gestipuleerde waarnemingen kan dus de algemeene gevolgtrekking gemaakt worden, dat voor de meest uiteenlopende ketels het hoogst bereikbare totaal nuttig effect onafhankelijk zal zijn van de gerealiseerde pijplengten, mits de vrije doorsneden of wel de diameters van de pijpen en de buizen (de laatste inclusief de oververhitterelementen) gelijkelijk op hun lengten afgestemd werden met behulp van de overgelegde eenvoudige grondformule. Als veilig criterium moet dan slechts aan de daarvoor empirisch vastgestelde grenswaarde voldaan zijn. Het is in het bijzonder deze eisch, welke vooral bij de langere ketels ingrijpende afwijkingen van de voormalige normen noodzakelijk maakt, die eenzijdig neerkomen op de toepassing van ruimere vlampijpen en -buizen, en anderzijds van nauwere elementleidingen. De hieruit voortvloeiende, somwijlen belangrijke verruiming van de gasdoorsneden, zal bovendien een zeer gunstige uitwerking hebben op de neiging tot verstopping van de pijpen, welke in bepaalde gevallen zelfs practisch volledig verdwenen kan zijn [zie ook L 112, L 157 e.a.].

13. Groote variabiliteit in de oververhitting bij oude ketels. — Eigenaardig heeft men wel alreeds van ouds voor de vlampijpen naar een redelijke verhouding tusschen hun doorsneden en lengten gestreefd, doch voelde zich tot voor korten tijd veel te veel gebonden aan onveranderlijke oververhittermaten, met als gevolg groote ongelijkheden in de gasverdeling bij de verschillende ketelafmetingen, welke zich uiteten in onderling merkbaar uiteenlopende temperaturen van den oververhitten stoom. Uit een warmtetechnisch oogpunt is dan ook juist voor de onderhavige ketelonderdeelen tegen elke te ver doorgevoerde normalisatie te waarschuwen.

het nagestreefde maximum garandeeren. Voor alle moderne uitvoeringen werd hier de oplossing gevonden in een zoo ver mogelijk doorgevoerde splitsing of parallelschakeling van de stoomwegen, d.w.z. bij een nog slechts enkelvoudige indompeling van de elementen in den gasstroom van de vlambuizen.

15. **Waarborgen voor een hooge oververhitting.** De verhouding $VO_o : VO_k$. — De praktijk heeft uitgewezen, dat door de daarmede gepaard gaande beperking van de gemiddelde stoomsnelheid alreeds bij een éénmaligen heen- en weergang in de tegenstroomende gasmassa een afdoende warmteopname wordt bewerkstelligd, als gevolg van de belangrijke verbetering van den graad van de warmteoverdracht bij de gereduceerde gas- en stoomsnelheden. Tenslotte bleek dan voor het meerendeel der uitgevoerde nieuwe ketels, in zooverre hun relatieve afmetingen in voldoende bevredigende mate aan de hooger geschetste criteria voldoen, de verhouding van het totaal verwarmd oppervlak van den oververhitter tot het stoomvormend verwarmd oppervlak, t.w. $VO_o : VO_k$, te varieeren tusschen de grenswaarden 0.35 tot 0.45.

16. **Moderne Fransche oververhitterconstructies** (zie fig. 2). — De gerealiseerde, meer of minder ingrijpende wijzigingen van de oorspronkelijke oververhitterconstructies, kunnen als volgt geresumeerd worden: de nieuwste Fransche systemen vertoonen slechts een enkele indompeling van de meer samengestelde elementen, hetzij door een splitsing van de heenleiding in vier of drie sterk afgeplatte pijpen met een inwendige doorsnede van 8×43 mm (resp. type *Mestre*, c.q. *DM.4* en type *DM.3* van de *Est en Etat français*) of in vier nauwe cirkelvormige pijpen met een diameter van 16/24 mm (type *SP.4* van de *P.L.M.*), hetzij door een enkelvoudige ringvormige pijp als heenleiding (type *Houlet* van de *P. O.-Midi*), terwijl bij al deze oplossingen één ruimere pijp — hoewel met een iets geringere vrije doorlaat dan de gezamenlijke heenleidingen — als terugleiding dienst doet, resp. met doorsneden van 31/38, 28/35 en 32/40 mm. In de eerste, die dus verreweg het grootste gedeelte van het verwarmd oppervlak van den oververhitter uitmaken, circuleert de stoom, bij aanvankelijk maximale dichtheid met een zeer beperkte snelheid en een gunstige verspreiding der stroombanen, in een richting tegengesteld aan die van den gasstroom, waardoor een uiterst effectieve warmteoverdracht plaats grijpt. Niettemin hebben de bewuste uitvoeringen het nadeel, dat zij nogal moeilijke laschverbindingen bij de ingewikkelde afsplitsingen bevatten.

17. **Moderne Deutsche oververhitterconstructie** (zie fig. 2). — In dit opzicht is het nieuwste Deutsche systeem veel eenvoudiger, waarbij speciaal voor de langste ketels zes uniforme pijpen van 23/29 mm middellijn toegepast worden, welke in drie parallel geschakelde elementgroepen — met een enkelvoudige indompeling in den gasstroom — onderverdeeld zijn. Alleen vereischt deze oplossing iets ruimere vlambuizen. Verder bleek het echter bij alle gesignaleerde systemen de meest economische weg, om speciaal de oververhitterelementen streng te normaliseeren, terwijl dan de doorsneden van de vlambuizen,

evenals die van de vlampijpen, voor elk voorkomend keteltype aangepast dienen te worden aan hun onderling afwijkende lengten. Dit kan geschieden volgens de door *Wagner* ontwikkelde criteria [*L 158*], hoewel het tevens wenschelijk zal zijn om ook afwijkend geformuleerde verhoudingscijfers als basis van vergelijking met reeds succesvol uitgevoerde ketels in te voeren, wil men de grootst mogelijke zekerheid hebben, dat zich bij elk ontwerp de nagestreefde hooge temperaturen zonder twijfel laten realiseeren [*L 17*, p. 481/77-489/95].

18. **Bijzondere vlampijpen.** — Hier is een aantekening op haar plaats over de, vooral in Frankrijk nog tot heden toegepaste, *Serve*-pijpen. Het gaat daarbij om de vervanging van het meerendeel der normale gladde pijpen door bijzondere pijpen van ruimeren diameter, t.w. voorzien van een aantal radiale binnenribben, welke een betere warmteoverdracht van de heete verbrandingsgassen op het langs dezen weg verdubbelde oppervlak van den metalen wand beoogen. Niettemin gaat de dusdanig verkregen, intensieve verdamping uit den aard gepaard met een vermeerdering van de stroomingsweerstand in de pijpen en een hierom noodzakelijke verscherping van de exhaustwerking, die tot een verhoogd stoomverbruik van de machine voert. Deze elkaar tegenwerkende factoren maken dan ook, dat slechts bij relatief korte ketellengten nog merkbare economische voordeelen van de bewuste pijpen (of anderssoortige uitvoeringen, welke hetzelfde effect nastreven) verwacht mogen worden.

Blijkbaar is echter de aanwending van *Serve*-pijpen op de moderne Fransche heetstoomlocomotieven hoofdzakelijk op een andere overweging gebaseerd. In verband met de aan hen inherente groote stroomingsweerstand, zal namelijk een vermeerderd percentage van de gassen zijn weg door de eenigszins beperkte doorsneden der van ouds gebruikelijke vlambuizen zoeken. Als gevolg van de zoo-danig bewerkstelligde, meer gelijkmatige verdeling van den gasstroom over de beide pijpgroepen, laten zich somwijlen van 25 tot 40° C hoogere oververhittingstemperaturen realiseeren, dan met de gladde vlampijpen, zonder dat de algemeene rentabiliteit van den ketel geschaad wordt. Daar deze verhooging van de stoomtemperatuur tevens het specifiek stoomverbruik begunstigt, is het gesignaleerde middel nog alleszins verantwoord gebleken voor pijplengten tot ca 4,5 m. Bij grootere ketellengten komt niettemin alleen de hooger geanalyseerde oplossing in aanmerking, t.w. met een ingrijpende verruiming zoowel van de pijpen, als van de buizen [*L 5*, p. 32-34].

19. **Recente tweedeelig uitgevoerde oververhitterkast.** — Wat overigens de constructie van de oververhitterkast betreft, is men vrijwel algemeen tot een tweedeelige uitvoering overgegaan, d.i. met een volledige scheiding van de natstoom- en heetstoom-verzamelen. De afzonderlijke kasten zijn niet alleen veel gemakkelijker te gieten, zonder kans op gebreken of lekkages in de hierbij vervallen dunne tusschenschotten, doch heffen tevens het bezwaar van een terugkoeling langs deze op, waardoor een hoogere over-

verhittingstemperatuur gegarandeerd blijft. Bovendien laat de onderling gescheiden bevestiging van de natstoom- en heetstoomleidingen der elementen eenige compensatie van hun verschillende warmte-uitzettingen toe. Alleen zal er rekening mede te houden zijn, dat de nieuwe kasten wat meer montage-ruimte vereischen.

20. Voorwarming van het voedingwater. — In verband met de meest bevredigende ervaringen, welke in Indië reeds met den A.C.F.I. mengvoorwarmer type RM-Intégral werden opgedaan, ware de keuze tot dit systeem te bepalen. In ieder geval zullen alle sneltreinlocomotieven met een zoodanige installatie uitgerust moeten worden, waarbij hiervan tenminste gemiddelde brandstofbesparingen van 5—8% te verwachten zijn, die een gunstige rentabiliteit waarborgen. Overigens werden gedurende het laatste decennium aan het genoemde systeem nog belangrijke verbeteringen aangebracht, welke dus op het toekomstige materieel in toepassing waren te brengen. Voor de goederentreinlocomotieven, die uit den aard in ruimere mate voor de stoptreinen gebruikt en bij de kleinere snelheden ook zelden tot aan hun ketelgrensvermogen belast zullen worden, levert een voorwarmer veel beperktere voordeelen op, zoodat men voor deze gevoelig met de eenvoudigere, normale injecteurvoeding kan volstaan. De exhaust-injecteur bleek absoluut ongeschikt voor de tropen; bereids bij 12 at keteldruk veroorzaakte de hoge tenderwater-temperatuur tot ca 25° C een minimale regelbaarheid, i.c. bedrijfszekerheid van dit systeem. Vooral echter bij een verhooging van den keteldruk tot 20 at wordt haar functioneering volkomen onmogelijk. [L 17, p. 502/98-508/103; L 5, p. 87/95].

21. Ongewijzigd exhaustmondstuk. — Voor het verwezenlijken van een voorwarming van het voedingwater van gem. 25° tot ca 100° C is theoretisch globaal 13% van de totale hoeveelheid exhauststoom benodigd. Dit percentage kan zonder bezwaar van de uitlaat-stoompijp afgetapt worden, omdat door de voorwarming een gevoelige verlaging van de geveerde ketelbelasting en dus ook van de roosterbelasting optreedt. Als gevolg van deze wisselwerking zal de met een ongewijzigde exhaustopening opgewekte, verminderde zuigwerking nog volkomen toereikend zijn, om de vereischte geringere verbrandingssnelheid te bewerkstelligen [L 5, p. 89; L 4, p. 45].

Exhaust-schoorsteenconstructie.

22. Criterium der exhaustwerking. — Een ander zeer belangrijk onderdeel van de locomotief maakt de exhaust-schoorsteenconstructie in de rookkast uit. Vrijwel zonder uitzondering hebben alle spoorwegmaatschappijen gedurende de laatste paar decennia naar een perfectioneering van de exhaustwerking gestreefd, gericht op de verwerkelijking van de in het bedrijf geveerde rookkastvacua met een zoo groot mogelijke opening van het mondstuk van de uitlaatstoompijp, i.c. bij geringst mogelijke tegendrukken in de cilinders. Naarmate langs dezen weg de — als maximum aangenomen — duurzaam vol te houden verbrandingssnelheid op het rooster ten koste van minder ingrijpende energieverliezen op te wekken zal zijn, laat zij zich ook gemakkelijker bij tijdelijke

overbelasting van de machine tot merkbaar hogere grenswaarden opvoeren, t.w. bij uiterste vacua van 30 tot 50 cm water bij de dan eerst optredende kritische uitstroomsnelheid van den stoom uit het veel grootere mondstuk, welke in menige oorspronkelijke uitvoering zelfs niet bij benadering bereikt konden worden (zie noot 1).

Voor het een en ander werden in het bijzonder door de Fransche en Belgische onderzoekers nogal gecompliceerde oplossingen gevonden. Deze beoogen voornamelijk het geven van een kunstmatig vergroote spreiding aan den uitstroomenden stoomkegel bij een gelimiteerde bouwhoogte van de exhaust-schoorsteenconstructie, opdat ondanks de laatste beperking toch een afdoende vulling van de sterk verruimde schoorsteenen verkregen wordt.

23. De grondeisch van een zoo ruim mogelijken schoorsteen. — Maatgevend is hier de gunstigste verhouding tusschen de schoorsteenmonding en het roosteroppervlak $f_m : RO = 1/12$ tot $1/13$, wil men de zekerheid hebben, dat de uittredeverliezen in de buitenlucht van het mengsel aan rookgassen en stoom binnen redelijke grenzen blijven ²⁾ ³⁾. Deze verliezen zijn enerzijds direct afhankelijk van de ketelafmetingen, c.q. het roosteroppervlak, die de hoeveelheid van de uitgeworpen massa bepalen, en anderzijds recht evenredig met het kwadraat van de gemiddelde uitstroomsnelheid of omgekeerd evenredig met het kwadraat van de mondingsdoorsnede van den schoorsteen. Empirisch bleek het genoemde verhoudingsgetal als meest bevredigend criterium te mogen gelden; bij een nog gunstiger verhouding treden vrij spoedig dusdanig kleine uitstroomsnelheden of snelheidsdrukken langs den schoorsteenwand op, welke een onvoldoende afdichting tusschen de buitenlucht en het hoge vacuum in de rookkast zouden waarborgen.

24. Een afdoende schoorsteenvulling noodzakelijk. Gecompliceerde oplossingen. — In alle gevallen moet echter de, met een zeer bepaalde — natuurlijke — coniciteit uit het exhaustmondstuk uitstroomende stoomstraal, een volstreekte vulling van het bovenste — zwak divergeerende — schoorsteengedeelte opleveren. Deze laat zich in het algemeen verwezenlijken door een voldoende lage plaatsing van het bewuste mondstuk beneden de schoorsteenopening. Slechts bij een beperkte constructiehoogte zullen bijzondere kunstgrepen toe te passen zijn, zooals dit o.m. bij de eerder vermelde oplossingen is geschied. De vergroote spreiding van den stoomstraal wordt daarbij verkregen, hetzij met behulp van breede kruiswigen in het mondstuk en van een viervoudig gesplitsten Kylchap-binnenschoorsteen (Chapelon), hetzij door een splitsing van het normale mondstuk in meer-

2) P. de Gruyter. Eenige beschouwingen over de exhaustwerking bij locomotieven. *De Ingenieur in Ned.-Indië* 1935 (2), III p. 53-74. [Zie ook L 165].

3) P. de Gruyter. Exhaustonderzoek bij locomotieven der S.S. *De Ingenieur in Ned.-Indië* 1936 (3), III p. 24-41.

Het hier sub 22-31 gegeven overzicht is als een voorloopige aanvulling bedoeld op schrijver's laatstgenoemde publicatie, waarvan hij door belemmerende omstandigheden het toenmaals voorgenomen vervolg-artikel schuldig is gebleven.

dere — excentrisch geplaatste — kleinere openingen (Lemaître). Hiermede werden zeer sprekende resultaten bereikt (zie de betreffende Fransche literatuur). De Amerikaansche annular-ported nozzles beoogen eenzelfde effect [L 168].

25. Niettemin is ook met een eenvoudige opstelling het hoogste rendement bereikbaar. — Het Indische Proefbureau kwam op grond van uitvoerige experimenten met de S.S.-locomotieven tot de conclusie, dat zich eenzelfde hooge graad van het exhaustrendement laat realiseeren met de meest eenvoudige klassieke opstelling, d.i. met een enkelvoudige constructie van het mondstuk en den schoorsteen (mits zoo lang mogelijk uitgevoerd), alleen met een verdubbeling van deze beide onderdeelen bij de zwaarste keteltypen, voor welke de vereischte schoorsteendoorlaat anders een onmogelijk grooten diameter zou vergen. Blijkbaar wordt namelijk bij de gestipuleerde bijzondere oplossingen de verbeterde zuigwerking van de door deeling ruimer verspreide stoomstralen, als gevolg van een intensivering van het mengproces door vergroting van hun manteloppervlak, somwijlen meer dan opgewogen door de grootere inwendige stroomingsweerstand van de stoom- en de stoomgas-beweging, resp. in de overmatig samengestelde mondstukken en binnenschoorsteen, die dus bijkomende abnormale energieverliezen opleveren. Op grond van latere vergelijkende modelonderzoekingen kwam Meineke tot dezelfde gevolgtrekking en raadde hij elke te radicale splitsing van den stoomstraal af [L 177; L 5, p. 95-96].

De beste voorbeelden van wat hier nog met het klassieke systeem van uitvoering te bereiken valt, treft men aan onder de nieuwste Deutsche locomotieven met overeenkomstig hooge ketelvermogens als de gesignaleerde Fransche en Belgische machines (zie de uitvoerige Deutsche publicaties).

26. Grondvoorwaarden, waaraan dan echter voldaan moet worden. — In dit geval moet de rookkast altijd voldoende verdiept kunnen worden, opdat bij de gunstigste schoorsteenopening het meest eenvoudige exhaustmondstuk dusdanig laag is te stellen, dat een afdoende vulling van de eerste door den natuurlijk uitstroomenden stoomstraal gewaarborgd blijft. Om deze reden ware daarom speciaal voor onze Indische locomotieven de toepassing van binnenliggende cilinders af te raden, aangezien deze vooral bij het lage S.S.-profiel van vrije ruimte te veel beperkingen op zouden leggen aan de verwezenlijking van het grootst mogelijke exhaustrendement bij de minst gecompliceerde en zeer effectief gebleken exhaustschoorsteenconstructie, hetgeen tevens de maximale arbeidsprestatie van de locomotief en haar totaal nuttig effect door verhoogde tegendrukverliezen ongunstig zou beïnvloeden. Tenslotte kunnen hierdoor zelfs de — in bepaalde gevallen te verwachten — geringe warmtetechnische voordeelen van het viercilinder-compound systeem volkomen teniet gedaan worden.

27. Kenmerkende exhaustopeningen der gewijzigde Indische locomotieven. — Voor de huidige S.S.-locomotieven bevat de bovenste karakteristiek van fig. 3 de betrekking tusschen hun stoomvormend verwarmd oppervlak VO_k in m^2 (aan de gaszijde gemeten) en

den vrijen doorlaat f_1 in cm^2 van het exhaustmondstuk, waarmede na de verbetering van de oorspronkelijke schoorsteenafmetingen volgens het sub 23 genoemde criterium een uitstekende stoomhouding bij het stoken met briketten verkregen werd. Wel te verstaan gelden de overgelegde waarden dus voor de typische constructieverhoudingen van onze Indische ketels bij de tevens nagestreefde, zoo groot mogelijke schoorsteenlengten. De merkbare spreiding van de betreffende punten is toe te schrijven aan belangrijke onderlinge verschillen in de stroomingsweerstand, welke de gasstroom in de uiteenlopende ketels ondervindt. Deze zijn o.m. afhankelijk van de verhouding $VO_k : RO$ (in de figuur S : G) en van de gemiddelde W a g n e r-verhouding $F_1 : F_2$ voor de vlambuizen en -pijpen. De over het algemeen kleinere exhaustopeningen der Deutsche locomotieven laten zich bevredigend verklaren uit hun meerendeels betrekkelijk kleinere roosteroppervlakken ten opzichte van de andere ketelafmetingen.

28. Factoren, welke de onderlinge variaties in deze openingen bepalen. — Bij een relatief kleiner roosteroppervlak, c.q. een hoogere waarde van $VO_k : RO$, zal namelijk voor overeenkomstige ketelbelastingen in kg/m^2 $VO_k \cdot h$ de luchtweerstand door het rooster en de brandstoflaag bij de geveerde grootere verbrandingssnelheden in kg/m^2 $RO \cdot h$ toenemen en dus hoogere rookkastvacua, of wel een kleinere exhaustopening, vereischen (zie fig. 3, locomotieven No. 657 en No. 1123). Verder heeft — naast den totalen gasdoorlaat in het pijpennest — de individueele verhouding $F_1 : F_2$ eenigen invloed, doordat een hoogere waarde hiervan een grooteren weerstand van de gasstroomingen door de afzonderlijke pijpen en buizen impliceert. Omgekeerd zal een ruime vuurkistverhouding $I_v : RO$, i.c. een hoog rendement van het eigenlijke verbrandingsproces, gepaard gaan met een relatieve vermindering van het kolenverbruik of de hoeveelheid verbrandingsgassen; in dit geval laat zich de vereischte stoomproductie met een grootere exhaustopening verwezenlijken (zie loc. No. 1323, die met een aparte verbrandingskamer uitgerust was).

29. Karakteristieke coniciteit van den uitstroomenden stoomstraal. — Bovendien blijkt uit de bewuste figuur, dat de benoodigde exhaustopeningen de algemeene tendens vertoonen, om niet volkomen evenredig met het stoomvormend verwarmd oppervlak van den ketel aan te groeien. De verklaring hiervoor ligt natuurlijk in de progressieve vermeerdering van de totale stroomingsweerstand met toenemende ketellengten, die daarom de opwekking van hoogere rookkastvacua met relatief kleinere exhaustmondstukken zullen vereischen, t.w. bij wat grootere tegendrukken en uitstroomsnelheden van den stoom. Dit maakt ook de onderste karakteristiek van fig. 3 begrijpelijk, welke de betrekking weergeeft tusschen den vrijen doorlaat f_1 in cm^2 van het exhaustmondstuk en de coniciteit $x_m = (d_m - d_1) : h$ van den fictieven stoomkegel tusschen de omtrekken van het mondstuk (inw. dia. d_1 in mm) en de schoorsteenopening (inw. dia. d_m in mm) bij de gerealiseerde gunstigste positie van het eerste op een afstand h in mm beneden den schoorsteenrand.

