

### III. Het scheepsontwerp, algemeen

door prof. ir. H. E. Jaeger, T.H. Delft

**Summary: Ship design, general.**

It is possible to design a ship from basic factors like, draught, deadweight, speed, distance between harbours and type of cargo.

Apart from these basic parameters some other ones may influence the ship design. These new ones are called 'controls' and a general way of design, taking account of the economical side too, is given. The influence of the help of electric computers is discussed.

#### 1. Inleiding

Toen ik in januari 1958 de eer had de Dies-rede van de Technische Hogeschool te Delft te mogen uitspreken en daarbij een overzicht mocht geven over het mij in T.H.-verband toebedeelde vakgebied, koos ik in een, onbewaakt en lichtzinning, ogenblik als titel voor die rede 'Het grote compromis' [1], daarbij doelend op alles wat in de bouw en het ontwerp van een schip als compromis moet worden aanvaard.

Dat dit een lichtzinnigheid is geweest, is mij in de loop der laatste zeven jaren wel gebleken. Telkens weer en overal wordt mij voor de voeten geworpen, dat ik de man van het 'compromis' ben en mijn reputatie als mens, vader, hoogleraar en vriend varieert met alle gradaties, die men aan het 'besmette' woord compromis kan geven: van hem, waarop men niet aankan, omdat hij toch slechts met halve waarheden werkend, het met de waarheid niet zo nauw neemt, tot hem die in het afwegen der mogelijkheden van grote wijsheid blijkt geeft.

Inderdaad beide aspecten kleven het woord compromis aan, maar het is, en dat bleek ook duidelijk, uit mijn diesrede, het laatstgenoemde aspect, het voorzichtig afwegen van de mogelijkheden - ik zeg niet eens waarheden of zekerheden, - die zo typisch inherent zijn aan het 'ontwerpen van schepen in het algemeen'.

En nu ben ik dan gekomen tot de titel van het ontwerp dat voor U op het programma staat en ik vrees, dat ik zal recidiveren en U weer uitdrukkelijk zal wijzen op juist het steeds weer onzekere deel van het ontwerpen.

Ook het woord 'ontwerpen' is nog met verschillende

omschrijvingen besmet. Voor de een is ontwerpen het bepalen van de constructieve elementen ('structural design', zeggen de Amerikanen), voor de ander is het ontwerpen der scheepsvorm 'het' ontwerpen terwijl de ontwerper van een passagiersschip vaak meer in hotelbedrijfsproblemen denkt. Laat ik U dus duidelijk zeggen, dat ik het inderdaad over de 'algemene' gang van zaken bij het ontwerpen van schepen wil hebben en dus de interactie van al deze tegenstrijdige gegevens en verlangens voor Uw oog wil laten uitkristalliseren tot het 'compromis der compromissen': het schip.

#### 2. De gegevens voor het ontwerp

Het is merkwaardig, dat bij alle onzekerheden die het ontwerpen van schepen aankleven, hierbij gebruik wordt gemaakt van een wet, die een van de weinige natuurregels is, waarop geen uitzonderingen zijn. Het is een van de weinige wetten, waarop het Nederlandse spreekwoord: 'Geen regel zonder uitzondering' niet van toepassing is. Deze wet is de wet van *Archimedes* [2] door de scheepsbouwers gebruikt in deze gewijzigde vorm, dat een drijvend voorwerp een gewicht heeft, dat gelijk is aan het gewicht van het door het voorwerp verplaatste water. Als dus dit water een s.g. heeft van meer dan 1 kgf/dm<sup>3</sup>, zal dit grotere s.g. in rekening moeten worden gebracht. Maar hoe dan ook, als de vorm van het onderwaterdeel van het schip bekend is door de hoofdafmetingen van dit schip, dan ligt het totaalgewicht van schip, machinerie, uitrusting en draagvermogen onherroepelijk vast. Omgekeerd moet dus bij bepaalde gegevens van het schip het mogelijk zijn uit die gegevens via het gewicht of via de waterverplaatsing het gewenste schip te ontwerpen.

Aangezien de reder, de eigenaar, de gebruiker van het schip een bepaalde doelstelling voor ogen heeft, is het duidelijk, dat hij die doelstelling zal uitdrukken in de gegevens, die de scheepsbouwer nodig heeft voor zijn ontwerp.

Die doelstelling is: een zeker draagvermogen (of dit nu

lading, passagiers of verkoopbare kracht is) met het kleinst mogelijke vermogen voor een door hem bepaalde gewenste snelheid in het goedkoopste en kleinste schip over een, door de geografische ligging, bepaalde afstand te transporteren. Dat deze doelstelling vertroebeld wordt door de graad van vervolmaking van het transport als zodanig, maakt alleen maar, dat het type schip niet is uit te drukken in een cijfer, een symbool of een eenheid, en dat deze eerste onzekerheid aanleiding geeft tot de eerste verschillen in benadering van het probleem, dus tot een bepaald compromis.

Vooraf wat betreft de economie van de bouw en wat betreft de economie van het gebruik blijft men in het onzekere. Het kleinste schip heeft niet per se het goedkoopste te zijn. De door de reder gewenste snelheid heeft niet per se de meest economische snelheid te zijn. De benadering van het ontwerp van de economische zijde, zoals hedenmorgen door collega Benford [3] beschreven, heeft niet te corresponderen met een optimum op het technische vlak.

Deze inzichten, waarover straks nog meer, zijn al zeer oud en reeds lang onderkend door vele generaties van scheepsbouwers. Al naar gelang het ene of het andere uitgangspunt als maatgevend gevoeld wordt, wordt het ontwerp meer in het constructieve vlak, het economische vlak of het hydromechanische vlak getrokken. Al naar gelang deze opvattingen worden ook de gegevens van het ontwerp verschillend in zwaarte en het is dan ook nodig deze gegevens uitermate nauwkeurig te bekijken en af te wegen tegenover de technische-, economische- en realiseerbaarheidsaspecten.

Doordat de wet van Archimedes geen uitzondering kent, (een draagvleugelboot en een G.E.M. zijn geen drijvende voorwerpen) is het logisch zoveel mogelijk van gewicht en waterverplaatsing uit te gaan. Als onwrikbare gegevens voortkomend uit die wet en de doelstelling mag ik wel aannemen: het draagvermogen, de snelheid en het traject. Als supplementaire gegevens, die zeer grote invloed op het project hebben, komen daarbij de diepgang en het s.g. der te vervoeren lading.

Beide beknotten de vrijheid, die de ontwerper heeft op een wijze, die van geval tot geval anders uitvalt. Beide moeten dus als basis-gegevens aanwezig zijn naast de drie genoemde die de doelstelling van de reder ons hebben duidelijk gemaakt n.l. hoe krijgt men een zekere hoeveelheid verkoopbare waar met een bepaalde snelheid van A naar B op dusdanige wijze dat dit vervoer op de goedkoopste wijze geschiedt.

Buiten deze basis-gegevens zullen er bij elk type schip nog meer supplementaire gegevens nodig zijn. Om niet in vage termen te vervallen, stel ik mij voor met U eerst in het algemeen de hoofdafmetingen van het schip te behandelen om vervolgens aan de hand van bepaalde schepen de bij-gegevens te verwerken.

Voordat ik dat echter doe, wil ik nu