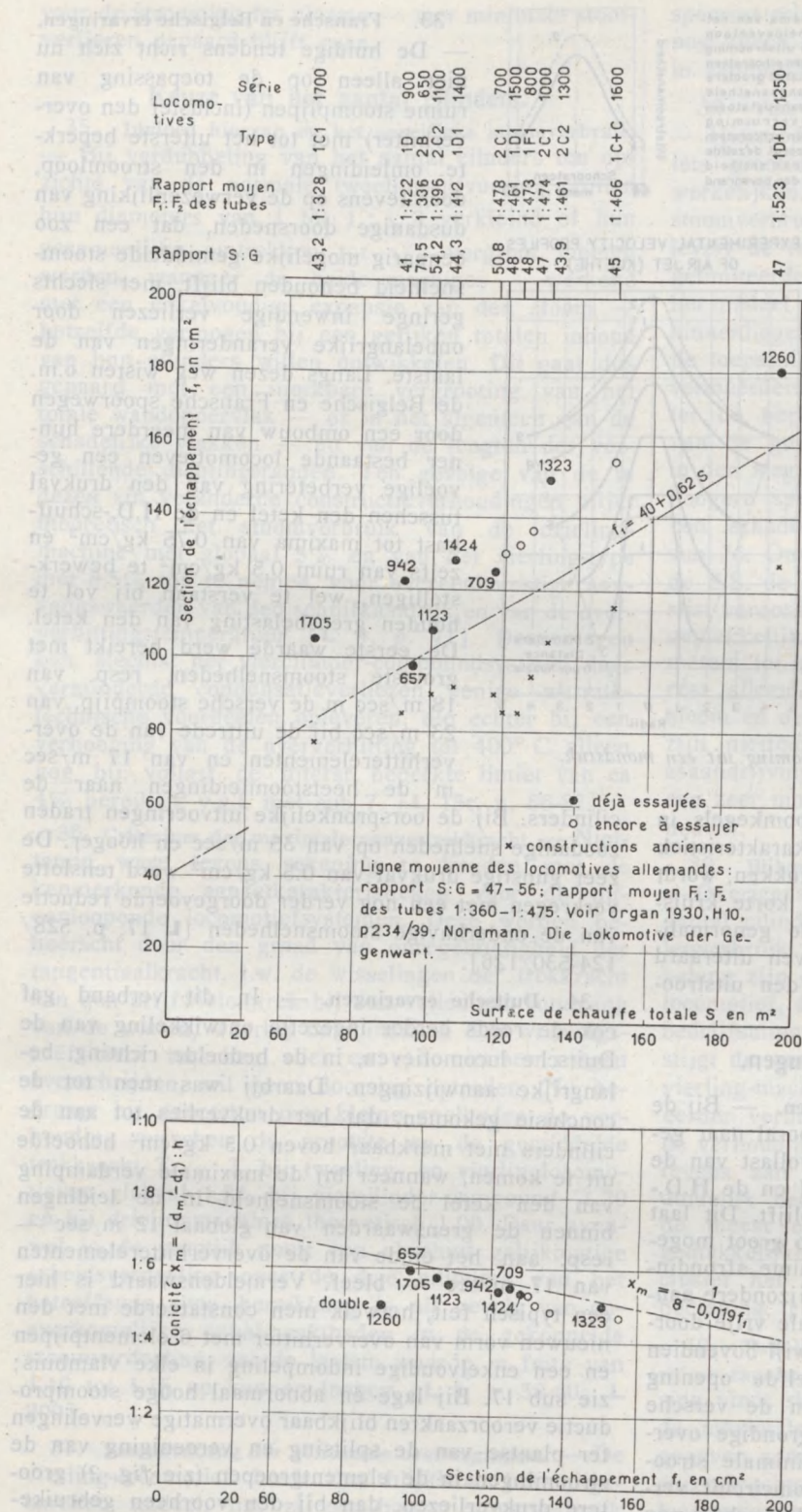


Fig. 3. De exhaustkarakteristieken van de huidige S.S.-locomotieven.

30. Verklaring van de progressieve toename dezer coniciteit bij ruimere exhaustopening. — Bij ongestoorde uitstrooming zou namelijk de werkelijke stoomstraal een vrij scherp bepaalde, in wezen veel grotere natuurlijke spreiding aannemen, waar-

door in feite het bovenste schoorsteengedeelte zoodanig opgevuld wordt, dat men nog altijd van een voldoende snelheidsdruk langs den schoorsteenwand verzekerd blijft, om een goede afdichting tegen de buitenlucht te waarborgen. Nu is in de eerste plaats experimenteel gebleken, dat de reële stoomstraal bij toenemenden tegen-druk de neiging tot een wat ruimere spreiding vertoont⁴⁾. In de tweede plaats zal de grotere aanvangssnelheid van den stoom bij het verlaten van een relatief kleiner mondstuk een nog afdoenden snelheidsdruk aan den rand van den schoorsteen garandeeren bij een zelfs nog iets verdere verruiming van zijn opening, dan volgens de eerste wetmatigheid alléén toelaatbaar zou zijn. Deze beide invloeden leveren gezamenlijk een zeer mooie verklaring op voor de toeneming der coniciteit van den hooger gedefinieerden, fictieven stoomkegel met een niet volkomen evenredige vergrooting van de exhaustopening bij de — proefondervindelijk voor de aangroeiende ketelcapaciteiten vastgestelde — gunstigste exhaustschoorsteeninstellingen.

31. Résumé van den berekeninggang voor het gunstigste exhaustschoorsteenontwerp. — De bedoelde denkbeeldige stoomkegel dient dan als grondslag voor de uiteindelijke berekening van den exhauststand op een afstand h in mm beneden de schoorsteenmonding, welke de beste zuigwerking op zal leveren met de achtereenvolgens eerder bepaalde, voordeeligste schoorsteen- en exhaustopening, n.l. resp. f_m in m^2 met behulp van het criterium $f_m : RO = 1/12$ à $1/13$ en f_1 in cm^2 aan de hand van de bovenste karakteristiek van fig. 3.

Tenslotte valt nog een aanvullende opmerking te maken bij de onderste grafiek van fig. 3. De iets

4) O.m. R. F. Davis. The Mechanics of Flame and Air Jets. Engng 1937 (Vol. 144), II p. 608-610, 667-668. Cf. fig. 3a.

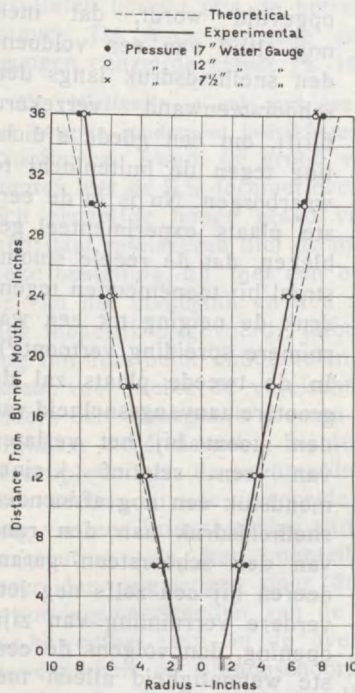
OVERFIRE AIR NOZZLE TEST
(LONDON POWER COMPANY)

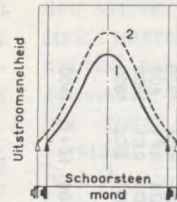
Fig. 3a. De straalvorm bij uitstrooming uit een mondstuk.

grootere coniciteit van de Indische stoomkegels in vergelijking tot de gemiddelde Duitse karakteristiek voor onbelemmerd cirkelvormige mondstukken, wordt veroorzaakt door de hier gebruikelijke korte kruiswigen, welke aangelascht zijn aan de genormaliseerde exhaustrungen. Deze wigen geven uiteraard een eenigszins ruimere spreiding aan den uitstroomenden stoomstraal.

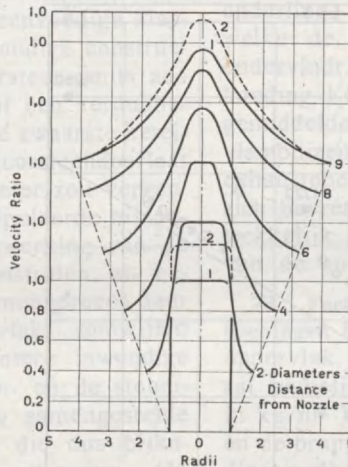
Verbetering van de stoomleidingen.

32. Belangrijkheid van de pijpafmetingen. — Bij de uitvoering der stoomleidingen zal er vooral naar gestreefd moeten worden, dat zelfs bij vollast van de machine de drukval tusschen den ketel en de H.D.-schuifkast tot een minimum beperkt blijft. Dit laat zich verwerkelijken met pijpen van zoo groot mogelijke diameter, waarbij tevens voor ruime afrondingen in de bochten is zorg te dragen. Bijzondere aandacht vraagt hier de te realiseeren totale vrije doorlaat van de oververhitterelementen, terwijl bovendien aan de reguleurklep ongeveer dezelfde opening ware te geven, als de doorsnede van de versehe stoompijp bedraagt. Slechts bij een grondige overweging van al deze details zullen minimale stroomingsweerstand in het geheele stoomcircuit verwacht mogen worden. Eigenaardig werden echter nog tot voor korten tijd bij menige verzwaarde locomotiefconstructie de hiervoor geldende en alleszins bekende beginselen uit het oog verloren, hetgeen zich dan in het bedrijf uitte in feitelijk ontoelaatbaar hooge drukverliezen, met hun zeer nadeeligen invloed op het thermisch rendement van de machine. De meest moderne onderzoekingen hebben met betrekking tot deze materie tot verrassende resultaten geleid.

Schema van het snelheidsverloop bij de uitstrooming door een schoorsteen door een relatieve aanvangssnelheid v. d. exhauststroom. Een verruiming van den schoorsteen waarborgt dezelfde kritieke snelheid langs den bovenrand



EXPERIMENTAL VELOCITY PROFILES OF AIR JET (KUETHE)



33. Fransche en Belgische ervaringen. — De huidige tendens richt zich nu niet alleen op de toepassing van ruime stoompijpen (inclusief den oververhitter) met tot het uiterste beperkte omleidingen in den stroomloop, doch tevens op de verwezenlijking van dusdanige doorsneden, dat een zoo eenparig mogelijke gemiddelde stoomsnelheid behouden blijft, met slechts geringe inwendige verliezen door onbelangrijke veranderingen van de laatste. Langs dezen weg wisten o.m. de Belgische en Fransche spoorwegen door een ombouw van meerdere hunner bestaande locomotieven een gevoelige verbetering van den drukval tusschen den ketel en de H.D.-schuifkast tot maxima van 0.75 kg/cm² en zelfs van ruim 0.5 kg/cm² te bewerkstelligen, wel te verstaan bij vol te houden grensbelasting van den ketel. De eerste waarde werd bereikt met grootste stoomsnelheden, resp. van 18 m/sec in de versehe stoompijp, van 23 m/sec bij de uitrede van de oververhitterelementen en van 17 m/sec in de heetstoomleidingen naar de

cilinders. Bij de oorspronkelijke uitvoeringen traden zoodanige snelheden op van 35 m/sec en hoger. De zeer gunstige drukval van 0.5 kg/cm² werd tenslotte verkregen met een nog verder doorgevoerde reductie van de onderhavige stoomsnelheden [L 17, p. 528/124-530/126].

34. Duitse ervaringen. — In dit verband gaf ook de reeds eerder ingezette ontwikkeling van de Duitse locomotieven, in de bedoelde richting, belangrijke aanwijzingen. Daarbij was men tot de conclusie gekomen, dat het drukverlies tot aan de cilinders niet merkbaar boven 0.5 kg/cm² behoefde uit te komen, wanneer bij de maximale verdamping van den ketel de stoomsnelheid in de leidingen binnen de grenswaarden van globaal 12 m/sec — resp. aan het einde van de oververhitterelementen van 17 m/sec — bleef. Vermeldenswaard is hier een typisch feit, hetwelk men constateerde met den nieuwen vorm van oververhitter met 6 elementpijpen en een enkelvoudige indompeling in elke vlambuis; zie sub 17. Bij lage en abnormaal hooge stoomproductie veroorzaakten blijkbaar overmatige wervelingen ter plaatse van de splitsing en vereeniging van de stroomingen in de elementgroepen (zie fig. 2) grotere drukverliezen, dan bij den voorheen gebruikelijken Schmidt'schen oververhitter met een overeenkomstige dimensionneering, welke drukval overigens in het tusschenliggende belastingsgebied uitgesproken gunstiger was voor het nieuwe systeem. Daarom zullen de opstijgende verzamelpijpen van het laatste zoo sterk mogelijk naar achteren gebogen moeten worden, opdat het afvloeien van den stoom in de afzonderlijke elementleidingen — ook onder de meest ongunstig gebleken omstandigheden

voor de strooming ter plaatse — met minimale stoot-verliezen gepaard blijft gaan.

Keuze van het aantal cilinders.

35. Invloed hiervan op het specifieke stoomverbruik. — Bij verdubbeling van het aantal cilinders ten opzichte van de normale tweeling-uitvoering, zullen hun diameters van 1 tot $1 : \sqrt{2}$ verkleind of hun gezamenlijke omtrekken tot $\sqrt{2}$ vergroot moeten worden, wanneer de beide machines — werkend met een enkelvoudige expansie van den stoom — hetzelfde vermogen bij een gelijken totalen inhoud van hun cilinders willen ontwikkelen. Dit gaat dus gepaard met een merkbare vergroting van het totale wandoppervlak — of in het algemeen van de schadelijke vlakken — en van de lengten der verschillende dichtingsranden. Ten gevolge van de in dezen zin veranderde constructieverhoudingen blijkt theoretisch het stoomverbruik van de drieling-machine met globaal 5% en van het vierling-type met 8,5% toe te nemen, voor overeenkomstige aanvangswaarden van den schuifkastdruk en van de oververhittingstemperatuur [L 4, p. 71]. Daarentegen kan slechts het viercilinder-compoundsysteem door verminderde condensatieverliezen eenige warmte-technische voordeelen opleveren, die echter bij een verhooging van de oververhitting tot 400° C alleen nog bij vollast de uiterst beperkte limiet van ca 4% bereiken, v.g.l. met sub 7. [L 15c, p. 66-87].

36. Criterium der maximale aanzettrekkracht. — Niettemin ware tevens rekening te houden met de kenmerkende aanzetkarakteristieken voor de uiteenlopende locomotiefsystemen. Deze worden beheerscht door den graad van onregelmatigheid der tangentialkracht, t.w. de wisselingen der trekkracht aan den drijfwiellomtrek bij een volledigen rondgang van de wielen, waarbij haar maxima den wrijvings-coëfficiënt tusschen wiel en rail nimmer mogen overschrijden, wil geen doorslag optreden. Nu bedraagt bij aanzetten met kleine snelheden de verhouding tusschen de grootste en de gemiddelde trekkracht $T_{\max} : T_1$ bij tweeling- en vierlinglocomotieven globaal 1,22, bij viercilinder-compound-1,20 en bij drielingmachines theoretisch 1,09. Daar evenwel in de praktijk nooit een absoluut gelijkmatige arbeidsverdeling over de drie cilinders van het betreffende type bereikbaar is, als gevolg van onoverkomelijke onvolmaaktheden in de gekoppelde stoomverdeling, zal de laatste waarde in feite van 1,10 tot 1,15 op kunnen lopen [L 5, p. 59-60; L 209].

37. Samenvatting der genoemde overwegingen. — De vierling-locomotief heeft dus blijkbaar het uitgesproken nadeel, dat zij een hooger stoomverbruik vereischt, terwijl met haar ook geen betere benutting van het adhaesiegewicht mogelijk is. Hier zouden slechts zeer geringe voordeelen van het viercilinder-compound-systeem te verwachten zijn. Toch leent zich dit evenmin voor een toepassing in Indië, omdat de voorgestelde grotere vermogens zoodanige afmetingen van de binnenliggende H.D.-cilinders en krukas vergen, welke zich constructief met geen mogelijkheid meer binnen het frame van ons smal-

spoormaterieel laten aanbrengen. Tenslotte zou dan nog alleen het 3-cilinder arrangement voor de S.S. in aanmerking kunnen komen.

38. Voor- en nadeelen van de drieling-locomotief. — Hiermede valt een betere uitbalanceering en een iets grootere gemiddelde aanzettrekkracht te verwelijken, hoewel ten koste van een verhoogd stoomverbruik in het normale bedrijf. Bovendien levert de betrekkelijk lage ketelligging binnen het gelimiteerde Indische hoogtepiefiel van vrije ruimte het nadeel op, dat vooral de stoomschuif van den binnenliggenden cilinder lastig toegankelijk wordt. Bij de toepassing van kleppen zou dit bezwaar zelfs in vermeerderde mate optreden. Veel ernstiger is echter de beperking, welke aan een verwezenlijking van de gunstigste exhaust-schoorsteenverhoudingen in den weg gelegd zou worden, waarvan het alreeds hogere specifieke stoomverbruik van de machine een schadelijken terugslag zou ondervinden, zie sub 26. Om de laatste redenen moet dan ook voor de S.S. de aanwending van het drielingssysteem beslist veroordeeld worden, temeer daar zich nog altijd gemakkelijk twee buitenliggende cilinders met diameters tot maximaal 600 mm laten aanbrengen. Er rest alleen de moeilijker uitbalanceering; dit probleem en de wat onvoordeeliger aanzetkarakteristiek zijn niettemin door de invoering van afzonderlijke asaandrijvingen bij de sneltreinlocomotieven tot een zeer mooie oplossing te brengen (zie verder beneden).

39. Bijkomstige algemeene rentabiliteitsoverwegingen. — Overigens speelt natuurlijk bij de keuze van het aantal cilinders niet alleen de besparing in het kolenverbruik een rol. Van vrijwel overeenkomstig belang zijn de rente- en afschrijvingskosten van de locomotief, die ongeveer 3/4 uitmaken van de totale bedrijfsuitgaven aan brandstof, water en olie. Nu stijgt de aanschaffingsprijs voor een twee-, drie- en vierling-machine globaal in dezelfde reden als het eerder vermelde water-, c.q. kolenverbruik, t.w. in de verhouding van 1 : 1,05 : 1,08. Denkt men daarbij tevens aan het verzwaarde onderhoud, dan blijkt duidelijk het algemeene economische voordeel van de meest eenvoudige tweeling-locomotief met haar gemakkelijke toegankelijkheid van de machine, inclusief het drijfwerk en met haar overzichtelijke bediening, [L 4, p. 217-219; L 15b, p. 53-55].

40. Tweelinglocomotieven het ideaal. Voordeel van ruime tapafmetingen. — De ideale tweeling-uitvoering vindt slechts uiteindelijk haar begrenzingen in de maximale grootte van de cilinders binnen het gegeven speelruimteprofiel en de hoogst toelaatbare zuigerkrachten. Bij de voorgestelde nieuwe S.S.-locomotieven met hun nog alleszins redelijke vermogens en topsnelheden kan echter gevoeglijk de noodzaak buiten beschouwing blijven, om van het tweeling-systeem af te moeten stappen op grond van dusdanige beperkende, constructieve criteria, bijv. hetzij omdat de krachten op de tappeten te groot, hetzij omdat de moeilijkheden met de uitbalanceering onoverkomelijk zouden worden. Niettemin verdient het onder alle omstandigheden aanbeveling, om de as- en stangmetalen zoo ruim als maar

eenigszins mogelijk is te bemeten, opdat zij een groote duurzaamheid en bestendigheid tegen slijtages zullen bezitten. Aangezien namelijk de totale kosten van het onderhoud hooger liggen dan die van den kapitaaldienst, behoeft men ook niet terug te schrikken voor een daaruit voortvloeiende geringe vermeerdering van de fabricagekosten. Bovendien is de bedrijfszekerheid hiermede gediend door sterk verminderde kansen op brekages of warmloopers [L 4, p. 217/219].

41. Iets over de compoundeering. — In ons geval is dit probleem feitelijk van weinig belang, omdat alleen bij de kleinste S.S.-locomotieftypes sprake zou kunnen zijn van de constructieve mogelijkheid, om nog twee H.D.-cilinders binnen de frameplaten aan te brengen. Het oordeel over het nut van een compoundeering is overigens zeer verdeeld. Meerdere Fransche spoorwegen houden verstand vast aan het viercilinder-compound systeem, hoewel de Alsace Lorraine en de Nord français gunstige economische resultaten wisten te bereiken met een ombouw van enkele hunner locomotieven tot tweelingmachines, wel te verstaan bij keteldrukken tot 20 kg/cm², bij hooge oververhittingstemperaturen, vergroote stoomleidingen en een verbetering der stoomverdeelting met behulp van kleppen. In de andere landen van Europa ruimt men een overheerschende plaats in aan de twee- en drieling locomotieven; de Deutsche Reichsbahn oordeelt zelfs uit algemeene rentabiliteitsoverwegingen een enkelvoudige expansie van den stoom beslist voordeliger voor keteldrukken tot 20 kg/cm². [L 17, p. 530/126; L 5, p. 55-59; L 115 en L 117]. Ook op grond van deze ervaringen moet dus de keuze van het — min of meer noodgedwongen opgelegde — tweecilinder-systeem voor onze toekomstige Indische locomotieven allerminst ongelukkig geacht worden.

42. Gewichtsvermindering van het drijfwerk. — Naarmate men er dan verder toe in staat is om de gewichten, zoowel van de heen- en weergaande, als van de roteerende deelen van het drijfwerk, lichter uit te voeren, zal zich gemakkelijker een nog alleszins bevredigende uitbalanceering laten verwerkelijken. Door het meerendeel der spoorweg-maatschappijen zijn belangrijke pogingen in deze richting gedaan, o.m. door de toepassing van speciale staalsoorten. De hiermede opgedane bedrijfservaringen waren echter van dien aard, dat men vrijwel algemeen tot het gewone koolstofstaal terugkeerde. De nikkel- en chroomnikkel-stalen vereischten namelijk niet alleen een uiterst nauwkeurige warmtebehandeling bij hun vormgeving, doch bleven desondanks zeer gevoelig voor latere overmatige verhittingen ter plaatse van de draagmetalen, als gevolg waarvan de oppervlakken van de as- en krukstappen en van de stangkoppen spoedig legio fijne scheurtjes vertoonden. Niettemin bleek met de van ouds gebruikelijke staalsoorten toch nog een merkbare materiaalbesparing bereikbaar te zijn door een verbetering van het profiel van de drijf- en koppelstangen, resp. van de kruiskoppen, en door de zuigerstangen, krukstappen en assen hol uit te voeren. Bovendien waren tenminste de kruiskoppen uit hoogwaardig

gietaal en de zuigers uit gehamerd staal met een groote trekvastheid te vervaardigen [L 17, p. 563/159-565/161].

Verbetering van de stoomverdeling.

43. Constructie van zoo licht mogelijke schuiven. — Voor de normale stoomverdeling met behulp van cilindrische schuiven kunnen in het aandrijfmecanisme belangrijke traagheidswerkingen optreden, welke vooral zeer uitgesproken zullen zijn bij groote schuifafmetingen en -uitslagen. Zij verplichten in die gevallen tot een zware constructie van de tappen en de stangen, opdat de slijtages binnen redelijke grenzen blijven en de kans op verbuigingen of brekages practisch uitgesloten wordt. Deze moeilijkheden laten zich nu het beste beheerschen door een zoo licht mogelijke uitvoering van de schuiven, welke eenzijdig te realiseren is door hun vorm te verbeteren, neerkomend op een reductie van de dikten der wanden en versterkingsruggen van de beide kolven, en anderzijds door een uitholling van de schuifdrijfstaaf. De Fransche spoorwegen wisten langs dezen weg somwijlen een gewichtsvermindering van 40—45% ten opzichte van hun oude, bekend zware schuifuitvoeringen te bereiken. De noodzaak van een zoodanig streven bleek bijzonder urgent, wanneer uit den aard nog veel massievere schuiven met dubbele in- en uitlaatlappen toepassing vinden (Est), waarbij o.m. gelascht plaatijzer als constructie-materiaal gebruikt kan worden (Etat français en de zoogenaamde Willoteaux-schuiven der P.O.-Midi). [L 17, p. 518/114-523/119; L 188, e.a.]

44. Verschillende typen van stoomverdeling. — De klassieke Walschaert-beweging is het meest verspreid gebleven. Daarnaast had sedert 1930 een aanzienlijke ontwikkeling plaats van speciale systemen, die een verbetering beoogen van de oorspronkelijke — schijnbaar zeer onvolmaakt functioneerende — stoomschuiven, hetzij door de verlenging hunner uitslagen of door de invoering van meer samengestelde constructies, welke een dubbele opening der stoompoorten bewerkstelligen, hetzij door de volledige omschakeling op een verdeling met behulp van kleppen. Toch had Lomonosoff alreeds veel vroeger aangetoond, dat de normale schuifbewegingen met de — in het locomotiefbedrijf gebruikelijke — relatief hooge vullingsgraadverhoudingen, slechts uiterst beperkte warmteverliezen opleveren, welke meer in het bijzonder aan tekortkomingen in de stoomverdeling toegeschreven kunnen worden, mits tenminste een volkomen afdoende schuifdichting gegarandeerd is. [L 2, pp. 120, 152 en 185]. Ook Strahl betoogde in zijn laatste, in 1924 uitgegeven studie, dat met de geperfectioneerde Deutsche eenheidsschuif een — onder bepaalde omstandigheden alsnog optredende — vermeederde drukval gedurende de toelaatperiode geen schadelijke gevolgen kan hebben voor het stoom- en brandstofverbruik van de machine [L 1, p. 8 e.v.]. Hiermede zijn dan oogenschoonlijk de merkbare besparingen, die somwijlen voor de nieuwste wijzigingen opgegeven worden, in tegenspraak, zoodat een kritische analyse zeer gewenscht is [L 5, p. 59].

45. Stoomschuifbeweging met abnormaal groote uitslagen. — De Est français vergrootte door een ombouw den maximalen slag der schuiven van 135 tot 273 mm, met het doel om vooral de sterke knijpverliezen tijdens den toelaat dusdanig te limiteeren, dat zich nog zonder bezwaar ook de kleinste vullingen lieten gebruiken. In vergelijking tot een andere oorspronkelijke locomotief van het tweeling-type met een iets geringere cilindercapaciteit en een maximalen schuifslag van 123,5 mm, werd voor een overeenkomstige belasting een brandstofbesparing van $\text{r}m$ 4% geconstateerd. Desniettemin kan dit geringe voordeel evengoed door afwijkingen in de overige afmetingen van de locomotieven veroorzaakt zijn [L 5, p. 59-61]. De latere ervaringen van de Est en in beperktere mate van de P.O.-Midi met gewijzigde viercilinder-compound machines, voorzien van schuiven met dubbele toe- en uitlaatlappen en bovendien met een ingrijpende verlenging van de uitslagen, welke blijkbaar volkomen gelijkwaardige resultaten opleverden als een stel met kleppen uitgeruste locomotieven van hetzelfde type, zijn evenmin overtuigend. Bovendien werden de proefuitkomsten weer vertroebeld door bijkomende, meestal veel markanter veranderingen [L 17, p. 520/116-521/117].

46. Stoomschuifconstructie met dubbele lappen. — In het vorige punt werd deze wijziging bereids gestipuleerd. De daaruit voortvloeiende belangrijke verruiming van de stoomdoortochten gedurende de vullings- en exhaustperiode tot dezelfde orde van grootte, als welke zich met de beste klepbeweging laat verwezenlijken, resulteert natuurlijk in een absoluut gelijkwaardigen volheidsgraad van de cilinderdiagrammen. Vooral bij de viercilinder-compound locomotieven zal dit tot uiting komen in een merkbare reductie van de receiververliezen en in mindere mate ook van de tegendrukverliezen der L.D.-machine. Toch valt hieruit nog weinig te concluderen met betrekking tot de bijzondere warmtetechnische voordelen, welke met de afzonderlijke schuifwijzigingen bereikbaar zouden zijn. Op deze mogelijke voordelen wordt bij de kritische behandeling van de klepbewegingen uitvoerig teruggekomen. Daarentegen is het echter een positief nadeel van de bewuste veranderingen, dat de traagheidswerkingen in het mechanisme zeer ongunstig beïnvloed zullen worden door het zwaardere gewicht van een meer gecompliceerde constructie en door de nog veel sterkere toename der uitslagen. Het een en ander stelt dan hoge eischen aan de uitvoering van een voldoende bedrijfszekere aandrijving [L 17, p. 521/117-523/119].

47. Verschillende soorten van klepbeweging. — Om de laatste moeilijkheid te ontgaan ging men ook op de locomotiefmachine geleidelijk over tot de toepassing van klepbewegingen en wel des te gereeder, naarmate het toerental van deze hooger werd opgevoerd. Tot ontwikkeling kwamen enkele systemen met slingerende nokkenas (Lentz, Dabeg OC, Esslingen, e.a.) resp. met roteerende nokkenas (Caprotti, Dabeg RC, Renaud, Cossart, e.a.), waarbij de gebruikelijke coulisse in de aandrijving is vervallen. Zij zijn meerendeels voorzien van kleppen met dubbele zitting, met uitzondering van het Cossart-

systeem, dat van den Kerckhove-zuigerkleppen benut. Overigens moge voor een gedetailleerde beschrijving naar de zeer uitgebreide literatuur omtrent dit onderwerp verwezen worden. Te dezer plaatse zal daarom slechts volstaan worden met een paar algemeene opmerkingen. De met de kleppenmachines bereikbare gemiddelde brandstofbesparingen varieeren, volgens de opgaven van de verschillende onderzoekers en van de speciale firma's, tusschen 4 tot 8%. In enkele gevallen treft men hiervoor in de publicaties zelfs belangrijk hogere waarden aan, die dan zonder meer toe te schrijven zijn aan abnormaal sterke lekkages van de verouderde schuiven der vergelijkingslocomotief of aan een combinatie met andere ingrijpende verbeteringen van de gewijzigde machine, waardoor het aandeel van de klepbeweging in de bereikte besparingen moeilijk zuiver te bepalen viel. Verder kan men vanzelfsprekend bij een stoomverdeling met kleppen op kleinere vullingen rijden, omdat deze bij steil oplopende nokken sneller openen en sluiten, al behoeft daarmee nog allerminst een meetbare afname in het stoomverbruik gepaard te gaan. Deze toelaatverschillen nemen niettemin af bij aangroeienden vullingsgraad, d.i. bij een vergroting van de schuifwegen en -snelheden, en kunnen voor een goed doorgeconstrueerde stoomschuifbeweging tenslotte geheel verdwijnen [L 17, p. 523/19-527/123; L 5, p. 61-65].

Kritiek op de klepbewegingen.

48. — De sedert 30 jaren door de Duitsche constructeurs in toenemende mate aangewende bosschuiven met 4 smalle elastische ringen, leveren een welhaast volkomen afdichting op. Daarentegen bleken de schuiven met 2 breede ringen een belangrijke hoeveelheid stoom tot het waargenomen bedrag van 850 kg/h door te laten. Tegenover zoodanige lekverliezen is natuurlijk een klep sterk in het voordeel en wel vooral in nieuwen toestand. Terwijl echter de schuif met smalle ringen op den duur dichter wordt, heeft bij een klep het omgekeerde plaats [L 4, p. 100]. In feite zullen dan ook de hooger vermelde stoombesparingen, welke elders voor de klepbewegingen geconstateerd werden, voor een gevoelig gedeelte veroorzaakt kunnen zijn door minder bevredigende schuifconstructies der vergelijkingsmachines. Bekend is namelijk, dat in menig ander land veelal stoomschuiven met 2 breede of 3 slechts weinig smalere ringen toepassing vinden, welke dus een allerminst betrouwbare afdichting waarborgen.

49. — Typisch is in dit verband de volgende conclusie van het Congres te Parijs (1937): „Il n'est toutefois pas possible de discriminer, dans les résultats (fort intéressants) des distributions à soupapes, la part qui revient aux soupapes elles-mêmes, et celle qui revient aux autres améliorations apportées aux locomotives” [L 17, p. 527/123]. In het betreffende rapport werd ook angstvallig elke opgave van besparingscijfers voor dit bepaalde onderdeel van onderzoek vermeden. Het is daarom voorbarig te achten, wanneer men hier een besliste uitspraak in het voordeel van de klepbeweging zou willen doen, altijd wel te verstaan ten opzichte van een goed doorwrochte

uitvoering van de normale stoomschuif *). Evenmin mag het schijnbare bezwaar van de hooge stoomtemperatuur doorslaggevend zijn, daar zelfs tot 420°C elke aankorsting van de schuif met smalle veerende ringen te vermijden bleek, mits gebruik wordt gemaakt van de huidige meest hittebestendige soorten van smeerolie en van betrouwbaar functioneerende olieversuivers [L 5, p. 66; L 4, p. 100].

50. — Verder is het speciaal bij de klepbewegingen met roteerende nokkenas constructief niet mogelijk gebleken, om tegelijk met de vulling tevens de compressie te veranderen. Deze constant blijvende compressiegraad wordt als bijzonder gunstig gesuggereerd, hoewel hiervan vroeger bij de gelijkstroomlocomotieven onoverkomelijke nadeelen werden ondervonden. Meineke oordeelt het juist een wezenlijk economisch voordeel van de gebruikelijke stoomschuifbewegingen, dat zij automatisch met een zeer bevredigende benadering voor elken vullingsgraad den theoretisch meest gunstigen compressiegraad bewerkstelligen [L 4, p. 101]. Tenslotte bestaat nog de neiging, om voor de klepbewegingen een tot het uiterste doorgevoerde normalisatie van hun onderdeelen aan te bevelen. Toch ware ook hierbij rekening te houden met de somwijlen zeer uiteenlopende bedrijfseischen, welke men aan de verschillende locomotieftypes moet stellen, waarom dus met een beperkte standaardisatie de economie beter gediend kan zijn. Een trapsgewijze aanpassing aan de sterk varierende cilinderafmetingen is in deze gevallen zeker even wenschelijk, als bij de moderne gestandaardiseerde stoomschuifconstructies [L 5, p. 66].

51. — Veel van de voordeelen, die opgegeven worden voor de klepbewegingen, blijken dus op hun minst problematisch, wanneer zij zelfs bij een nadere analyse niet in hun tegendeel omslaan. Zoo acht men bijvoorbeeld in Engeland de geleidelijke invoering van Caprotti- en Dabeg RC-klepbewegingen vermoedelijk, meer of minder bewust, alreeds voldoende gemotiveerd door een rustiger uiterlijk, dan van de

gecompliceerde buitenliggende Walschaert-mechanismen. Het is namelijk begrijpelijk, dat de kleppen met hun beperkte hefhoogten de zeer gunstige mogelijkheid bieden, om hun aandrijvingsmechanismen veel lichter door te construeeren. Dit levert in ieder geval het positieve voordeel op, dat hun beweging merkbaar geringere arbeidsverliezen zal opleveren, waardoor eenige verbetering in het totaal mechanisch rendement van de machine gerealiseerd wordt. De daarmee samenhangende verhooging van het effectief vermogen aan den drijfwielomtrek en aan den trekhaak kan mede een gedeeltelijke verklaring geven voor de — bij de eerder genoemde onderzoeken — waargenomen brandstofbesparingen en de schijnbare tegenspraak van deze cijfers met de — eveneens experimenteel gefundeerde — uitspraken van Lomonosoff, Strahl en later Meineke, vergelijk met sub 44 en 50. [L 5, p. 67].

52. Slotconclusies. — Op grond van de overgelegde kritische beschouwingen is dan ook de algemeene conclusie gewettigd, dat de klepbewegingen slechts onder de meest gunstige omstandigheden een zeer geringe warmtetechnische winst kunnen opleveren ten opzichte van de beste en geperfectioneerde schuifuitvoeringen. Als een beslist voordeel moet nog de gemakkelijker smering van de nokkenassen in oliedichte kasten aangemerkt worden. Vooral echter schijnen de kleppen, als gevolg van de sterk gelimiteerde traagheidswerkingen in hun mechanismen, aangewezen te zijn voor de locomotieven met een tot het uiterste opgevoerd toerental der machines.

53. Aanbevolen oplossingen voor Indië. — Nu ligt het toerental voor de Indische ontwerp-locomotieven nog binnen redelijke grenzen, temeer bij de voorgestelde goederentreinlocomotieven, die ook in de latere praktijk wel zelden tot de grenssnelheid van 90 km/h uitgebuit zullen worden. Daarentegen is te verwachten, dat de maximale bedrijfssnelheid van de nieuwe sneltreinlocomotieven zich in de toekomst tot 120 km/h of meer laat opvoeren. Hiervoor maken niettemin alreeds andere overwegingen, t.w. in verband met hun alleszins te beperkte adhaesiegewicht en het ongunstiger rendement van hun zware drijfwerk, een uitvoering met afzonderlijke asaandrijvingen met behulp van snellopende, horizontaal gemonteerde stoommotoren wenschelijk. Uit den aard zullen de laatste als kleppenmachines geconstrueerd dienen te worden. Hun montage vereischt overigens minimale radstanden van 2000 mm, welke zich alleen bij de sneltreinlocomotieven laten verwezenlijken. In de vervolgen wordt deze oplossing meer uitvoerig gemotiveerd.

(Wordt vervolgd).

*) In dit verband zijn de meest recente proefstandonderzoekingen van een met kleppen uitgeruste Pacificlocomotief der Pennsylvania Railroad weer allerminst overtuigend [zie L 250]. Ook daarbij werd het geheele stoomcircuit ingrijpend verbeterd, terwijl de als vergelijkingsbasis dienende machines voorzien waren van de normale Amerikaansche stoomschuiven met vrij beperkte uitslagen en een afdichting van de kolven door middel van 2 breede, stugge ringen. Dat overigens de huidige klepsystemen in feite nog geen afdoende oplossing voor het stoomverdeelingsprobleem opleveren, blijkt uit het teruggrijpen van menige spoorwegmaatschappij naar de — dan veelal verbeterde — schuifbeweging, nadat door hen een langdurige ervaring met kleppenmachines werd opgedaan [zie o.m. L 251]. Blijkbaar laat de algemeene rentabiliteit der laatste nog veel te wenschen over.

IN NEDERLANDSCH-INDIË

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

„DE MIJNINGENIEUR”

INHOUD: Note on a new *Cyclocypeus* from Australia, door dr. H. Küpper. — Uit de literatuur. — Economische mededeelingen.

Note on a new *Cyclocypeus* from Australia

by

Dr. H. KÜPPER, Bandoeng.

In a paper entitled „The Genus *Cyclocypeus* in Victoria”¹⁾ miss I. Crespin gives the description of a *Cyclocypeus*-population occurring in the Upper Middle Miocene of Victoria (SE Australia). The types encountered are named *Cyclocypeus victoriensis* sp. n. and *Cyclocypeus victoriensis* var. *gippslandica* nov..

The study is based on about four hundred tests collected from different localities. The description is clear, concise and well illustrated.

1) *Proc. Roy. Soc. Victoria*, Vol. LIII, pt. II, New Series, Nov. 1940.

Everybody interested in foraminifera in general will of course be eager to learn about the position of this new *Cyclocypeus* with respect to the already known species. It is with some regret that we could only find a small remark, viz. that „the Victorian *Cyclocypei* are closely related to *C. indopacificus* of Tan” (p. 307).

In connection with the question as to when and where the new name, created by Crespin, should be used, we venture to tabulate some data about *Cycl. victoriensis* Crespin together with the corresponding data on *Cycl. indopacificus* Tan and *Cycl. posteidae* Tan; see the table below:

Comparison of some types of *Cyclocypeus*.

	<i>Cycl. posteidae</i> hexaseptus Tan	<i>Cycl. victoriensis</i> Crespin	<i>Cycl. victoriensis</i> var. <i>gippslandica</i> Crespin	<i>Cycl. indopacificus</i> Tan
A. MEGALOSPHERIC GENERATION.				
Sculpture:	Pillars in centre $\pm$ irregularly arranged, on flange in concentric rows.	Pillars strong on umbo and flange; shell fairly thick; umbo distinct; 13 rows of pillars.	Pillars fairly strong on umbo, but finer on flange; test thinner; umbo less prominent; 17 rows of pillars.	Sculpture very variable
Size:	2 — 8 mm	6 mm	8 mm (1 — 8 mm)	1 — 12 mm
Range of variation in number of nep. septa:	4 — 18	7 — 9 (10, 13)	6 — 8	2 — 9
Number of nep. septa of elementary species:	6	7 — 9	6	6
Number of nep. whorls	1 — 2	almost 1	almost 1	max. $\frac{3}{4}$
Average size of proloculum.	250 μ	$\pm 110 \mu$ *)	$\pm 130 \mu$ *)	214 μ
B. MICROSOPHERIC GENERATION.				
Size:	2 — 5 $\times$ larger than megalosph. generation	2 $\times$ size of megalosph. generation (10 mm)	12 — 16 mm	2 — 5 $\times$ larger than megalosph. generation (40 mm).
Nep. septa:	29	28	26	21 — 24
Operculina-septa:	10	10	—	6 — 10

*) No original data; computed from illustrations.

One will agree with miss Crespín that the relations between *Cycl. victoriensis* and *Cycl. indopacificus* are very close indeed. From the tabulation the question may even arise, whether the two *Cycloclypei* are sufficiently distinct to justify the new name, especially considering the great variability of *Cycl. indopacificus* in the sense of Tan. A decision of this question is of course only possible with full knowledge of the original material so that an additional statement regarding the principal data by which the two *Cycloclypei* differ would be greatly appreciated.

The different numbers of nepionic septa per test

computed as percentage of the total population is of some importance in the species determinations inaugurated in Tan's monographic treatise (1932). Although miss Crespín reports the number of the nepionic septa prevailing in the different localities, we think it might be a further desirable addition to the knowledge of the Australian *Cycloclypei*, if these data could be expressed in exact percentages.

We trust the above remarks will be understood to be in accordance with our appreciation for the description of the Australian *Cycloclypei*, we owe to miss I. Crespín.

UIT DE LITERATUUR.

In het Mei-nummer van *Engineering & Mining Journ.* geeft P. H. Reagan, „consulting Mining Engineer” te La Paz, in een artikel: „Expansion of Mining in Bolivia awaits Mechanization” een overzicht van den mijnbouw in Bolivia en constateert, dat de productie-capaciteit van verschillende delfstoffen, in het bijzonder van tin, gedurende 1940 aanmerkelijk is toegenomen. Hiervoor kunnen 4 oorzaken worden aangegeven: 1°. terugkeer van een constitutioneele „burgerlijke” (democratische ?) regeering; 2°. verlaging van belastingen en verzachting der bepalingen betreffende de gedwongen beschikbaarstelling van buitenlandse valuta aan het gouvernement; 3°. vrijheid t.a.v. den tinexport onder de bepalingen van de internationale tinrestrictie-overeenkomst; 4°. verbetering in de vraag en de marktprijzen van strategische delfstoffen.

Vooral de eerste twee der genoemde factoren hebben een gunstigen invloed op de ontwikkeling van den mijnbouw gehad. Gedurende een tiental jaren toch werd de mijnbouw voornamelijk dienstbaar gemaakt aan politieke en fiscale doeleinden en werd nauwelijks acht geslagen op de economische positie van de ondernemingen. Door de nieuwe regeering wordt nu rekening gehouden met de problemen van de Boliviaansche mijnindustrie (o.a. werd het % buitenlandse valuta, dat ter beschikking van de regeering moet worden gesteld teruggebracht tot 42% van de waarde van den verkoop) en hoewel de verhoudingen zeker nog verbetering behoeven is thans de weg geopend voor een goede samenwerking tusschen regeering en mijnbouw, waardoor deze laatste de gelegenheid krijgt zich te ontwikkelen. Uit een tabel van exporten over de laatste 4 jaren mogen hier de volgende cijfers worden overgenomen:

Metaal in kgton	1937	1940
tin	25 531	38 531
zink	11 529	12 205
antimoon	7 127	11 808
lood	18 289	10 933
koper	3 693	6 660
zwavel	—	4 082
wolfram	1 081	2 510

In 1940 werden voor de eerste maal zwavel, voorts asbest, mica, cobalt en selenium in kleine hoeveelheden geproduceerd.

Wat het tin betreft heeft het onlangs door de Boliviaansche Regeering namens een aantal producenten afgesloten leveringscontract voor 18 000 tons tin in erts per jaar aan de Metals Reserve Co. een heilzamen invloed gehad op dezen tak van mijnbouw. De 18 000 tons vertegenwoordigen bijna de helft van de productie van Bolivia. De andere helft wordt in Engeland versmolten

en is afkomstig van de mijnen der Patinhogroep. Behalve in de Cappers Pass smelterij wordt in Engeland echter geen laagwaardig erts verwerkt en vóór den oorlog werden de arme concentraten dan ook hoofdzakelijk naar het Europeesche continent (België, Holland, Duitschland) verscheept. Nadat de oorlog zich over de Lage Landen had uitgestrekt bleven groote hoeveelheden dier arme concentraten in de Chileensche af-scheephavens en in Bolivia liggen. De mijnbouwondernemingen beschikten niet over de middelen om zelf de verwerking daarvan ter hand te nemen, zoodat het contract met de M.R.C. voor den duur van tenminste 5 jaren den afzet van het Boliviaansche erts heeft verzekerd. Bovendien krijgt Bolivia de beschikking over dollar-deviezen, welke dat land noodig heeft voor de verdere ontwikkeling van den mijnbouw. Daar werkeloosheid in Bolivia thans niet bestaat, is de mijnbouw nl. alleen door mechanisatie en verbetering van de tot nu toe gevolgde ontginnings- en verwerkingsmethodes tot grooteren bloei te brengen. Wel wordt over een groot bedrag in sterling-valuta beschikt (de Centrale Bank van Bolivia bezit ruim 1 mill. pond), doch onder de huidige oorlogsomstandigheden is het niet goed mogelijk gebleken daarvoor machinerieën en andere voorraden in Engeland aan te koopen.

In eenige gevallen zijn reeds belangrijke verbeteringen aangebracht kunnen worden. De bekende Llallagua-mijn, toebehoorende aan de Patinho-groep, welke sedert de restrictie op slechts ca 50% van hare capaciteit werkte, kon de productie in 1940 opvoeren tot 1400 tons tin per maand. Met een aangetoonde ertsreserve van flinken omvang zal deze mijn voor een reeks van jaren de ruggegraat van den Boliviaanschen tinmijnbouw zijn. In een aantal andere mijnen zijn nieuwe verwerkingsinstallaties in aanbouw of in bedrijf gesteld en het behoort zeker niet tot de onmogelijkheden, dat het productie-niveau zich reeds in 1941 weer herstelt tot het peil van het topjaar 1929, toen de productie rond 49 000 tons bedroeg. Hieronder volgt een opgave van den tinexport in kgton over 1940 met vermelding van het gehalte der geëxporteerde ertsen.

	Export	% Sn	Gemidd. %
Patinho-groep	18 661	28,5 — 64	61,0
Hochschild „	9 581	21,1 — 57	42,6
Aramayo „	2 963	—	56,9
Banco Nímero de Bolivia	2 701	19 — 52,7	36,0
Overigen	4 625	19,5 — 66,1	40,1
Totaal	38 531	—	49,1

Wolfram en antimoon zijn belangrijke strategische metalen, die in Bolivia in relatief groote hoeveelheden voorkomen. De winning en verwerking geschiedt v.w.b. wolfram voor 50% en v.w.b. het antimoon bijna geheel in handenarbeid. Daar werkrachten niet meer beschikbaar zijn, kan uitbreiding slechts plaats vinden door mechaniseering. Indien voor deze delfstoffen evenals voor tin een leveringscontract met de U.S.A. zou worden afgesloten, zouden de noodige fondsen zeker ter beschikking worden gesteld en zou de productiecapaciteit in 2 jaren verdubbeld kunnen worden. De voornaamste en tevens behoorlijk geoutilleerde wolfram-producenten waren in 1940: de Intern. Mining Co. 600 kgton, Aramayo-groep 489 kgton, Patinho-groep 303 kgton.

De Huanchaca zink-zilver-loodmijnen (Hochschild-groep) produceerden alle zink, 70% van den zilver-export, 50% van den lood-export en een weinig koper. De overige productie van deze delfstoffen, behalve koper, is afkomstig van kleine ondernemingen die met primitieve hulpmiddelen werken. De American Smelting Co. levert ca 6000 tons koper uit de bekende Corocoromijn. Zoowel in de Huanchaca- als in de Corocoromijnen zijn onlangs nieuwe installaties in gebruik genomen.

Het tekort aan werkrachten dwingt den ondernemers tot verdere mechanisatie. Voor de kleine objecten beperkt deze zich voorshands nog tot de invoering van druklucht en het gebruik van boorapparaten, in de grotere ondernemingen worden thans meer en meer mechanische winning, belading en transport aangetroffen, terwijl in de verwerking getracht wordt door betere installaties een hooger rendement te verkrijgen. Zoo kon in de Llallagua-mijnen de mill-lead van 4% Sn teruggebracht worden op 3% met behoud van het rendement van 80%; in de andere mijn wordt thans 1 procentig tinerts verwerkt met een rendement van 70%.

Vermelding verdient nog dat sedert het einde van 1940 de U.S. Geological Survey, in samenwerking met het Boliviaansche gouvernement, onderzoekingen verricht naar alle strategische delfstoffen, welke in den bodem van Bolivia voorkomen.

*

In *Mining & Metallurgy* van Maart 1941 worden door F. T. Sisco de resultaten van een studie over de vraag, waar de ijzermetallurgie haar oorsprong kan hebben gehad, medegedeeld. Over dit onderwerp staan al sinds langen tijd twee opvattingen tegenover elkaar. Een groep, voornamelijk uit metallurgen bestaande (o.a. Sir Robert Hadfield), is van meening dat het ijzer ouden Egyptenaren reeds bekend moet zijn geweest. Zonder werktuigen van ijzer of staal zou het hen niet mogelijk hebben kunnen zijn de enorme blokken van graniet of zandsteen te bewerken waarvan zij omstreeks 3000 v. Chr. de pyramiden en andere monumenten opbouwden. Eenige vondsten van ijzer en (ijzer) -roest in opgravingen worden als een bevestiging van deze opvatting beschouwd. Bij recente onderzoekingen is gebleken, dat dit ijzer veelal een gehalte aan nikkel bevat, dat overeenkomt met het nikkelpercentage van ijzermeteorieten.

Sir Flinders Petrie en andere archeologen zijn echter de meening toegedaan, dat het ijzer eerst omstreeks 1200 v. Chr. in Egypte en ook in Mesopotamië algemeene verbreiding had gekregen en dat de bakermat van de ijzermetallurgie niet in deze landen gezocht kan worden.

Door den schrijver wordt nu de aandacht gevestigd op het feit, dat ten tijde van het groote Assyrische rijk van Hammurabi ($\pm$ 2200 v. Chr.) het koper in den vorm van brons nog altijd het voornaamste metaal was en de bewerking daarvan o.a. voor wapenen een hoogen trap van ontwikkeling had bereikt. In Klein-Azië, dat een deel van het Assyrische rijk vormde, waren inmiddels vermoedelijk uit Siberië de Hittieten geïmmigreerd. Zij namen geleidelijk in aantal toe en slaagden er omstreeks 1800 v. Chr. in de Assyriërs uit Klein Azië te

verdriven. Dit succes dankten zij o.m. aan het gebruik van paarden en van ijzeren wapenen, die een ommekeer in de toenmalig wijze van oorlogvoering tengevolge hadden. Waar en wanneer de Hittieten de ijzermetallurgie hadden geleerd is niet bekend, doch het is redelijk te veronderstellen, dat zij deze kennis uit Siberië medebrachten. In dit verband wordt nog gewezen op de omstandigheid, dat in den loop van het 3e millennium v. Chr. door Indo-Europeesche stammen, welke Voor-Indië van het Noorden uit binnenvielen, eveneens reeds ijzeren wapens werden vervaardigd. Daar ook de Hittieten tot hetzelfde ras behoorden, lijkt de conclusie niet gewaagd, dat de volken, welke eertijds Siberië bewoonden, het ijzer kenden en gebruikten.

Voorts zijn de oudste ijzererts-groeven bekend uit het Pontusgebergte in Klein Azië, langs de zuidkust van de Zwarte Zee. Hier komen kleine doch rijke haematiet-afzettingen voor, welke in elk geval tusschen 1800—1600 v. Chr., doch waarschijnlijk ook reeds vroeger in ontginning waren.

E.e.a. maakt het waarschijnlijk, dat de „metallurgische” zienswijze over den oorsprong der ijzermetallurgie plaats zal moeten maken voor de „archaeologische”.

*

In *Mining Mag.* van Maart 1941 vermeldt W. Barnes eenige bijzonderheden betreffende de „walking dragline”. Dit type van excavateur dateert reeds van 1913, doch heeft buiten de U.S.A. weinig aandacht genoten. Eerst in den laatsten tijd is een aantal van deze machines ook in andere landen tewerkgesteld, o.a. bij het graven van het Albert-kanaal in België, in den tinmijnbouw van Nigeria en voor het afdekken van ijzererts-lagen in Northamptonshire in Engeland.

Bij dit type rust de bovenbouw normaal op een cirkelvormige, geheel gesloten basis, waarop hij draaibaar is bevestigd. De diameter van de basis-constructie varieert al naar de grootte en het gewicht van het eigenlijke graafwerktuig van 6 tot 12 m en maakt het mogelijk, dat de machine kan werken op elken bodem, die het gewicht van een mensch kan dragen.

Voor het verplaatsen wordt het „wandel”-apparaat in werking gesteld. Dit bestaat uitwendig uit twee ter weerszijden van den bovenbouw aangebrachte platte schoenen met een lengte van ca 8 m bstaat, in een vorm eenigszins gelijkend op de drijvers van een watervliegtuig. Op elk dezer schoenen, welke niet star aan de overige deelen van het werktuig zijn gemonteerd en normaal ook niet op den bodem rusten, bevindt zich in de lengterichting een ovaal frame, waarin een wiel zich van achter naar voren of omgekeerd kan bewegen. Deze wielen zijn excentrisch bevestigd aan een gemeenschappelijke as, welke een vasten stand t.o.v. den bovenbouw met cirkelvormige bodemplaat inneemt. Wordt deze as in draaiende beweging gebracht dan zal tengevolge van de excentrisch gekoppelde wielen een benedenwaarts gerichte druk op de „wandel”-schoenen worden uitgeoefend, die op den grond komen te rusten en geleidelijk het volle gewicht van het werktuig te dragen krijgen. De bovenplaat met den geheelen daarop rustenden bovenbouw wordt tevens aan de voorzijde een weinig opgeheven. Bij verder draaien van de as zullen de wielen in hun frames van achteren naar voren rollen, daarbij de machine medenemend en die over een afstand van 2 à 3 m verplaatsend. Bij het einde van deze voorwaartsche beweging komt de bodemplaat weder op den grond te rusten, neemt geleidelijk het gewicht van de wandelschoenen over, die op hun beurt bij voortdraaien van de as opgeheven worden, terwijl de wielen in de frames terugrollen naar de oorspronkelijke plaats. Zoo noodig kan de geheele manipulatie worden herhaald voor grootere af te leggen afstanden.

De bewegelijkheid van deze constructie is uiteraard zeer groot; bochten behoeven niet te worden gemaakt, daar de schoenen vooraf in de gewenschte richting gedraaid kunnen worden. Als algemeene voordeelen worden voorts nog genoemd: weinig aan slijtage onder-

hevige voortbewegings-onderdeelen; lager totaal gewicht en grootere stabiliteit als gevolg van een lager gelegen zwaartepunt dan bij de normale montage op rupsbanden e.d. mogelijk is.

De machine wordt thans door verschillende firma's vervaardigd nl. de Bucyrus Erie Cy. (incl. Ruston-Bucyrus Ltd.), waarmede de Monighan Cy. in 1931 gelieerd werd;

Page Manufacturing Cy.; Marion Cy. en Ransomes & Rapier Ltd. De afmetingen en capaciteiten wisselen van 95 tons met een 3 cu. yd. graafbak tot 1000 tons met een 20 cu. yd. bak. Met uitzondering van het grootste type, dat alleen in elektrische uitvoering wordt vervaardigd, kunnen de machines desgewenscht ook met Dieselmotoren worden geleverd.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

N. V. Mijnbouw Maatschappij „Simau”.

Gedurende de maand November '41 werden:

7 494 ton erts verwerkt { 7,9 dwts goud per ton en van gemiddeld { 116,— „ zilver „ „ „

Geëxtraheerd werden: totaal ca 3 026 ozs. goud en ca 36 798 ozs. zilver, ter gezamenlijke waarde van ca f 206 000,—.

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

De bedrijfskosten over November j.l. bedroegen ca f 105 000,— terwijl voor montage werd uitgegeven ca f 10 500,— en voor prospecteren ca f 1 500,—.

N. V. Mijnbouw Maatschappij „Zuid Bantam”.

Gedurende de maand November '41 werden:

5 872 tons erts verwerkt van { 8,56 gram goud per ton gemiddeld { 581,— „ zilver „ „ „

Geëxtraheerd werden: totaal ± 42 965,— gram goud en ± 2 544 860,— gram zilver ter gezamenlijke waarde van ± f 132 100,—.

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

De bedrijfskosten over November j.l. bedroegen ± f 98 300,— terwijl voor montage werd uitgegeven ± f 13 300,— en ten laste van het 5a-vergunningsterrein ± f 8 000,—.

Rectificatie: In het rapport over de periode 30-11-'41 t/m 6-12-'41 lees 9,— g goud i.p.v. 7,— g goud.

Gedurende de periode van 7-12-'41 t/m 13-12-'41 werden 1 400 tons erts verwerkt van gemiddeld 8,— gram goud en 650,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 14-12-'41 t/m 20-12-'41 werden 1 400 tons erts verwerkt van gemiddeld 9,— gram goud en 650,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 21-12-'41 t/m 27-12-'41 werden 1 200 tons erts verwerkt van gemiddeld 12,— gram goud en 800,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 28-12-'41 t/m 3-1-'42 werden 1 200 tons erts verwerkt van gemiddeld 9,5 gram goud en 700,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 4-1-'42 t/m 10-1-'42 werden 1 200 tons erts verwerkt van gemiddeld 9,5 gram goud en 700,— gram zilver per ton.

N. V. CONSTRUCTIEWERKPLAATS EN MACHINEFABRIEK

„EIFFEL”

SOERABAJA

Ngagel 179, Telef. 144 Zuid



IN NEDERLANDSCH-INDIË

VI. TECHNISCHE HYGIËNE EN ASSAINEERING.

INHOUD: Some aspects of the physiology and hygiene of manual labour in tropical countries, with special reference to Queensland and Java, by R. Courtice, B. Sc.

(UIT HET LABORATORIUM VOOR TECHNISCHE HYGIËNE, TECHNISCHE HOOGESCHOOL,
BANDOENG.)

Some Aspects of the Physiology and Hygiene of Manual Labour in Tropical Countries,

with special Reference to Queensland and Java*)

by

R. COURTICE, B. Sc.

Introduction.

As close neighbours in the Far East, Australia and Netherlands India have many things in common. Many important questions which affect the population of both countries as a whole, are of the same character.

One of those questions is the influence of the tropical climate on man in his struggle for life.

A comparatively small part of Australia possesses a climate similar to that of Netherlands India, but in a rather large and important part a tropical climate similar to that of Netherlands India prevails during several months of the year.

The hygiene of labour in the tropics is therefore of material interest to Australian as well as to Netherlands Indian people.

It is the aim of this paper to report about some researches which have been carried out in Australia and Java concerning the above mentioned subject.

Before giving this report it may be of interest to the readers of this journal, to record briefly here some general facts relating to Australia, in particular to its tropical parts.

With an area of 7,7 million square kilometres (approximately the size of Europe and 60 times that of Java), and a population of 7 000 000 (Java 50 000 000), Australia is very sparsely populated. The great bulk of the population lives on the Australian sea-board, and in particular in the capital cities. The capital is Canberra, a small model city situated in the Federal Territory. Sydney (1½ million), Melbourne (more than 1 million), Brisbane (350 000), Adelaide and Perth (somewhat smaller) are the chief cities and account for nearly 50% of the total population of Australia.

The continent of Australia extends from 11° S to 44° S (most southern point of Tasmania) and

from 113° to 153° East Longitude. One can well imagine that Australia has a very variable climate from the tropical north to the temperate south. Winter sports take place in the months of June, July and August at Mt. Kosciusko (7 000 feet) and Mt. Buffalo (6 000 ft.).

Parts of the Northern Territory and Western Australia are tropical but they are for the most part uninhabited. Port Darwin stands sentry as an important military and naval base and is the closest Australian base to this chain of Islands.

Formerly the centre of much activity in the meat industry, the meat-work buildings have now been transformed into military barracks.

Northern and Central Queensland have a tropical climate and all kinds of tropical products are produced here. Sugar is the most important crop grown along the Queensland coast in pockets of fertile land. Sugar cane requires a high rainfall and much heat but it is grown successfully as far south as Bundaberg, a coastal town with a rainfall of only 1 100 mm per year, exactly similar to the rainfall of Sitoebondi in the Residentie Besoekei. This coastal belt receives its rainfall from the N. W. monsoon and also from the S. E. Trade Winds blowing in from the Pacific Ocean. The N. W. monsoon loses much of its moisture content as it crosses the continent, but Darwin, the Gulf of Carpentaria and Northern Queensland receive very heavy rainfalls up to 5 100 mm per year (cf. Buitenzorg 4 200) and this together with excessive heat is conducive to the growing of the best sugar cane. As a general rule the rainfall occurs for the most part in the summer months and floods are extremely common in the North each year in February or March. In many parts, however, the production of sugar is increased by extensive irrigation schemes together with fertilizers.

This humid fertile tropical coastal belt is sharply divided from the dry interior of Queensland by the

*) Voordracht gehouden voor het Instituut van Technische Hygiëne en Assaineering en het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, te Bandoeng op 18 November 1941.

Great Dividing Range running from the North to the South of Australia. In this dry interior the rainfall is less than 510 mm per year, with high summer temperatures, accompanied by a low relative humidity. These vast plains of Western Queensland where there is no hill or tree for miles, are ideally suited to sheep-farming which is the chief industry. In this connection it is interesting to record that in recent experiments in the hot room in Brisbane, the writer's colleagues have found that the sheep is outstanding amongst domestic animals in tolerating hot atmospheres, indicating a high development of its heat-regulatory mechanism. They have also experimented with the dog, fowl, rabbit and cat, taking as indications of reaction to heat, changes in rectal temperature, pulse rate, respiratory rate, respiration volume and general attitude and behaviour of the animal in question. Contrary to all these animals, the sheep is fortunate in that it possesses many sweat glands so that insensible cutaneous evaporation and sweating might well account for the marked superiority of this animal over others in respect to heat regulation.

All parts of Australia have also a winter season. In Brisbane there are really the 4 seasons — but one may say broadly speaking that summer lasts from September till March and winter from April till August. In all Australian cities it can be very hot in summer and heat waves are common in January and February. These are sometimes accompanied by devastating bush-fires in Victoria. The writer well remembers one day in January 1940 when he was on his way by car from Bundaberg to Brisbane. It was excessively hot and when he arrived in Brisbane the first thing to greet him was a newspaper poster proclaiming „Brisbane Heat Record”. That day was one in a heat wave and the shade temperature reached 108° F or 42° C which is much above body temperature (37° C). Such a heat wave may last up to 10 days with maximum shade temperature each day above 95° F (35° C).

Brisbane in January and Februari lies definitely above the comfort zone. However this is in marked contrast with June and July when morning shade temperatures fall to 40° F or 4° C and sometimes these are accompanied by a very dry cold wind from the interior of Australia.

The Physiology and Hygiene of Labour in Tropical Countries.

Coming to the subject proper of this article a brief review will first be given of labour policy in Australia.

The Commonwealth of Australia was established on the basis of „A White Australia Policy”, after the first Federal Election in 1901. It is perhaps of some interest to tell something of the events leading up to this White Policy and the abolition of all black labour.

In the early history of Queensland, black labour in the form of kanakas was imported from the Pacific Islands to work in the cotton and cane-fields of Queensland since it was thought that the prevail-

ing tropical and sub-tropical conditions were too rigorous for the white man.

By 1868 there were more than 2 000 kanakas employed in Queensland industry.

The major part of the sugar production in those days was from large estates and the kanakas were brought to Queensland under agreement with the planters, the recruiting of volunteers being under Government supervision. In each sugar district there was an agent appointed by the Government to look after the interests of the kanakas. However their wages and living conditions were of an extremely low standard and there was a high death-rate. At this period sugar was produced at a little less than one half of the cost to-day.

Such sinister reports of the doings of recruiting agents who procured the labour from the Pacific Islands, reached the Government authorities in Queensland that in 1868 the Polynesian Act was passed. It aimed to achieve fair recruiting at the Islands, adequate accommodation on the voyage, humane treatment in Queensland and certainty of return. It also provided that no Islanders could be introduced into the Colony except under Government licence. Despite such legislation abuses continued and in 1870 Government agents were appointed to all vessels recruiting and returning islanders to their homes.

The abolition of Kanaka Labour in the cane-fields was indeed a political one and not one of failure on the part of the Kanaka as a worker. The fact may be stressed here that the elimination of Kanaka Labour was not the result of a physiological failure. In 1901 the Federal Government passed an act whereby no more kanakas were to be introduced after 1904 and Federal authorities were given power to deport any kanaka found in Australia after 1906. Altogether 3 642 islanders were repatriated.

In the transitory period — 1904 onwards — the Government introduced an excise duty on sugar and it also paid a bounty of 6/- per ton of cane grown entirely by white labour. Then came the formation of organizations by the workers to obtain better conditions and at the same time, the cane-growers agitated for better cane prices with the result that in the 1915 Federal elections, cane-price legislation was a major political issue. The Ryan Government was returned and cane-price legislation became an accomplished fact. A cane-growers' tribunal was established and the price of cane fixed in accordance with its sugar content. The Federal Government placed an embargo on any sugar coming into Australia.

The production of sugar in Queensland, by means of entirely white labour, has increased so much that it is now causing concern since all sugar produced in excess of Australian requirements, must be sold overseas at world prices. Australian consumption is in the vicinity of 400 000 tons annually, but in 1939 there was a record sugar production of 891 218 tons. There are approximately 4 000 cane-growers in Queensland and of this number some 1 000 are foreigners, chiefly Italians.

The most exacting physical work in the sugar industry is that of cane-cutting. So it is of interest

to record some facts about the cane-cutter. He is a young man between 18 and 35 years of age, in perfect physical health. He works 44 hrs. per week and in the cane-fields of Northern Queensland, he has a long rest during the hottest part of the day. He cuts and loads on an average, 5 tons of cane per day for which he receives approximately £ 10 per week. The harvesting season varies in duration from 20 — 30 weeks mainly from June to December. At the end of the season the cane-cutter has lost weight but he is still very healthy.

We may conclude that strenuous manual labour is possible for white man in the tropics with these restrictions:

- 1) He is a young man (18 — 35) in perfect physical health.
- 2) A long rest in the hottest part of the day is essential.
- 3) The period of work is approximately six months. For the remaining part of the year the cane-cutter either does less strenuous work perhaps in a cooler climate or else he does very little work in what is called for him "the slack season".

However, manual labour in the tropics must *always* be accompanied by a rise of body temperature and such a rise brings forth an increased effort of the heat regulation system of the body to prevent heat accumulation and to dissipate more heat through the various channels: conduction, convection, radiation and evaporation.

A great deal of physiological research work about this subject has been done in tropical and partly tropical countries, and Queensland has taken part in it.

Classification of Climates in Queensland.

When the Queensland Medical School was established in 1935 it was decided to make the study of Tropical Physiology and Tropical Medicine an important part of the Medical curriculum. So it was that the Professor of Physiology within the University of Queensland, Prof. Douglas H. K. Lee, established in 1936 a physiological laboratory with an adequate basic equipment including many items necessary for tropical investigation.

Since then a tropical hot room has been established at the Sir William MacGregor School of Physiology in Brisbane and much research work has been carried out into the physiological effects of tropical climates upon the human body. The results of this and other research work appear in a recent publication "A Basis for the study of Man's Reaction to Tropical Climate" by D. H. K. Lee, in which a logical correlation of the existing data in this large hitherto unknown and unexplored field are brought together.

At first the experiments were confined to human beings but now they are being extended to a study of the physiological effects of diminished heat loss upon animals such as the pig, fowl, dog, cat, rabbit and sheep.

This is one branch of the research work being carried out in Brisbane. There is another, — that of the assessment of climate —, attempts at which have been stated in a publication by Lee and Courtice. In assessing climate, the method of effective temperature, using the nomogram by Houghten and his co-workers in the Research Laboratory of the American Society of Heating and Ventilating Engineers, was selected. The effective temperature is that temperature of saturated still air which produces the same feeling of warmth or cold on the body as a given combination of dry bulb temperature, wet bulb temperature and wind velocity. It therefore embraces heat loss by the channels of conduction, convection and evaporation, but neglects that of radiation.

The following data for each city observed were considered necessary for the assessment of the climate of that particular city:

- a) Effective temperature at 9 a.m. in still air.
- b) Effective temperature at 9 a.m. with air movement of 150 feet per minute.
- c) Effective temperature at 3 p.m. in still air.
- d) Effective temperature at 3 p.m. with air movement of 150 feet per minute.
- e) Relative humidity.
- f) The comfort zone for 50% of American subjects.

An air movement of 150 feet per minute is that at which papers begin to flutter and consequently is that usually established indoors.

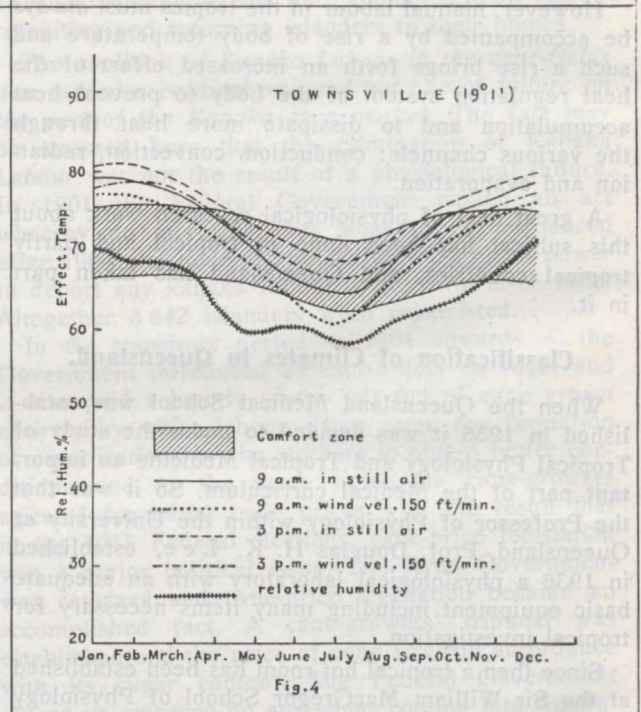
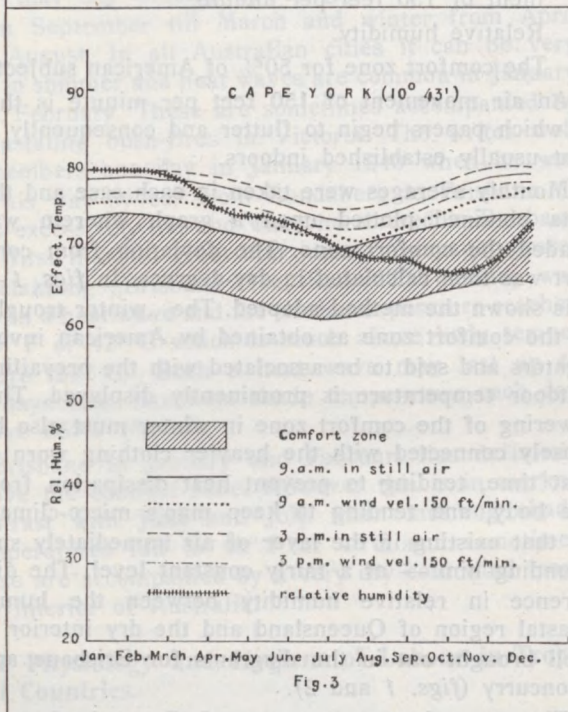
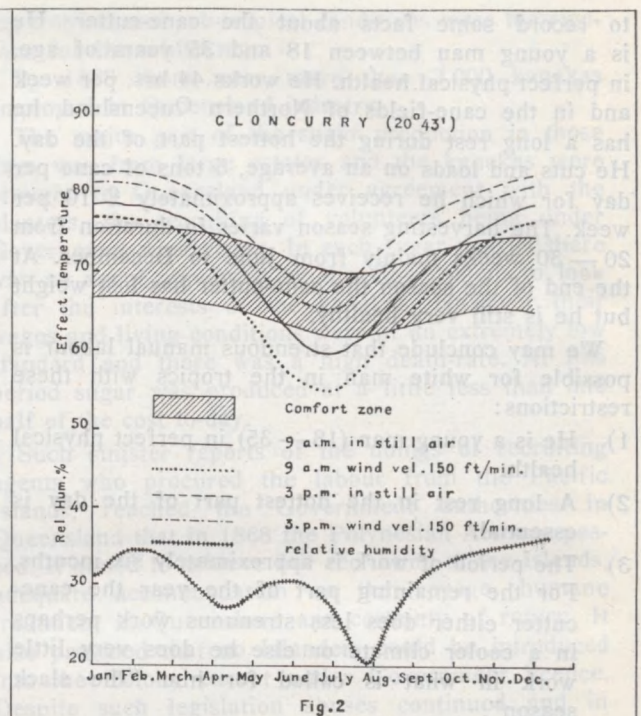
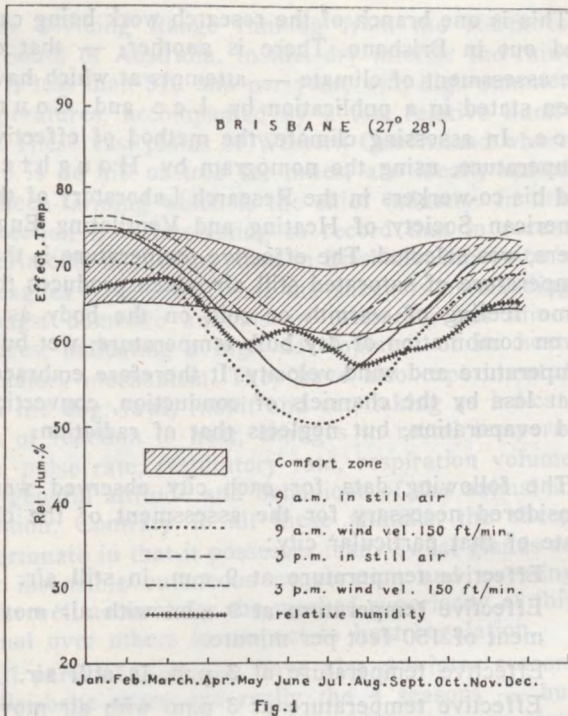
Monthly averages were taken in each case and the data obtained plotted upon a graph wherein was shaded the comfort zone. The deviation from comfort was then calculated in day-degrees. In *figs. 1 — 4* is shown the method adopted. The „winter trough" in the comfort zone as obtained by American investigators and said to be associated with the prevailing outdoor temperature is prominently displayed. This lowering of the comfort zone in winter must also be closely connected with the heavier clothing worn at that time, tending to prevent heat dissipation from the body, and tending to keep man's micro-climate — that existing in the layer of air immediately surrounding him — at a fairly constant level. The difference in relative humidity between the humid coastal region of Queensland and the dry interior is well brought out in the diagrams for Brisbane and Cloncurry (*figs. 1 and 2*).

The more important towns of Queensland were divided into three arbitrary classes as follows:

Class I (Sub-tropics): No 9 a.m. net excess above the comfort zone. Quite suitable for Caucasian habitation. Rockhampton, Bundaberg, Brisbane, Longreach, Charleville.

Class II (Marginal tropics): 9 a.m. net excess above the comfort zone, 3 p.m. gross excess above the comfort zone does not exceed 1200 day degrees. Suitable for Caucasian habitation, but requires adaptation in summer. Mackay, Townsville.

Class III (Tropics): 3.0 p.m. gross excess above the comfort zone exceeds 1200 day-degrees.



(a) 9 a.m. effective temperature does not exceed 80° F (26,6° C). Permissible for Caucasian habitation but requires selection and marked adaptation. Cardwell, Cairns, Cloncurry.

(b) 9.0 a.m. effective temperature reaches 80° F (26,6° C). Not suitable for Caucasian habitation.

So a method of classifying hot climates in their relationship to European settlement on the basis of effective temperature was suggested for further use.

Thus it is in Queensland that by a detailed examination of the physiological reactions of subjects and animals under tropical conditions together with a detailed assessment of Queensland climate, it is hoped that finally we can best understand the effects produced by tropical conditions and so be able to correct for them.

An opportunity then presented itself for the writer to come to Java to study under the direction of Prof. C. P. Mom and his assistant dr. J. A. Wiese-

bron at the Laboratorium voor Technische Hygiëne en Assainering at Bandoeng. In Queensland Prof. Lee had already found much of interest in publications from this laboratory and it was apparent that both in Java and in Queensland there were exactly similar problems to solve in the field of tropical hygiene and physiology. So it was with pleasure that the opportunity to come to Bandoeng for one year as a Walter and Eliza Hall Travelling scholar was accepted, in order to see how the Dutch research workers attacked the problem of tropical settlement and hygiene and along what lines they were proceeding.

Heat Regulation of the Body.

The most important factor in heat regulation of the body in the Tropics is sweating.

The development of internal temperature control occurred late in evolution.

Reptiles are complete poikilotherms, without a heat-controlling mechanism. In mammals, there are different means of controlling heat-loss with the result that different mammals have different heat-resisting capacity depending upon the efficiency of their particular heat-loss mechanism. In the different genera there have been two outstanding methods of controlling heat loss.

(1) Development of a large vascular surface in proportion to mass of the body — e.g. the large ears of the elephant.

(2) The provision of a surface fluid for evaporation — the large drooling tongue and panting of the dog and of course the sweat glands of man.

The elephant provides himself with a fluid surface by spraying water over his back and sides. When water is not available the elephant introduces his trunk into his mouth where he obtains a considerable amount of fluid and he uses this fluid in the same way. The cat at high temperatures spreads saliva over its fur. The fowl dips its head in water — all with the one purpose of providing a fluid surface to allow evaporation of water to take place and in this way to produce bodily cooling.

Man has been able to colonise the hottest parts of the earth, more or less successfully, by the high development of his heat regulation system and in particular of his sweating system. This fact was vividly displayed in the spectacular experiment which demonstrated the pre-eminence of a sweating animal in defence against high temperatures. It has been shown by Blagdon and Fordyce that a healthy man can withstand for a period of 15 minutes an exposure to a dry atmosphere of 250° F (120° C) without ill-effects, whilst beefsteak exposed to the same temperature was cooked in 13 minutes.

Water is very valuable in the regulation of body temperature, firstly because of its high heat of vaporization and secondly on account of its high heat capacity. Under hot conditions the maintenance of the skin temperature 3° C or 4° C below that of the blood coming to the skin depends chiefly upon the high heat of evaporation of water.

The greatest strain appears to be borne by the heart and cardio-vascular system. If body temperature is to be controlled, heat must be transferred from the areas where it is produced to the peripheral skin areas where it is to be dissipated. This transfer is effected in times of stress chiefly by circulation of blood to the skin. The blood used for this purpose is arterial in character and is diverted from its usual channels and functions for this special purpose. It is cooled as it passes through the skin capillaries and it returns to the right side of the heart without having delivered its load of oxygen. A part of the blood is thus immobilized in so far as its oxygen transporting function — its real purpose in life — is concerned. The capacity for supplying oxygen to the tissues is thus reduced and the greater the difficulty in sustaining the proper rate of heat dissipation, the greater the drain on the circulation.

From experiments carried out at Boulder City — the site of the famous Boulder Dam — Dill and others have concluded that adaptation to high temperatures involves (i) the production of a more dilute sweat, thus conserving body salt, (ii) the attainment of a "steady state" for the body temperature depending on the individual. This "steady state" may be reached at 38° C or 39° C and this may possibly be associated with the body temperature — skin temperature gradient. (iii) Increased sensitization of the heat regulating centre so that the rise in body temperature becomes less and less. For example at Boulder City, the rise in rectal temperature was 1.69° C for the first day, but within a month it was only 0.8° C.

Perspiration may be divided into two main classes: insensible perspiration and sweating proper.

In the process of insensible perspiration the body loses weight insensibly by what is known as cutaneous insensible perspiration due to a physical process, probably the diffusion of tissue fluid through the epidermis. This insensible loss amounts to about 20 grms per hour at 25° C and 120 grms at 38.6° C, the increase at higher temperatures being due to an increase in the rate of skin circulation assuming that large numbers of previously closed skin capillaries open up when the skin is exposed to high temperatures.

It is generally accepted that the cutaneous insensible perspiration is due to two different processes — the physical discharge of water through the epidermis and the continual secretion of sweat, which evaporates in the very moment it comes to the skin surface. In the uncovered regions of the body — the face, the neck and back of the hand — the rate of insensible perspiration loss is somewhat larger than that in the other regions covered with clothes.

With regard to sweating proper, the following facts about the cause of sweating seem to be well established.

The sweat apparatus consists of the sweat centres situated in the hypothalamus, the sudorific nerves forming part of the sympathetic system but with cholinergic nerve endings, and the sweat glands. It is probable that the response of the sweat apparatus depends chiefly upon the excitability of the sweat

centres. On the other hand however the activity of the sweat glands may vary under the influence of temperature. The "ability to perspire" is of importance. When once exposed to intense cold, a subject cannot sweat for a considerable period of time following. Hiller states that heat stroke developed more easily in soldiers who had a swimming practice prior to the march and he attributed this to a depression of sweating.

Many people also have had the experience that when feeling exhausted by heat, a hot shower bath can do much to revive them, whilst a cold bath will only produce a cooling effect for a short time to be followed afterwards by an unpleasant feeling of oppression.

It appears that sweating is produced in one of two ways, direct stimulation of the sweat centres or indirect stimulation of the sweat centres by means of a nervous reflex.

The chief objects of human sweating are

- 1) Regulation of body temperature;
- 2) Removal of lactic acid, partly a waste product formed in muscular exercise.

The sweat glands of the palm of the hand and of the sole of the foot where the amount of sweating is uninfluenced by temperature, protect the skin from dryness during insensible perspiration and facilitate physical work by sweating.

There are good and bad sweaters and it seems certain that there are some people who cannot stand heat because they sweat too little. A good sweater is one who can sweat efficiently, that is to say one who can make full use of the sweat which he produces. Sweat which is not evaporated, is a waste to the heat regulating mechanism. A bad sweater is one who sweats very little at high temperatures or one who sweats very uneconomically when the profuse sweat produced, carrying with it large amounts of NaCl valuable to the body for maintaining osmotic pressure balance, is not evaporated on the skin surface but streams serenely away.

This leads on to a discussion of so-called heat-cramps, a condition produced by excessive salt loss from the body and occurring in miners and stokers, so that it has also been called "Miner's Cramp" or "Stoker's Cramp". Chloride loss in the sweat is the essential factor in the production of heat cramps.

The sweat glands continue to secrete sweat with a high content of salt when the body store is becoming depleted. At the same time the concentration of urine chloride may be extremely low or even nil, but the continued excretion of chloride in the sweat leads to depletion of bodily chloride with an accompanying upset of the osmotic pressure equilibrium and muscular cramps result.

In 1935 at a certain town in America, 0.1% salt was added to the drinking water used in a certain mill. The men at first protested but by the end of the summer the only complaints came from workmen in another factory, urging the management to introduce salt into their drinking water.

After the previous discussion of all states of discomfort, some facts about the state of *comfort* will now be set down.

Because of man's limited powers of heat regulation there is a *comfort zone* in which it appears that physiological functions are working at optimum efficiency and with the least effort. In this comfort zone, bodily metabolism is minimum and body temperature is easily maintained at its optimum value of $36 - 37^{\circ}\text{C}$.

Comfort may be defined as that state brought about by a set of conditions which produce that physical condition in which bodily organs operate smoothly under no strain from outside influences, so that mental and physical powers can be wilfully directed at full liberty. The first fundamental condition for comfort is bodily heat balance being established at optimum body temperature of $36 - 37^{\circ}\text{C}$. There is a continuous bodily heat production at rest of $70 - 250$ kcal per hour. Below 26°C air temperature, when at rest or slightly working, the body is comfortable and it can maintain its heat balance without recourse to sweating.

Above 26°C , for comfort, sweating should be produced with direct evaporation on the skin, so that every drop of sweat produced serves its purpose.

The comfort zone for people in Netherlands India has been determined at Bandoeng and Batavia for still air by Mom and Wiesebron. This work was the basis on which the investigations mentioned below were started at the beginning of 1941.

The comfort zones for still air conditions for Bandoeng and Batavia are shown superimposed on a Mollier diagram in *figs. 5 and 6*. The innermost line shows the daily hourly course of climatic conditions, the middle line depicts the monthly course of climatic conditions, both averaged over the period of observation, whilst the outermost line is the border for extreme conditions occurring only occasionally.

Air movement increases heat loss by convection and evaporation and so produces a feeling of comfort at temperatures well above those lying in the comfort zone for still air. The practical application of air velocity is well seen in the ventilation of factories and mines, and also in the cooling of the man sitting at his desk in such a place as Batavia.

In the previous research work concerning still air all data were expressed in terms of dry bulb and wet bulb temperatures.

Now in order to establish a comfort zone with moving air instead of still air, it was necessary to incorporate temperature and humidity into one entity. This could not be done better than by making use of the *effective temperature scheme*, developed by Yaglou and Houghton, and to which reference has been made above. Therefore we had first to determine lines of effective temperature for still air and to superimpose them upon the Mollier chart. Our experiments concerning the establishment of this effective temperature scheme for still air are fully described in an article that has been presented for publication. The results of these lengthy experiments are shown briefly in the diagram (*fig. 7*).

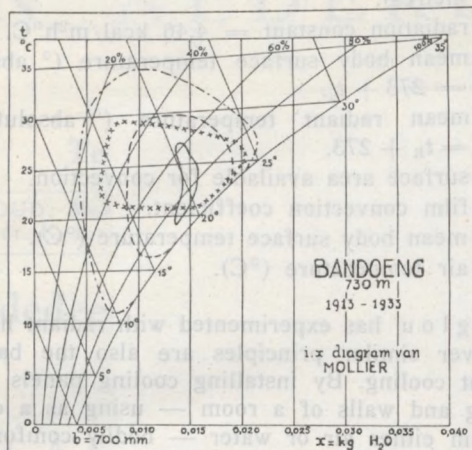


Fig. 5. ——— daily average conditions
 ----- yearly average conditions
 extreme conditions
 ***** COMFORT ZONE with still air

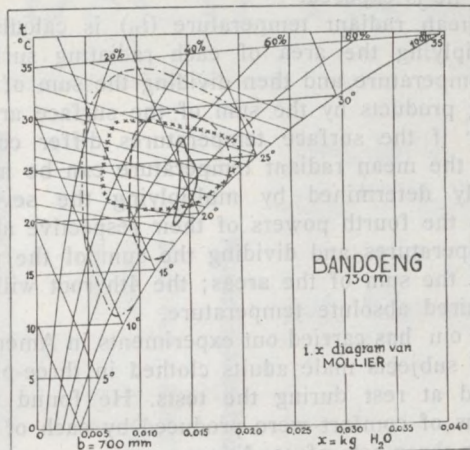


Fig. 7. Effective Temperature Scheme
 (still air)

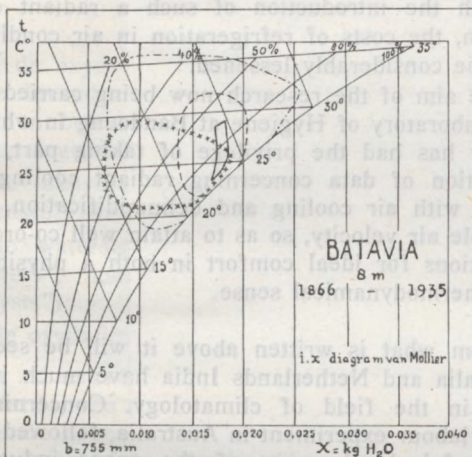


Fig. 6. ——— daily average conditions
 ----- yearly average conditions
 extreme conditions
 ***** COMFORT ZONE with still air

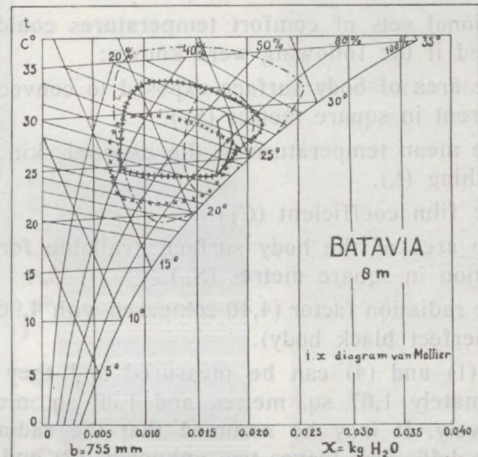


Fig. 8. ***** COMFORT ZONE with still air
 COMFORT ZONE wind vel. 100 cm/sec

With the aid of this effective temperature scheme a comfort zone for moving air could be developed as is shown in fig. 8. This work is described in another paper, that is almost ready for publication. It will be seen in fig. 8 that for still air, the climate of Batavia lies above the comfort zone for about one half of an average day, but when a wind velocity of 100 cm per second is introduced, the comfort zone is shifted so as to include within its boundaries ordinary daily conditions in Batavia.

The next step in these investigations will be that of the effect of radiant cooling on comfort. This problem which is quite new in the field of comfort physiology, is very interesting from a scientific viewpoint, and is moreover of far reaching significance in the practice of air conditioning.

In order that a person may be comfortable thermally, he must dissipate heat at the same rate at which heat is produced by the vital processes within his body. The sensation of comfort experienced by a person in any surroundings and at any time is

influenced by the temperature of the air with which he is surrounded and by the mean radiant temperature to which he is exposed.

The mean radiant temperature (t_R) is calculated by multiplying the area of each radiating surface by its temperature and then dividing the sum of the resulting products by the sum of the surface areas. However if the surface temperatures differ considerably, the mean radiant temperature can be more accurately determined by multiplying the several areas by the fourth powers of their respective absolute temperatures and dividing the sum of the products by the sum of the areas; the 4th root will be the required absolute temperature.

Yaglou has carried out experiments in America, using as subjects male adults clothed in three-piece suits and at rest during the tests. He found that conditions of comfort were produced by each of the following three sets of conditions:

Air temperature (t_a)	Mean radiant temperature (t_R)
21,7°C	21,7°C
17,2°C	26,1°C
15 °C	29,4°C

Additional sets of comfort temperatures could be calculated if the following were known:

1. The area of body surface exposed to convection current in square metres (S_C).
2. The mean temperature of the exposed skin and clothing (t_s).
3. The film coefficient (C_F).
4. The area of the body surface available for radiation in square metres (S_R).
5. The radiation factor (4,46 compared with 4,96 for a perfect black body).

Now (1) and (4) can be measured and they are approximately 1,67 sq. metres and 1,39 sq. metres respectively. It may be assumed that the radiation factor is 4,46. This leaves two unknowns (2) and (3).

If as an example it is assumed that (2) is 26,7°C and (3) 4,9 kcal per m² hr °C, then calculated heat losses are respectively 73,9, 81,75 and 77,2 kcal per person per hour.

The heat exchange due to convection and radiation proceeding between the body and its environment may be calculated from the following relationships for the heat loss (Q) from the body.

$$Q = S_R \cdot k_R \left[\left(\frac{T_s}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_R}{100} \right)^4 \right] + S_C \cdot C_F (t_s - t_a)$$

where

Q = bodily heat loss in kcal per hour

S_R = surface area available for radiation (square metres).

k_R = radiation constant = 4,46 kcal/m²h°C.

T_s = mean body surface temperature (° absolute) = 273 + t_s .

T_R = mean radiant temperature (° absolute) = 273 + t_R .

S_C = surface area available for convection.

C_F = film convection coefficient.

t_s = mean body surface temperature (°C).

t_a = air temperature (°C).

Yaglou has experimented with radiant heating. However similar principles are also the basis of radiant cooling. By installing cooling panels in the ceiling and walls of a room — using as a cooling medium either air or water — bodily comfort may be attained with very high air temperatures. Radiant cooling lowers the surface temperature of the skin so that at air temperatures above 26°C, sweating is not necessary. At the laboratory of Professor Mills in Cincinnati there is an animal room, in which the air temperature is 45°C, but in which one nevertheless experiences a sensation of comfort due to radiant cooling by panels at a temperature of — 5°C.

With the introduction of such a radiant cooling system, the costs of refrigeration in air conditioning may be considerably lessened.

The aim of the research now being carried out at the Laboratory of Hygiene at Bandoeng in which the writer has had the privilege of taking part, is the collection of data concerning radiant cooling, combined with air cooling and dehumidification, and a suitable air velocity, so as to attain well co-ordinated conditions for ideal comfort in both a physiological and thermodynamical sense.

From what is written above it will be seen that Australia and Netherlands India have much in common in the field of climatology. Concerning the black labour experiment in Australia, followed by the successful development of the sugar industry by white labour, the writer is of opinion that it remains a question for debate whether black labour could not be successfully re-introduced into the tropical parts of Australia under social and living conditions carefully planned beforehand. Native inhabitants of tropical countries, well trained in heat regulation by sweating without excessive salt loss, well adapted to tropical conditions by long hours of slow working, appear to be more ideally suited to the tropics, where the white man undergoes bodily strain, despite the fact that he can attain some degree of acclimatization by means of adjustments in his heat regulating mechanism.

IN NEDERLANDSCH-INDIË

VII. CHEMIE EN TECHNOLOGIE.

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

INHOUD: Mededeelingen van het Alg. Bestuur der Ned. Chem. Ver. in Nederlandsch-Indië. — Flavoproteïnen, door dr. K. L. van Schouwenburg.

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

Candidaat-leden.

Ir. C. A. A. v. d. Woude, wd. Hoofd van het laan 15, Bandoeng.
Laboratorium voor Materiaal Onderzoek, Jan Steen- Dr. R. van Strik, Parapattan 48, Batavia-C.

Flavoproteïnen

door

dr. K. L. VAN SCHOUWENBURG.

Inleiding.

Bij de oxydatieve afbraak van organische stoffen in de levende cel zijn een geheele serie enzym-systemen betrokken. Deze kunnen in drie groepen worden ingedeeld:

- 1) de dehydrogeneerende enzymen („dehydroge-nases”, waterstof onttrekkende enzymen);
- 2) de waterstof transporteerende enzymen („car-riers”, „meso-catalysts”, „intermediary cata-lysts”);
- 3) de oxydatieve enzymen („oxidases”).

Het zal nauwelijks nodig zijn hieraan toe te voegen, dat bij een dergelijk schematische indeeling verschillende bekende enzymen zich niet of nauwelijks scherp laten klassificeeren. Zoo kennen wij zoowel z.g. oxytrope dehydrasen, welke de van het substraat betrokken waterstof direct aan de moleculaire zuur-stof kunnen overdragen, als autoxydabele carriers welke, meestal echter slechts onder bepaalde om-standigheden, de medewerking van het oxydatieve systeem kunnen ontberen.

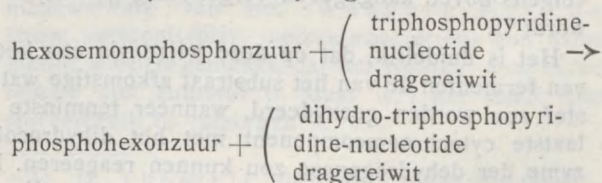
Echter mag wel worden vastgesteld, dat bij het hoofddeel der ademhaling, zooals deze in levende weefsels verloopt, vertegenwoordigers van elk der drie bovengenoemde systemen betrokken zijn.

De dehydrogeneerende systemen brengen de eigen-lijke oxydatie van het substraatmolecule tot stand door hieraan waterstof te onttrekken. Deze water-stof wordt overgenomen door de „carriers” en door hen aan het oxydatieve systeem overgedragen, waar de uiteindelijke reactie met de zuurstof plaats vindt.

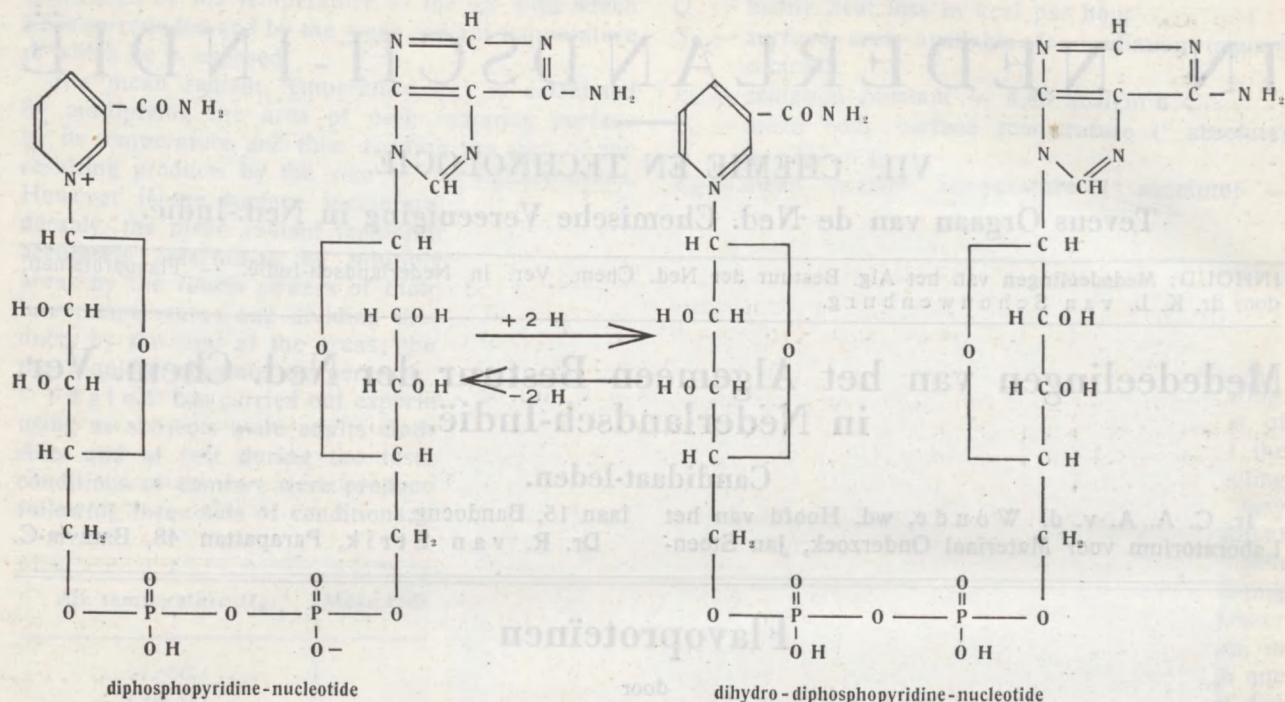
Wat de bouw en werkingswijze dezer enzymen betreft, ons inzicht hierin is door de onderzoeken van het laatste tiental jaren aanmerkelijk verdiept. De dehydrogeneerende fermenten bestaan uit een

hoogmoleculair dragereiwit en een actieve groep (prosthatische groep, coënzyme) van laag molecu-lair-gewicht, dat meer of minder vast aan het dragereiwit is gebonden. De tot dusver geïsoleerde dehydro-geneerende enzymen bezitten een groote mate van specificiteit en kunnen dus slechts met één of enkele substraten reageren. De oorzaak dezer specificiteit schijnt in de structuur van het dragereiwit gezocht te moeten worden, daar de werking van vele dezer enzymen van de aanwezigheid van eenzelfde coënzyme afhankelijk is. Dit coënzyme (coënzyme I, diphosphopyridine-nucleotide) is de sinds lang beken-de cozymase, waarvan de constitutie in 1936 door de onderzoeken van Warburg en Chris-tian en van von Euler c.s. is opgehelderd (zie formule 1). Hiernaast eischen enkele dehydrogenasen de medewerking van een ander, doch vermoedelijk analoog gebouwd coënzyme: het triphosphopyridine-nucleotide (coënzyme II).

Wanneer de dehydrogenasen met hun betreffend substraat worden samengebracht heeft een reactie plaats, waarbij het substraat twee waterstofatomen aan het coënzyme der dehydrogenase verliest.



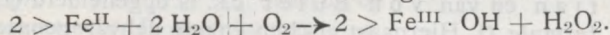
Het oxydatieve systeem, dat het grootste deel der zuurstofopname verzorgt, bestaat in dierlijke cellen uit één ferment n.l. de cytochroomoxydase (indophe-noloxydase, Warburg's „Atmungsferment”). Met de direct hierop volgende „carriers”, de cytochromen a, b en c wordt deze oxydase gewoonlijk samengevat onder den term: het Warburg-Keilin-systeem.



Formule 1.

Elk dezer enzymen bestaat eveneens uit een hoog-moleculair dragereiwit en een prosthetische groep, welke in dit geval een haemineverbinding is. Een karakteristiek verschil met de dehydrogeneerende fermenten is echter, dat, terwijl bij deze laatste de verbinding tusschen dragereiwit en prosthetische groep betrekkelijk los is, bij de eerste de haemine-kern juist zeer vast aan het eiwitcomplex gebonden is.

Van deze vier enzymen is slechts de cytochrom-oxydase in staat met zuurstof te reageeren, waarbij het in de haeminekeren gebonden ijzeratoom van den tweewaardigen in den driewaardigen vorm overgaat. Men kan zich deze reactie als volgt voorstellen:



Het gevormde waterstofperoxyde wordt door de aanwezige katalase ontleed.

De cytochromoxydase oxydeert vervolgens een der cytochromcomponenten, welke op zijn beurt den volgende component van het systeem oxydeert, terwijl de gereduceerde cytochromoxydase opnieuw volgens boven aangegeven vergelijking gereoxydeerd wordt *).

Het is duidelijk, dat op deze wijze via een keten van fermenten de van het substraat afkomstige waterstof zou worden geoxydeerd, wanneer tenminste de laatste cytochromcomponent met het dihydrocoënzyme der dehydrogenase zou kunnen reageeren. Dit nu blijkt niet het geval te zijn. Evenmin zijn de dihydro-coënzymen autoxydabel en kunnen dus niet

*) Volgens onderzoekingen van Ball, [Biochem. Z. 295, 262 (1938)] is de volgorde der cytochromcomponenten b, c, a, waarbij deze laatste de hoogste oxydatie-reductiepotentiaal bezit. Op grond van spectroscopische waarnemingen concludeerden Tamiya en Ogura [Acta Phytochimica 9, 123 (1937)] indertijd tot de volgorde b, a, c.

direct met de zuurstof reageeren. Het is derhalve duidelijk, dat in deze keten nog een schakel ontbreekt: het ferment, dat door de dihydro-pyridine-nucleotiden gereduceerd en door de cytochromcomponenten geoxydeerd kan worden.

De onderzoekingen der laatste jaren hebben het nu zeer waarschijnlijk gemaakt, dat deze rol aan flavo-proteïnen moet worden toebedeeld. Andere fermenten dezer groep bleken essentieel voor het verlopen van verschillende andere dehydrogenatiereacties en daar de ontdekking der hierbij betrokken enzymen nauw verbonden is met die der intra-cellulaire carriers, zullen ook deze in het onderstaande kort worden besproken.

Het „oude” gele ademhalingsferment.

Dit ferment werd door Warburg en Christian¹⁾ in 1932 uit biergist geïsoleerd, nadat Szent-Györgyi en Banga²⁾ reeds op de aanwezigheid van een in geoxydeerden toestand geel gekleurd reversibel oxydoreductie-systeem in uit hartspier bereide preparaten hadden gewezen.

Aanleiding tot deze ontdekking was het feit, dat het dehydrogeneerend ferment van de Robison-ester (hexosemonophosphorzuur), hetwelk in onzuivere concentraten in staat bleek dit substraat direct met behulp van de luchtzuurstof tot phosphohexonzuur te oxydeeren, deze eigenschap verloor bij verdere zuivering. Bij deze bewerking moest dus een ferment verloren gaan of geïnactiveerd worden, dat de eigenschap bezat het gereduceerde coferment der dehydrogenase te oxydeeren om vervolgens zelf door de luchtzuurstof gereoxydeerd te worden.

1) O. Warburg en W. Christian, Biochem. Z. 254, 438 (1932); 266, 377 (1933).

2) A. Szent-Györgyi en I. Banga, Biochem. Z. 246, 203 (1932).

Het naar aanleiding van deze waarneming geïsoleerde gele ademhalingsferment³⁾ kon inderdaad deze taak vervullen. Het bleek te bestaan uit een dragereiwit met een moleculairgewicht tusschen 75 000 en 80 000 en een prosthetische groep, welke als lactoflavinephosphorzuur geïdentificeerd kon worden.

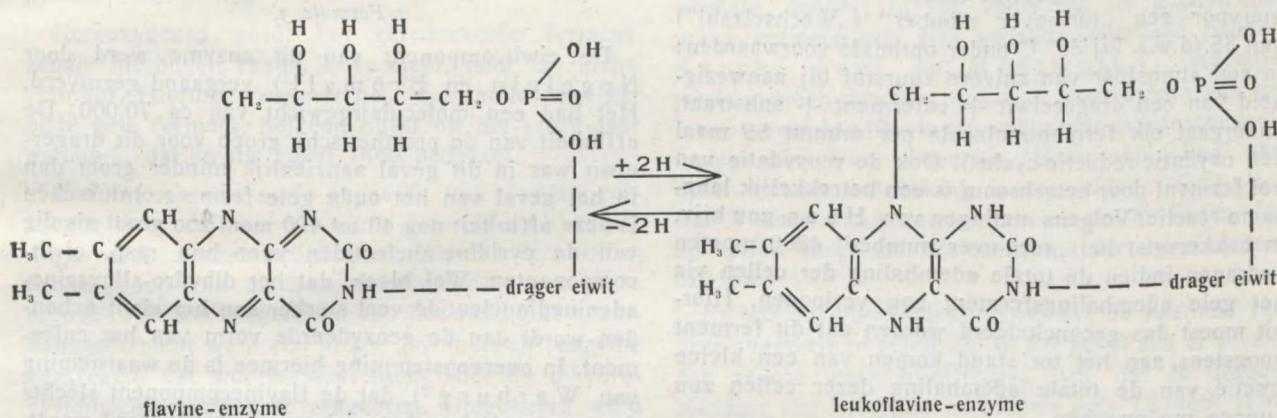
De enzymatische werking berustte op een reversibele oxydoreductie van den alloxazinerings: bij reactie met het dihydro-coferment ontstaat een kleurloze leukoverbinding. Onder aerobe voorwaarden wordt deze, onder vorming van H_2O_2 , door luchtzuurstof gereoxydeerd.

De binding van de prosthetische groep aan het eiwit bleek zeer krachtig te zijn. Door langdurig schudden met verdunnen methylalcohol kon evenwel de kleurstofcomponent van het eiwit worden afgesplitst, waarbij dit laatste echter werd gedenatureerd. Wanneer de splitsing daarentegen werd uitgevoerd door langdurige dialyse tegen 0,02 normaal HCl bleef het dragereiwit in actieven toestand aanwezig. Terwijl dan elk der componenten afzonderlijk geen spoor van enzymatische activiteit vertoonde en dus bij toevoegen aan het systeem Robison-ester + dragereiwit + coferment geen zuurstofopneming tot stand kon brengen, geschiedde dit wel wanneer beide com-

ponenten tezamen werden toegevoegd. Hierbij kreeg het gele ferment zijn oude, onverminderde werkzaamheid.

Deze „fermentsynthese”, welk voor het eerst door Theorell⁴⁾ werd toegepast, heeft bij de volgende onderzoeken bij herhaling een belangrijke rol gespeeld.

Over de binding tusschen de prosthetische groep en den eiwitcomponent kon men zich ook nog een enigszins nadere voorstelling maken. Theorell verkreeg bij de splitsing van het ferment in eiwit- en kleurstofcomponent steeds een molecule vrij phosphorzuur. Daar het lactoflavine als coferment bij enzymatische reactie steeds aanmerkelijk minder effectief werkzaam was dan het lactoflavinephosphorzuur [Theorell⁵⁾, Kuhn en Rudy⁶⁾] lag de conclusie voor de hand, dat het phosphorzuurmolecule bij de binding tusschen eiwit- en kleurstofcomponent nauw betrokken was. Echter bleek er nog een tweede binding te bestaan. Terwijl zoowel het vrije lactoflavine als het vrije lactoflavinephosphorzuur een sterke fluorescentie vertoonen, mist het ferment deze eigenschap. Op grond hiervan concludeerden Kuhn en Boulanger⁷⁾, dat een tweede binding optrad naar de NH-groep in den isoalloxazinerings (zie formule 2).



Formule 2.

Intusschen was reeds gebleken, dat ook van medische zijde voor het ferment groote belangstelling bestond. Het kon n.l. reeds spoedig zeer aannemelijk worden gemaakt, dat de kleurstofcomponent identiek was met het, door zijn werking reeds eerder bekende, vitamine B₂. Hiermee was een verband gelegd tusschen de vitaminen en een enzyme, dat een betrekkelijk wel gedefinieerde rol in de celstofwisseling vervulde. Dit verband, door von Euler tot uitdrukking gebracht door deze stoffen met den naam van „vitazymen” te bestempelen, is in de latere jaren in verschillende andere gevallen bevestigd gevonden.

Inmiddels was de rol, welke het gele ademhalingsferment in de celademhaling speelde nog allerm minst tot klaarheid gebracht. Reeds spoedig bleek, dat het ferment zeer algemeen daar medewerkte waar dehydroeringen onder invloed van pyridinecofermen-

ten verlopen⁸⁾. Terwijl hiermee het agens, dat het ferment reduceert, duidelijk was gedefinieerd, was het veel onzekerder hoe het onder physiologische omstandigheden werd gereoxydeerd.

In die cellen, waarbij de zuurstofopneming zonder medewerking van het Warburg-Keilin-systeem verloopt (bijv. melkzuurbacteriën) kon aannemelijk worden gemaakt, dat het ferment door directe reactie met zuurstof in staat was het totale zuurstofverbruik te verzorgen⁹⁾.

4) H. Theorell, *Biochem. Z.* 278, 263 (1935).

5) H. Theorell, *Biochem. Z.* 275, 37 (1935).

6) R. Kuhn en H. Rudy, *Ber.* 69, 2557 (1936).

7) R. Kuhn en P. Boulanger, *Ber.* 69, 1557 (1936).

8) F. J. Ogston en D. E. Green, *Biochem. J.* 29, 1983, 2005 (1935).

9) O. Warburg, *Inst. Int. Chim. Solvay* 5, 303 (1935).

3) Vgl. F. Weygand en L. Birkofer, *Z. physiol. Chem.* 261, 172 (1939).

Voor verreweg het meerendeel der cellen, waarin het cytochromsysteem wel een rol speelt bij de ademhaling, traden echter groote moeilijkheden aan den dag.

Daar het ferment autoxydabel was en dus de van de gereduceerde cofermenten betrokken waterstof, *in vitro*, direct aan de zuurstof kon overdragen, was een mogelijke opvatting deze, dat, *in vivo*, het gele ferment, naast de cytochromoxydase, direct met zuurstof zou reageeren. Theorell¹⁰⁾ toonde echter de onhoudbaarheid van deze voorstelling aan. Hij bewees n.l. dat ook het cytochrom c in staat is den leukovorm van het ferment te oxydeeren. Onderzocht men nu de reoxydatie van het ferment bij verschillende zuurstofspanningen bij aanwezigheid van cytochrom c, dan bleek dat, naarmate de zuurstofspanning daalde, een steeds grooter percentage van het ferment door het cytochrom c werd geoxydeerd. Bij zuurstofspanningen, zooals deze in de levende cel optreden, zou tenslotte de directe oxydatie van het ferment door zuurstof practisch geen rol meer spelen.

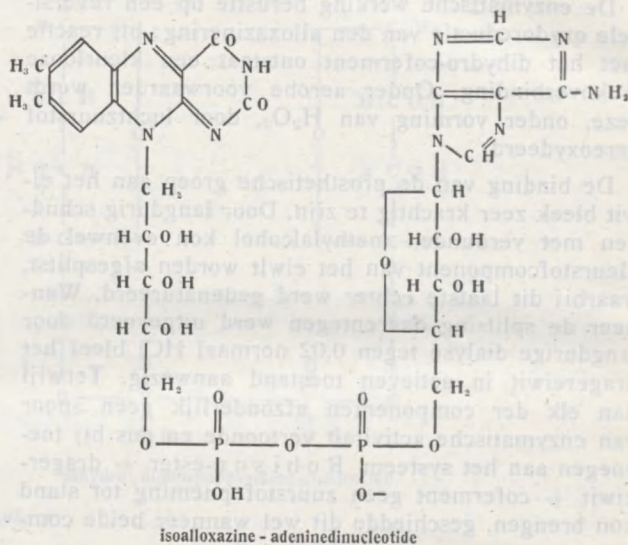
Ook de alternatieve opvatting, dat het ferment de gezochte schakel zou vormen tusschen de cofermenten en het cytochromsysteem, bleek helaas niet houdbaar. De oxydatie van het ferment door zuurstof is een betrekkelijk langzame reactie. Theorell vond hiervoor een „turn-over number” („Wechselzahl”) van 55 (d.w.z. bij 38° C onder optimale voorwaarden: in een atmosfeer van zuivere zuurstof bij aanwezigheid van een dragereiwit + coferment + substraat, ondergaat elk fermentmolecule per minuut 55 maal één oxydatie-reductie-cyclus). Ook de reoxydatie van het ferment door cytochrom is een betrekkelijk langzame reactie. Volgens metingen van Haas zou bijv. in bakkersgist het „turn-over number” 4800 moeten bedragen indien de totale ademhaling der cellen via het gele ademhalingsferment zou verlopen. Hieruit moest dus geconcludeerd worden dat dit ferment hoogstens aan het tot stand komen van een kleine fractie van de totale ademhaling dezer cellen zou kunnen medewerken.

De d-aminozuuroxydase.

In 1933 toonde Krebs¹¹⁾ aan, dat coupes van nierweefsel een ferment bevatten, dat α -aminozuren oxydatief desamineert, waarbij ammoniak en een ketozuur ontstaan. Wanneer dit proces in een zoutoplossing werd onderzocht ging de reactie na verwijdering der coupes door, waaruit bleek dat een ferment in de oplossing was afgescheiden. Wel weken de eigenschappen van deze celvrije fermentoplossing ten deele af van die van het ferment in de cel: zoo bleek bijv. de oplossing slechts in staat te zijn den niet in de natuur voorkomenden vorm der aminozuren te desaminieren.

In 1938 slaagden Warburg en Christian¹²⁾ er in dit ferment in zuiveren toestand te isoleren,

terwijl terzelfder tijd Straub¹³⁾ aantoonde, dat het coferment een flavinegroep bevatte. Echter bleek bij het zuivere praeparaat het coferment geen alloxazinemononucleotide te zijn, zooals in het geval van het oude gele ferment, doch een alloxazine-adeninedinucleotide, waarvan de structuur door de formule 3 kan worden weergegeven¹⁴⁾.

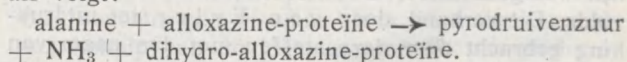


isoalloxazine - adeninedinucleotide

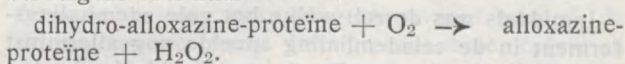
Formule 3.

De eiwitcomponent van dit enzyme werd door Negelein en Brömel¹⁵⁾ vergaand gezuiverd. Het had een moleculairgewicht van ca 70 000. De affiniteit van de prosthetische groep voor dit dragereiwit was in dit geval aanzienlijk minder groot dan in het geval van het oude gele ferment. Intusschen is deze affiniteit nog 40 tot 400 maal zoo groot als die van de pyridine-nucleotiden voor hun resp. eiwitcomponenten. Wel bleek, dat het dihydro-alloxazine-adeninedinucleotide veel sterker aan het eiwit gebonden wordt dan de geoxydeerde vorm van het coferment. In overeenstemming hiermee is de waarneming van Warburg⁹⁾, dat de flavinecomponent slechts dan anaeroob door het aminozuur gereduceerd wordt, indien groote hoeveelheden eiwitcomponent worden toegevoegd: slechts aan het eiwit gebonden coferment kan met het substraat reageeren, het gereduceerde coferment vormt een moeilijk dissocieerbare verbinding met het eiwit en kan niet door nieuw coferment worden verdrongen.

Evenals in het geval van het ferment werkt het dinucleotide door opneming van twee waterstofatomen in den alloxazinering. De primaire reactie is dus als volgt:



Onder aerobe omstandigheden reageert het ferment vervolgens met zuurstof:



10) H. Theorell, *Biochem. Z.* 288, 317 (1936).

11) H. A. Krebs, *Z. physiol. Chem.* 217, 191 (1933); 218, 157 (1933).

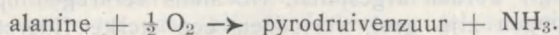
12) O. Warburg en W. Christian, *Biochem. Z.* 298, 150 (1938).

13) F. B. Straub, *Nature* 141, 603 (1938).

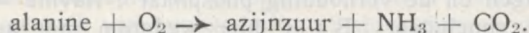
14) Vgl. ook E. P. Abraham, *Arkiv Kemi, Mineral., Geol., B.* 13, No. 5 (1939); *Biochem. J.* 33, 543 (1939).

15) E. Negelein en H. Brömel, *Biochem. Z.* 300, 225 (1935).

Onder deze voorwaarden is dus een kleine hoeveelheid eiwitcomponent voldoende om den reactiecyclus van het coferment mogelijk te maken en een groote hoeveelheid substraat om te zetten. Indien katalase wordt toegevoegd, of in de praeparaten aanwezig is, is dus het eindresultaat:



Indien echter geen katalase aanwezig is oxydeert het H_2O_2 het pyrodruivenzuur tot azijnzuur en is de uiteindelijke reactie:



Behalve met d-alanine kan het ferment nog met den d-vorm van een aantal andere aminozuren reageeren. Uit de desbetreffende onderzoeken^{16, 17, 18)} blijkt echter, dat er groot verschil is in de snelheid waarmee verschillende aminozuren worden aangestast en dat het ferment zelfs niet in staat is om de optische antipoden van enkele belangrijke natuurlijk voorkomende aminozuren, zooals bijv. d-glutaminezuur te desamineeren.

Het enzyme kan echter, en dit is van belang in verband met de hieronder nader te bespreken andere flavoproteïnen, niet reageeren met de dihydro-pyridinecofermenten.

Gereoxydeerd wordt het gereduceerde ferment, zooals hierboven reeds is vermeld, door de luchtzuurstof. Hiermee reageert het veel sneller dan het oude gele ferment, hetgeen blijkt uit het „turn-over number”, dat in dit geval 1440 bedraagt.

Een interessante serie gegevens kan worden verkregen door de voor het eerst door Warburg⁹⁾ uitgevoerde „fermen kruisingen”. Door n.l. de prosthetische groep van de d-aminozuuroxydase samen te brengen met het dragereiwit van het oude gele ademhalingsferment werd een nieuw „synthetisch” enzyme verkregen, dat wel in staat bleek met de dihydro-pyridinecofermenten te reageeren. Omgekeerd werd echter bij samenbrengen van het lactoflavinephosphorzuur met het dragereiwit der d-aminozuuroxydase geen nieuw actief ferment verkregen.

Het „nieuwe” gele ferment: Haas' biergist-flavoproteïne.

Terzelfder tijd, dat de d-aminozuuroxydase werd geïsoleerd en gezuiverd, bereidde Haas¹⁹⁾ in Warburg's laboratorium een nieuw flavoproteïne uit biergist.

De prosthetische groep van dit ferment bleek, evenals in het geval der d-aminozuuroxydase een alloxaz-

ine-adeninedinucleotide te zijn. De eiwitcomponent had een moleculairgewicht van ca 65 000. De binding tusschen eiwit en actieve groep was hier wederom bijzonder krachtig: een dialyse in zure oplossing gaf geen splitsing der beide componenten. Echter konden zij wel gescheiden worden in een sterk aangezuurde ammoniumsulfaatoplossing: het eiwit slaat dan neer, doch wordt niet gedenateerd en kan zich in neutraal milieu, na uitdialyseeren van het zout weer met de prosthetische groep tot het actieve ferment vereenigen.

Het nieuwe ferment reageert met het dihydro-triphosphopyridinenucleotide, waarbij de alloxazinekern de twee waterstofatomen opneemt. Deze reactie verloopt sneller dan in het geval van het oude gele ferment. Echter kan het nieuwe ferment niet met zuurstof reageeren en evenmin door cytochroom c gereoxydeerd worden. De testreactie moet worden uitgevoerd onder toevoeging van methyleenblauw: dit oxydeert den leukovorm van het ferment en reageert vervolgens met zuurstof.

Naar aanleiding van deze ontdekking opperden Warburg en Christian²⁰⁾ het denkbeeld, dat het oude gele ademhalingsferment eigenlijk niet anders zou zijn dan een bij de bereiding ontstaan artefact, doordat bij de isoleering de adenylzuurgroep verloren zou zijn gegaan. Inderdaad hadden Karrer, Frei en Meerwein²¹⁾ indertijd reeds gemeld, dat hun onzuivere praeparaten van uit lever bereid lactoflavinephosphorzuur groote hoeveelheden adenylzuur bevatten. Naar aanleiding van deze nieuwe ontdekking onderzochten Karrer c.s.²²⁾ deze praeparaten opnieuw en bevonden dat zij actief waren als het coënzyme der d-aminozuuroxydase!

Er was dus alle aanleiding om aan de juistheid van deze suggestie te gelooven. In dat geval zou er tevens een zekere waarschijnlijkheid zijn, dat de dragereiwitten van het oude en nieuwe gele ferment identiek zouden zijn. Om dit uit te maken werden wederom verschillende „fermentkruisingen” uitgevoerd.

De actieve groep van het oude gele ferment (het mononucleotide) werd samengebracht met het dragereiwit van het nieuwe ferment: hieruit werd geen actief enzyme gevormd. Bracht men echter de actieve groep van het nieuwe ferment (het dinucleotide) samen met het dragereiwit van het oude ferment, dan verkreeg men een nieuw „synthetisch” enzyme. Uiteraard is dit hetzelfde product, dat men krijgt door de actieve groep der d-aminozuuroxydase met dit eiwit samen te brengen. Dit bleek, evenals het oude enzyme waarmee het dragereiwit gemeen had, in staat de van het dihydro-triphosphopyridine-

16) K. Felix en K. Zorn, *Z. physiol. Chem.* 258, 16 (1939).

17) P. Karrer en H. Frank, *Helv. Chim. Acta* 23, 948 (1940).

18) J. R. Klein en P. Handler, *J. Biol. Chem.* 139, 103 (1941).

19) E. Haas, *Biochem. Z.* 298, 378 (1938).

20) O. Warburg en W. Christian, *Biochem. Z.* 298, 368 (1938).

21) P. Karrer, P. Frei en H. Meerwein, *Helv. Chim. Acta* 20, 79 (1937).

22) P. Karrer, P. Frei, B. H. Ringier en H. Bendas, *Helv. Chim. Acta* 21, 826 (1938).

nucleotide betrokken waterstof op zuurstof over te dragen en had ca 70% van de werkzaamheid van het oude ferment.

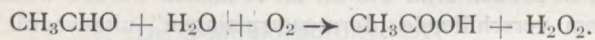
Hieruit volgde dus reeds dat de beide dragereiwitten niet identiek waren. Haas¹⁹⁾ demonstreerde dit nog verder aan de absorptiespectra, die uitwezen dat de absorptiepiek in het blauw in het geval van het „synthetische” ferment 10 mμ verder naar de lange golflengten verschoven was dan in het geval van het nieuwe gele ferment.

Naar aanleiding van deze resultaten mag hier nog even gewezen worden op het grondprincipe der fermentchemie, dat sinds de ontdekking der beide pyridinenucleotiden in 1934 steeds weer bevestigd werd, n.l. dat de specificiteit van elk enzyme bepaald wordt door den eiwitcomponent van het ferment. Duidelijk wordt dit gedemonstreerd door de bovenbeschreven „kruisingen” tusschen het oude en het nieuwe gele ferment evenals door het groote verschil in eigenschappen tusschen de d-aminozuuroxydase en het nieuwe gele ferment, die nochtans eenzelfde prosthetische groep bezitten.

Deze karakteristiek der fermenten is, in combinatie met Theorell's bovenbeschreven klassieke experiment, een krachtig hulpmiddel gebleken bij de nadere identificatie der nieuwe flavoproteïnen.

De xanthineoxydase. Corran en Green's melk-flavoproteïne.

Het feit, dat melk na toevoegen van aldehyden, in staat is methyleenblauw te ontkleuren, is reeds zeer lang bekend. Het hierbij betrokken z.g. Schar-dinger-enzyme werd aan vele onderzoeken onderworpen²³⁾. O.a. is hierbij gebleken, dat het toegevoegde aldehyde tot het betreffende zuur wordt gedehydrogeneerd, terwijl ook andere oxydatiemiddelen, w.o. zuurstof, als waterstofacceptor kunnen optreden. In het laatste geval ontstaat een aequivalente hoeveelheid waterstofperoxyde:



Ook de purinederivaten hypoxanthine en xanthine worden door melk gedehydrogeneerd onder vorming van urinezuur. Of het hierbij werkzame enzyme identiek is met de aldehydedehydrase of dat tot het bestaan van twee enzymen moet worden besloten is nog niet volledig opgehelderd.

In 1938 isoleerde Ball²⁴⁾ uit melk een goudbruin enzymepraeparaat, dat de oxydatie van alle drie genoemde verbindingen katalyseerde. Werde aan een oplossing van dit praeparaat onder anaerobe omstandigheden hypoxanthine toegevoegd, dan verdween de goudbruine kleur om na toelaten van de lucht wederom terug te keeren. Deze reductie kon ook met behulp van hydrosulfiet worden bewerkstelligd. Werde

nu het absorptiespectrum van het gereduceerde praeparaat van dat van het geoxydeerde praeparaat afgetrokken, dan werd een voor de flavinen typische absorptiecurve verkregen.

De prosthetische groep kan gedeeltelijk van het eiwit (waarvan het molecuulgewicht ca 74 000 bedraagt) worden afgesplitst. De aldus verkregen oplossingen zijn geel, vertoonen een sterke fluorescentie en hebben eveneens het voor flavinen karakteristieke absorptiespectrum. Daar deze groep kwantitatief het coënzyme der d-aminozuuroxydase kan vervangen en de verhouding phosphaat : flavine = 2 : 1, concludeert Ball hier wederom met het alloxazineadeninedinucleotide te doen te hebben.

Evenwel wordt door toevoeging van dit dinucleotide aan het gedeeltelijk van coënzyme bevrijde eiwit de activiteit van de xanthineoxydase niet hersteld. Hiervoor is de gelijktijdige toevoeging van een tweede prosthetische groep noodig, waarvan de aard nog niet kon worden vastgesteld. Wel werd aannemelijk gemaakt dat het geen pyridinenucleotide en geen diphosphothiamine is.

Geheel uitgesloten is, zooals Ball aangeeft, de mogelijkheid dan ook nog niet, dat het flavine als nog een verontreiniging van het enzyme is. Evenwel geeft verdere zuivering geen vermindering van het flavinegehalte, evenmin als elektrische kataphorese of behandeling van het praeparaat in de ultracentrifuge. Bovendien is het flavinegehalte van dezelfde orde van grootte als dat van andere flavoproteïnen. Voorloopig wordt dan ook de conclusie getrokken, dat twee coënzymen, eventueel aan twee dragereiwitten gebonden, noodig zijn. De onbekende prosthetische groep zou dan met het substraat reageren, terwijl het flavine de waterstof dezer prosthetische groep aan de zuurstof zou overdragen.

Hoewel, zooals vermeld, de oxydatie zoowel van aldehyden als van hypoxanthine door dit enzyme wordt gekatalyseerd, waarbij zuurstof als waterstof-acceptor fungeert, wordt het ferment bij de oxydatie van aldehyden irreversibel geïnactiveerd. Ook schijnt het eindproduct der hypoxanthine-oxydatie geen urinezuur te zijn, daar toevoeging van uricase (dat urinezuur tot allantoïne oxydeert), geen zuurstofverbruik, doch de productie van een onbekend gas te zien gaf. Wel bewerkstelligt de xanthineoxydase de dehydrogenatie van het dihydro-diphosphopyridine-nucleotide met zuurstof of kleurstoffen als waterstof-acceptor²⁵⁾.

Terwijl hier dus nog vele problemen op een oplossing wachten is de geheele situatie er niet overzichtelijker op geworden doordat Corran en Green²⁶⁾ eveneens uit melk een flavoproteïne isoleerden, dat in vele opzichten met Ball's praeparaat nauw verwant bleek. De prosthetische groep bevatte n.l. eveneens een flavine-adeninedinucleotide, dat weer als coënzyme der d-aminozuuroxydase kon werken. Aanvankelijk meenden de auteurs dat nochtans de beide dinucleotiden niet geheel identiek waren.

23) Vgl. H. Wieland, Über den Verlauf der Oxydationsvorgänge, Stuttgart 1933.

24) E. G. Ball, *Science* 88, 131 (1938); *J. Biol. Chem.* 128, 51 (1939).

25) E. G. Ball en P. A. Ramsdell, *J. Biol. Chem.* 131, 767 (1939).

26) H. S. Corran en D. E. Green, *Nature* 142, 149 (1938); *Biochem. J.* 32, 2231 (1938).

Een nader onderzoek bracht²⁷⁾ ook bij dit enzyme de aanwezigheid van een tweede prosthetische groep aan het licht.

Dit flavoproteïne vertoonde oorspronkelijk geen activiteit ten opzichte van hypoxanthine of aldehyden, echter wel voor dihydrocozymase. Het bleek nu later²⁷⁾, een mogelijkheid welke ook door Ball reeds was geopperd, dat bij de isoleering de activiteit ten opzichte der eerstgenoemde substraten geleidelijk achteruitging, terwijl die voor het dihydro-cozymase behouden bleef. Bovendien inactiverde zuurstof als waterstofacceptor de praeparaten snel en irreversibel bij gebruik van hypoxanthine of aldehyden als donator. Alle reacties met deze substraten moesten dus anaeroob met methyleenblauw als acceptor worden uitgevoerd.

Een vreemde eigenschap van dit ferment was, dat onder anaerobe omstandigheden geen der substraten (hypoxanthine, acetaldehyde of dihydro-cozymase) de aan het dragereiwit gebonden flavinecomponent snel kon reduceren, hoewel bij aanwezigheid van methyleenblauw de katalytische oxydatie dezer verbindingen zeer snel verliep. Het „turn-over number” was n.l. in de drie gevallen resp. 306, 570 en 260. Bovendien reoxydeert zuurstof den door hydrosulfiet gereduceerden vorm van het ferment *wel*, kan echter *niet* als waterstofacceptor bij de katalytische oxydatie van bijv. de dihydro-cozymase optreden. Volgens Corran en Green blijft het ferment bij de katalyse in den geoxydeerden vorm en ondergaat dus geen cyclische oxydo-reductie. Theorell²⁸⁾ besluit echter op grond van deze gegevens dat het zeer twijfelachtig is of de flavinecomponent wel essentieel is voor de katalyse.

Hoewel er dus nog duidelijke en tot dusver onopgehelderde verschillen bestaan tusschen de beide hier beschreven praeparaten, vertoonen zij op verschillende punten ook groote overeenkomst. Ball is dan ook geneigd tot de opvatting dat zij op den duur identiek zullen blijken te zijn en dat de xanthineoxydase-activiteit der praeparaten af zal hangen van het feit of de tweede prosthetische groep actief en intact gebleven is tijdens de isoleering.

In hoeverre de flavinecomponent een essentiële rol bij deze katalyse zal blijken te spelen moet eveneens nader worden afgewacht. In dit verband is het van belang erop te wijzen dat gesubstitueerde phenolen een sterk remmende werking hebben op de katalyses, welke onder invloed van flavoproteïnen (d-aminozuuroxydase, hartspier-flavoproteïne) verlopen, doch dat deze verbindingen de activiteit der xanthineoxydase niet beïnvloeden²⁹⁾.

Tenslotte moet nog melding gemaakt worden van het feit, dat Gordon, Green en Subrahmanyam³⁰⁾ uit lever een praeparaat bereidden,

27) H. S. Corran, J. G. Dewan, A. H. Gordon en D. E. Green, *Biochem. J.* 33, 1694 (1939).

28) H. Theorell, *Ann. Rev. Biochem.* 9, 663 (1940).

29) M. E. Krahle, A. K. Keltch en G. H. A. Clowes, *J. Biol. Chem.* 136, 563 (1940).

30) V. Subrahmanyam, D. E. Green en A. H. Gordon, *Nature* 144, 1016 (1939).

A. H. Gordon, D. E. Green en V. Subrahmanyam, *Biochem. J.* 34, 764 (1940).

dat zowel xanthineoxydase- als aldehydeoxydase-activiteit vertoonde. Bij de verdere zuivering ging deze laatste eigenschap verloren. Echter kon door behandeling van het eerste praeparaat met 25% alcohol de xanthineoxydase vernietigd worden, waarna de aldehydeoxydase verder werd geïsoleerd. Hoewel slechts een 50% zuiver praeparaat werd verkregen, kon worden aangetoond, dat ook dit enzyme twee prosthetische groepen bezat, waarvan de ééne het flavine-adeninedinucleotide was. Dit werd bij de katalyse beurtelings geoxydeerd en gereduceerd, terwijl toevoeging van substraat onder anaerobe omstandigheden in dit geval wel een snelle reductie van het enzyme veroorzaakte. De aldehyden worden tot de betreffende zuren geoxydeerd, waarbij zowel methyleenblauw als zuurstof als waterstofacceptor kunnen optreden.

De isoleering van dit ferment, dat specifiek op aldehyden als substraat is ingesteld en dus ook de dehydrogenatie der dihydro-cozymase niet katalyseert, geeft volgens de auteurs steun aan de overtuiging, dat het eerder geïsoleerde, veel minder specifieke, melk-flavoproteïne een combinatie van 3 enzymen is, welke met behulp der tot dusver gevolgde methodes nog niet van elkaar gescheiden konden worden.

De diaphorase; de „coënzymefactor”; Straub's hartspier-flavoproteïne.

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn gebleken, dat door de ontdekking der d-aminozuuroxydase en Haas' nieuwe flavoproteïne geen oplossing was verkregen voor het probleem, dat zich voor de ademhalingsfysiologen voordeed: welk systeem bewerkstelligt de verbinding tusschen de pyridinecofermenten en het cytochroom? De mogelijkheid, dat de xanthineoxydase of het melk-flavoproteïne deze rol vervullen, was niet geheel uitgesloten.

Inmiddels was echter, terzelfder tijd dat de ontdekking der hiervoor beschreven flavoproteïnen werd gepubliceerd, practisch gelijktijdig van Zweedsche en Engelsche zijde op het bestaan van een systeem gewezen, dat deze functie veel effectiever zou kunnen vervullen.

Adler, von Euler en Hellström³¹⁾ isoleerden uit spierweefsel een enzyme, dat gereduceerde cozymase, met behulp van methyleenblauw of cytochroom c, kon oxydeeren. Het was ongevoelig voor de inwerking van blauwzuur en verschild, daar het niet-autoxydabel was, van het oude gele ferment. Zij noemden het „diaphorase”.

Terzelfder tijd zag een publicatie van Dewan en Green³²⁾ het licht waarin de ontdekking van een enzyme, door hen „coënzymefactor” genoemd, werd aangekondigd. Dit systeem oxydeerde zowel coënzym I als coënzym II, waarbij methyleenblauw, cytochroom a of cytochroom b als acceptor konden optreden. De reductie van cytochroom c had slechts zeer langzaam plaats.

31) E. Adler, H. von Euler en H. Hellström *Arkiv Kemi, Mineral., Geol.*, B. 12 No. 38 (1938); zie ook H. von Euler en H. Hellström, *Z. Physiol. Chem.* 252, 31 (1938).

32) J. G. Dewan en D. E. Green, *Biochem. J.* 32, 626 (1938).

Hoewel het waarschijnlijk mocht heeten, dat men in beide gevallen met hetzelfde enzyme te doen had bleef een enkel, voorloopig onverklaarbaar verschil bestaan, doordat het praeparaat van von Euler c.s. specifiek op de cozymase bleek te zijn ingesteld en niet in staat bleek ook het dihydro-triphosphopyridinenucleotide te dehydrogeneeren. Over den aard van het ferment tastte men geheel in het duister, daar de oorspronkelijke praeparaten geen absorptiebanden vertoonden bij golflengten langer dan 300 m μ .

De oplossing van dit laatste probleem kwam van geheel onverwachte zijde. In 1939 slaagde Straub³³⁾ er nl. in uit hartspeer een nieuw flavoproteïne te bereiden, waarvan de prosthatische groep ook werkzaam bevonden werd als het coënzyme der d-aminozuuroxydase, zoodat het als een alloxazine-adeninedinucleotide herkend kon worden. Straub, Corran en Green³⁴⁾ toonden nu aan, dat dit flavoproteïne identiek was met de diaphorase en zooals in analogie met de vorige gevallen verwacht kon worden, bij zijn werkzaamheid alternatieve reductie en oxydatie onderging.

Het feit dat de alloxazinegroep in de eerder geïsoleerde concentraten niet herkend was, kon gereedelijk verklaard worden uit de zeer lage concentratie waarin deze groep in die praeparaten voorkwam. De activiteit van dit nieuwe flavoproteïne was dan ook enorm hoog: het „turn-over number” werd op 8500 gevonden, hetgeen dus 100 tot 200 maal grooter is dan dat van het „oude” gele ferment.

Op een belangwekkend verschil tusschen dit nieuwe flavoproteïne en de reeds eerder vermelde moet hier intusschen nog gewezen worden: Straub's hartspeer-flavoproteïne vertoonde nl., evenals het vrije flavine, fluorescentie. Dit zou er op duiden, dat de prosthatische groep in dit geval op een andere wijze aan het eiwit gebonden is. Niet wordt vermeld of de met dezen flavinecomponent bereide „synthetische” d-aminozuuroxydase fluorescentie vertoont.

Intusschen was van Zweedsche zijde verder gewerkt aan de specificiteit van de diaphorase. Men isoleerde nl. uit hartspeer een tweetal praeparaten³⁵⁾: de diaphorase I, welke identiek was met de eerder beschrevene en die de specifieke dehydrogenatie van coënzyme I bewerkstelligde en de diaphorase II, welke specifiek op coënzyme II was ingesteld. Van dit laatste werd aannemelijk gemaakt, dat het eveneens een flavoproteïne was, met het alloxazine-adeninedinucleotide als werkzame groep. In een meer recente mededeeling³⁶⁾ wordt er op gewezen, dat de verhouding waarin diaphorase I en II in verschillende praeparaten voorkomt sterk afhankelijk is van de gevolgde extractiemethode en het gebruikte uitgangs-

materiaal. Bij het door Straub gebruikte procédé zou slechts zeer weinig diaphorase II worden geïsoleerd.

Het kan weinig verwondering wekken, dat men met deze nieuwe ontdekkingen het probleem van het intracellulaire enzymatische waterstoftransport in dierlijke cellen in hoofdlijnen als opgelost meende te mogen beschouwen³⁷⁾. Het algemeen voorkomen der diaphorase³⁸⁾, de enorme activiteit van het enzyme en het feit, dat de natuurlijk hiervoor aangewezen H-acceptor, het cytochroomstelsel, bij *in vitro* proeven als oxydatiemiddel op kon treden, gaven hier ook alle aanleiding toe. Wel is waar trad het cytochroom c niet met het nieuwe enzyme in reactie, het cytochroom b deed dit echter wel, zoodat de physiologische functie van dezen component nu ook opgehelderd scheen. De resultaten van een recent onderzoek van Lockhart en Potter³⁹⁾ zijn op deze basis geheel te verklaren. Okuniki en Yakusizi⁴⁰⁾ bereidden een oplossing, welke substraat, dehydrogenase + codehydrogenase, diaphorase, cytochroom b, cytochroom c en cytochromoxydase bevatte en welke een duidelijk zuurstofverbruik vertoonde, terwijl weglaten der diaphorase een sterk verminderde activiteit ten gevolge had.

In hoeverre de diaphorase ook in plantencellen aan het tot stand komen van het katalytische waterstoftransport medewerkt, werd in een publicatie van Lockhart⁴¹⁾ nader in beschouwing genomen. Uit verschillende plantenweefsels kon een zeer instabiel diaphorase I-paeparaat worden bereid, terwijl andere weefsels bij extractie geheel vrij van dit enzyme bleken te zijn. De voorloopige conclusie was, dat waar chinonsystemen als oxydase optraden, de medewerking der diaphorase ontbeerd kon worden.

De cytochroom c-reductase.

Terwijl men zich dus op grond der hierboven beschreven resultaten langzamerhand vertrouwd maakte met het idee, dat het eerst geïsoleerde „oude” gele ferment, dat het alloxazinemononucleotide tot prosthatische groep heeft, inderdaad een tijdens de isolering ontstaan artefact was en het het alloxazine-adeninedinucleotide is hetwelk, in combinatie met verschillende dragereiwitten de essentiele waterstofoverdragers in de levende cel vormt, brengt een onlangs gepubliceerde ontdekking van Amerikaansche zijde deze overtuiging weer geheel aan het wankelen.

In een recente mededeeling melden nl. Haas, Horecker en Hogness⁴²⁾ de isolering van een nieuw enzyme uit gist, hetwelk de reactie tusschen cytochroom c en het triphosphopyridine-nucleotide katalyseert. Dit enzyme bleek ook een flavoproteïne te zijn, waarvan de werkzame groep

33) F. B. Straub, *Nature* 143, 76 (1939); *Biochem. J.* 33, 787 (1939).

34) F. B. Straub, H. S. Corran en D. E. Green, *Nature* 143, 119 (1939); 143, 334 (1939).

35) E. Adler, H. von Euler en G. Günther, *Nature*, 143, 641 (1939).

E. Adler, H. von Euler, G. Günther en M. Plass, *Skand. Arch. Physiol.* 82, 61 (1939).

36) E. P. Abraham en E. Adler, *Biochem. J.* 34, 119 (1940).

37) Vgl. V. R. Potter, *Nature* 143, 475 (1939).

38) H. von Euler en K. Hasse, *Naturwissenschaften* 26, 187 (1938).

39) E. E. Lockhart en V. R. Potter, *J. Biol. Chem.* 137, 1 (1941).

40) K. Okuniki en E. Yakusizi, *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)* 16, 144 (1940).

41) E. E. Lockhart, *Biochem. J.* 33, 613 (1939).

42) E. Haas, B. L. Horecker en T. R. Hogness, *J. Biol. Chem.* 130, 425 (1939); 136, 747 (1940).

echter identiek was met die van het oude gele ferment.

Aanleiding tot deze ontdekking was het feit, dat de eerste concentraten, waaruit later H a a s' nieuwe gele ferment werd geïsoleerd, de bovenbedoelde reactie eveneens katalyseerde. Bij verdere zuivering ging deze eigenschap echter verloren, zoodat de aanwezigheid van een specifiek proteïne in de eerste concentraten mogelijk leek.

Inderdaad kon het betreffende enzyme in een serie stappen uit biergist worden bereid. Daar het betreffende enzyme zeer instabiel is en bijv. bij 40° C reeds in 10 minuten 37% van zijn activiteit inboet, moest de geheele zuivering bij 0° C worden uitgevoerd. Het uiteindelijk verkregen praeparaat was 87% zuiver en op grond der gebleken hoge instabiliteit concludeeren de auteurs, dat de rest hoogstwaarschijnlijk uit geïnactiveerd ferment bestaat.

Het moleculairgewicht van het nieuwe enzyme is ca 78 000. De prosthetische groep is zeer vast aan het proteïne gebonden zooals o.a. blijkt uit de waarde van de dissociatieconstante van het complex. Deze waarde, vergeleken met die van eenige andere flavoproteïnen is in tabel 1 vermeld.

Tabel I.

Flavoproteïne :	Dissociatieconstante :
cytochroom c-reductase	1×10^{-9} mol $\times$ liter ⁻¹
„nieuw” geel ferment	27×10^{-9} „ $\times$ „
„oud” geel ferment	60×10^{-9} „ $\times$ „
d-aminozuuroxydase	250×10^{-9} „ $\times$ „

Toch kon in zure ammoniumsulfatoplossing een splitsing tusschen prosthetische groep en eiwitcomponent tot stand worden gebracht, terwijl de activiteit bij weder samenbrengen der componenten werd hersteld.

De uitgevoerde „kruisingen” laten weinig twijfel aan de juistheid van de uitspraak dat de prosthetische groep inderdaad het mononucleotide is: zij kan zonder verlies van activiteit worden uitgewisseld met de prosthetische groep van het „oude” gele ferment en *vice versa*, terwijl zij samengebracht met het dragereiwit der d-aminozuuroxydase evenveel werking vertoont als de combinatie van dit proteïne met het alloxazinemononucleotide.

De activiteit van het nieuwe enzyme is zeer hoog. Zoo is de reactiesnelheid met het dihydro-triphosphopyridine-nucleotide meer dan 8 maal zoo groot als die van het „oude” gele ferment en meer dan 2½ maal zoo groot als die van het vroeger beschreven „nieuwe” gele ferment met dit coënzyme. Met geoxydeerd cytochroom c reageert het nieuwe enzyme meer dan 900 maal sneller dan het oude gele ferment. Of dit nieuwe enzyme autoxydabel is werd nog niet medegedeeld. Lockhart en Potter³⁹⁾ concludeerden, dat het niet met cozymase reageert.

Hoewel men op grond van deze gegevens een oogenblik kan denken aan de mogelijkheid, dat dit

enzyme met de eerder vermelde diaphorase II identiek zou kunnen zijn, lijkt dit bij nader inzien toch minder waarschijnlijk. Adler c.s. isoleerde dit n.l. uit hartpraeparaten, welke in aceton gedroogd waren, terwijl aceton de activiteit der cytochroom c-reductase binnen 1 uur vernietigt. Bovendien bezit de diaphorase II volgens von Euler c.s. een dinucleotide als actieve groep.

In totaal bezien lijkt er zodoende weinig reden tot twijfel te bestaan of inderdaad is hiermede een nieuw enzyme geïsoleerd dat, met het alloxazinemononucleotide als prosthetische groep, een belangrijke functie in het intracellulaire katalytische waterstoftransport inneemt.

De fumaraathydase. De pyrodruivenzuur-dehydrogenase. Green's nieuwste flavoproteïne.

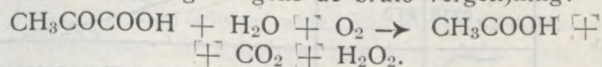
Tenslotte moet hier nog gewezen worden op enkele enzymatische oxydatie-reacties, waarvoor de medewerking van flavine eveneens noodzakelijk schijnt.

Zoo isoleerden Fischer⁴³⁾ c.s. uit gist een flavoproteïne, dat zij fumaraathydase noemden en dat de omzetting van fumaarzuur in barnsteen zuur katalyseert, waarbij leukomethyleenviolet als waterstofdonator optreedt. De werkzame groep bleek het flavine-adeninedinucleotide te zijn. De activiteit was zeer hoog: het „turn-over number” was 3 000. Daar het ferment de omgekeerde reactie, de oxydatie van barnsteen zuur tot fumaarzuur, niet katalyseert, is het dus niet identiek met de welbekende succinodehydrogenase.

Een vreemde eigenschap van dit flavoproteïne is, dat na toevoegen van het dinucleotide aan het van coferment bevrijde eiwit, de activiteit slechts zeer langzaam terugkeert, terwijl in de vroeger beschreven gevallen een dergelijke ferment-resynthese steeds zeer snel verloopt.

Het is niet bekend waar de plaats voor dit ferment in het systeem van katalysatoren gezocht moet worden. Het denkbeeld ligt echter voor de hand, dat het op een of andere wijze bij Szent-Györgyi's fumaarzuurcyclus betrokken zal zijn.

Een ander fermentsysteem, waarvan bewezen kon worden dat een flavine-adeninedinucleotide een noodzakelijke component vormt, is de pyrodruivenzuur-dehydrogenase door Lipmann⁴⁴⁾ uit melkzuurbacteriën geïsoleerd, die de oxydatieve decarboxylering van pyrodruivenzuur tot azijnzuur en koolzuur bewerkstelligt volgens de bruto vergelijking:



Lipmann kon waarschijnlijk maken, dat aan het, geheel van cofermenten bevrijde, eiwit niet minder dan vier activatoren moesten worden toegevoegd om de reactie te doen verlopen, n.l. thiaminepyrophosfaat (reeds door Lohmann als coënzyme der carboxylase herkend), isoalloxazine-adeninedinucleotide, Mg⁺⁺ (eventueel door Mn⁺⁺ of Co⁺⁺

43) F. G. Fischer en H. Eysenbach, *Ann.* 530, 99 (1927); F. G. Fischer, A. Roedig en K. Rauch, *Naturwissenschaften* 27, 197 (1939).

44) F. Lipmann, *Nature* 143, 436 (1939); *Cold Spring Harbor Symposia Quant. Biol.* 7, 248 (1939).

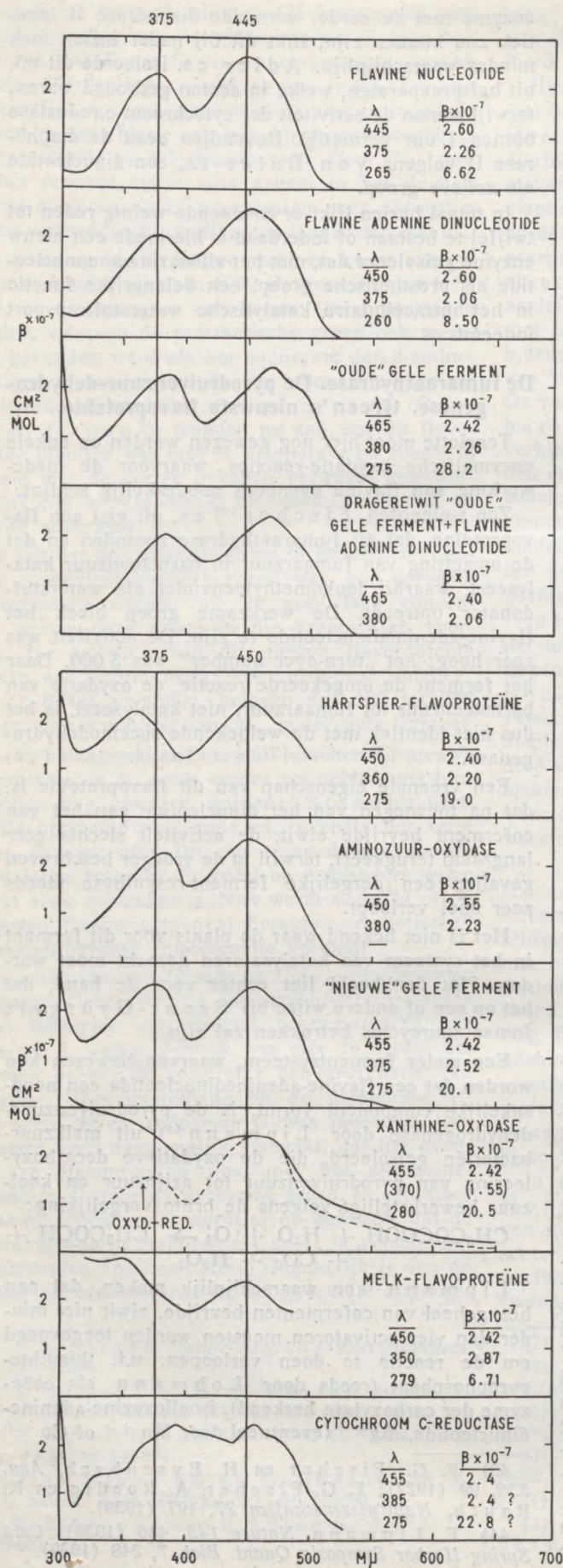


Fig. 1. De absorptiespectra der belangrijkste flavoproteïnen ontleend aan Ball⁴⁵⁾. De curve voor de cytochroom c-reductase werd uit de door H a a s¹⁸⁾ c. s. gegeven waarden omgerekend. De bij 375 en 445 mμ getrokken lijnen in het bovenste gedeelte der figuur corresponderen met de beide absorptiemaxima van het alloxazinemononucleotide; de bij 375 en 450 mμ getrokken lijnen in het onderste gedeelte der figuur met die van het alloxazine-adeninedinucleotide.

te vervangen) en anorganisch fosfaat. Hier is dus een voorbeeld van de ook door Ball bij de xanthineoxydase vermoede situatie, dat twee cofermenten (en wanneer de metaalcomponent ook als zoodanig betiteld mag worden zelfs drie) met één dragereiwit gecombineerd zijn.

Reeds vroeger was bekend geworden, dat bij de decarboxylering van pyrodruienzuur tot acetaldehyde en koolzuur het thiaminepyrophosfaat en Mg^{++} als cofermenten werkzaam waren. Dat in dit geval bovendien de flavinegroep noodzakelijk is, wijst er dus op dat deze een rol speelt bij de gelijktijdig plaats hebbende oxydatie-reactie.

Tenslotte moet als laatste melding gemaakt worden van een onlangs door Green⁴⁵⁾ c.s. uit biergist geïsoleerd flavoproteïne met een moleculairgewicht van 50 000 — 70 000, dat eveneens twee prosthetische groepen schijnt te bezitten. Van de eene kon door „kruising” met het proteïne der d-aminozuuroxydase worden bewezen dat het alloxazine-adeninedinucleotide was. De andere is nog onbekend, doch Green c.s. achten het niet onmogelijk, dat zij identiek zal blijken te zijn met de eveneens nog niet geïdentificeerde groepen van de xanthineoxydase en van de uit lever geïsoleerde aldehydeoxydase.

Als novum in de enzymologische literatuur mag wel gelden, dat vooralsnog aeroob noch anaeroob een katalytische functie voor dit flavoproteïne kon worden gevonden.

Samenvatting.

De eigenschappen der voornaamste in het voorgaande besproken flavoproteïnen zijn in tabel 2 samengevat. Deze tabel is ontleend aan Dixon⁴⁶⁾ en met de sindsdien bekend geworden gegevens gecorrigeerd en aangevuld. De absorptiespectra van de verschillende enzymesystemen in hun karakteristieke absorptiegebied zijn in fig. 1 verzameld.

45) D. E. Green, W. E. Knox, P. K. Stumpf en J. L. Oncley, *J. Biol. Chem.* 138, 775 (1941).

46) M. Dixon, *Ann. Rev. Biochem.* 8, 1 (1939).

47) E. G. Ball, *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 7 100 (1939).

Tabel II.

Flavoproteïne	Oude gele ferment	d-Amino-zuuroxy-dase	Nieuwe gele ferment	Xanthine-oxydase	Melk-flavo - proteïne ¹⁾	Lever-aldehyde-oxydase	Hartspier-flavo-proteïne	Cytochroom c - reductase
Geïsoleerd uit :	gist	nier	gist	melk	melk	lever	hartspier	gist
Prosthetische groep ²⁾ :	M	D	D	D + C ?	D + C ?	D + C ?	D	M
Moleculairgewicht	75 000 80 000	70 000	60 000 65 000	74 000 ³⁾ 68 000 ⁴⁾	220 000 ⁵⁾ 320 000		70 000	78 000
„Turn-over number”	50	1440	> 50		306 ⁶⁾ 570 260	570	8500	⁷⁾
Geoxydeerd door :								
methyleenblauw	+	+	+	+	+	+	+	
zuurstof	+	+	—	+ ⁸⁾	— ⁹⁾	+	—	
cytochroom c	+		— ¹⁰⁾			+	— ¹¹⁾	+
Gereduceerd door :						¹²⁾		
cozymase	+	—		+ ¹³⁾	+ ¹³⁾	—	+	
coënzyme II	+	—	+			—	— ¹⁴⁾	+

¹⁾ Gegevens van het tweede praeparaat. Vgl. Corran c.s. *Biochem. J.* 33, 1694 (1939).

²⁾ M = alloxazinemononucleotide; D = alloxazine-adeninedinucleotide; D + C ? = vermoedelijk alloxazine-adenine-dinucleotide + onbekend coënzyme.

³⁾ Uit het flavinegehalte berekend.

⁴⁾ Uit waarnemingen met de ultracentrifuge berekend.

⁵⁾ In de ultracentrifuge een nog inhomogeen proteïne.

⁶⁾ Resp. bij gebruik van hypoxanthine, acetaldehyde en cozymase als waterstofacceptor.

⁷⁾ Voor de reactie met dihydro-triphosphopyridine-nucleotide is de reactieconstante $K \times 10^{-5} > 520$; voor de reactie met ferri-cytochroom c is de reactieconstante $K \times 10^{-5} > 280$.

⁸⁾ Wordt bij de oxydatie van aldehyden met zuurstof irreversibel geïnactiveerd.

⁹⁾ Wordt bij gebruik van zuurstof als waterstofacceptor irreversibel geïnactiveerd bij de oxydatie van hypoxanthine en xanthine. Bij de oxydatie van aldehyden en cozymase kan zuurstof niet als waterstofacceptor optreden.

¹⁰⁾ De eerste ruwe extracten reduceeren cytochroom c wel. Zie blz. 136.

¹¹⁾ Wordt wel geoxydeerd door cytochroom a en b.

¹²⁾ Wordt alleen gereduceerd door aldehyden.

¹³⁾ Wordt bovendien gereduceerd door hypoxanthine, xanthine en aldehyden.

¹⁴⁾ Volgens von Euler c.s. diaphorase II +.

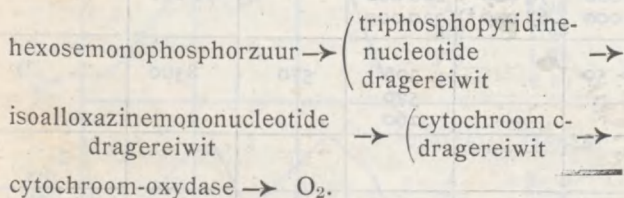
Overzien wij dan hier in het kort de in het voorgaande samengevatte gegevens, dan moeten wij inderdaad tot de conclusie komen dat de alloxazine-nucleotiden een hoogst belangrijke functie bij zeer uiteenlopende enzymatische dehydrogenatiereacties vervullen. Uiteraard wordt deze rol steeds vervuld in verbinding met een proteïne, dat den aard van het substraat en den aard van den waterstofacceptor bepaalt. In vele gevallen blijkt het coënzyme dezer proteïnen het alloxazine-adeninedinucleotide te zijn; sinds de ontdekking der cytochroomreductase is ook het alloxazinemononucleotide wederom in waardeering gestegen. Bij een enkel enzyme (de pyrodruivenzuurdehydrogenase; de xanthineoxydase) kon de aanwezigheid van twee cofermenten worden vastgesteld, terwijl de aard van het tweede coferment nog niet steeds kon worden opgehelderd.

Wel mag er nog op gewezen worden, dat nog niet bewezen is, dat werkelijk alle in het bovenstaande als alloxazine-adeninedinucleotide aangeduide groe-

pen, ook inderdaad volkomen identiek zijn, hoewel de onderlinge uitwisselbaarheid, welke practisch zonder vermindering van enzymatische activiteit plaats heeft, wel zeer sterk ten gunste van deze opvatting pleit. Van het alloxazinemononucleotide is bijv. bekend, dat een kleine wijziging in de structuur der flavinegroep de activiteit van het „oude” gele ferment zeer sterk verlaagt. Bij de flavoproteïnen, welke het dinucleotide als coferment bezitten, is het echter nog niet onderzocht in hoeverre de in de absorptiespectra dezer enzymen optredende verschillen geweten moeten worden aan verschillen in de prosthetische groepen of aan bindingsverschillen tusschen deze groepen en de eiwitcomponenten. Bij Straub's hartspier-flavoproteïne schijnt de waargenomen fluorescentie sterk in deze laatste richting te wijzen.

Wanneer we nu voor een oogenblik de bovenstaande gegevens beschouwen in verband met het kataly-

tisch waterstoftransport in de levende cel, dan blijken ook hierbij de flavoproteïnen een essentiële rol te vervullen. Op grond der jongste gegevens schijnt het niet onaannemelijk, dat voor de afbraak van die substraten, welke onder medewerking van het triphosphopyridine-nucleotide worden gedehydrogeneerd, de keten van katalysatoren thans bekend is. Deze zou dan, bijv. in het geval van hexosemonophosphorzuur als substraat, aldus gevormd zijn:



De rol van de diaphorase II bij deze en dergelijke dehydrogenaties zal nog verder opgehelderd moeten worden.

Wel moet hierbij worden aangeteekend, dat van de beide pyridinenucleotiden de rol der cozymase tot dusver belangrijker schijnt dan die van het coënzyme II, daar veel meer en voor de cel belangrijker substraten voor hun dehydrogenatie op de cozymase zijn aangewezen. Voor die dehydrogenaties moeten wij ons voorloopig de waterstofoverdracht denken plaats te hebben via cozymase $\rightarrow$ diaphorase $\rightarrow$ cytochroom b $\rightarrow$ cytochroom c $\rightarrow$ cytochroomoxydase, waarbij dus de medewerking van het eigenlijk nog weinig bekende cytochroom b noodzakelijk schijnt. Lockhart en Potter³⁹⁾ hebben reeds gezocht naar een cytochroom c-reductase, welke de cozymase zou kunnen oxydeeren, echter tot dusver zonder succes. Hierbij mag intusschen ook niet uit het oog worden verloren, dat in bovenstaande keten in vele gevallen de medewerking van Szent György's C₄-dicarbonzuurcyclus, de laatste jaren nog uitgebreid met Krebs' citroenzuurcyclus, aannemelijk kon worden gemaakt.

Tenslotte is er een vraag, welke zich in verband met het bovenstaande voordoet en welke hier niet onaangeduid voorbij gegaan mag worden⁴⁸⁾. Bij herhaling is het mogelijk gebleken, dat uit eenzelfde uitgangsmateriaal oxydo-reduceerende enzymen worden geïsoleerd, welke eenzelfde prosthatische groep bezitten en welke zeer verschillende eigenschappen vertoonen. Deze specificiteit geldt dan in zooverre dat verschillende substraten worden aangetast, terwijl verschillende verbindingen als waterstofacceptor moeten optreden. Het is aan geen twijfel onderhevig, dat de specificiteit van dergelijke fermenten bepaald wordt door den aard van het voor het betreffende enzyme karakteristieke eiwit, waarbij tevens kan worden vastgesteld dat van enkele dehydrogeneerende fermenten het eiwit in zuiveren toestand als homogeen en gekristalliseerd proteïne is verkregen.

48) Vgl. ook H. G. K. Westenbrink, *Chem. Weekblad* 36, 283 (1939).

Ook in het geval der flavoproteïnen is de bovenbedoelde specificiteit, zooals uit de hiervoor beschreven gegevens bij herhaling is gebleken, steeds weer aan den dag getreden. Hoewel van deze enzymen de eiwitcomponenten tot op heden nog niet in gekristalliseerden toestand verkregen zijn, konden zij in verschillende gevallen tot een hoogen graad van zuiverheid worden gereinigd. Het lijkt nu aan weinig twijfel onderhevig of deze betrokken proteïnen zijn inderdaad door de gevolgde isolatiemethode uit de cel losgemaakt en dus, vóór de isolatie, als zoodanig in de cel aanwezig. Eveneens lijkt de conclusie voor de hand te liggen dat, waar bij variatie van de gevolgde isolatiemethode een proteïne met geheel andere eigenschappen wordt geïsoleerd, in dat geval ook een ander proteïne uit de celstructuur wordt losgemaakt.

Evenwel mag niet uit het oog worden verloren dat de gevolgde extractiemethoden, hoezeer op zichzelf ook in de laatste jaren verbeterd en verfijnd, ten opzichte van het uitgangsmateriaal: de levende cel, een zeer ruw en krachtadig ingrijpen van buiten in een in subtiel evenwicht verkeerend organisme beteekenen. Hiermee zij de mogelijkheid aangeduid, dat juist door dit ingrijpen wijzigingen in het uitgangsmateriaal worden aangebracht, die zich derhalve noodzakelijkerwijs in het uiteindelijk geïsoleerde materiaal zullen manifesteren, zonder dat deze nochtans een weerspiegeling behoeven te zijn van verschillen, welke in het materiaal, dat aan deze behandeling nog niet onderworpen is geweest, daadwerkelijk bestaan.

Zonder zoover te willen gaan om de geïsoleerde proteïnen dezer fermenten als artefacten te willen betitelen, mag toch, op grond der bovenstaande overwegingen, een twijfel niet onuitgesproken blijven of inderdaad de geïsoleerde eiwitten als zoodanig in de levende cel aanwezig zijn en of derhalve in het levende protoplasma een zoo vergaande specificiteit dezer proteïnen heerschen zal, als waartoe men op grond der tot dusver ter beschikking staande gegevens zou moeten concluderen.

Voor algemeene literatuur zij verwezen naar:

C. Oppenheimer en K. G. Stern, *Biological Oxidation*, Den Haag 1939.

Th. Wagner-Jauregg, *Ergebn. Enzymforschung* 4, 333 (1935).

H. Theorell, *Ergebn. Enzymforschung* 6, 111 (1937).

O. Warburg, *Ergebn. Enzymforschung* 7, 210 (1938).

M. Dixon, *Ann. Rev. Biochem.*, 8, 1 (1939).

K. G. Stern, *Ann. Rev. Biochem.*, 9, 1 (1940).

H. Theorell, *Ann. Rev. Biochem.*, 9, 663 (1940).

E. G. Ball, *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*



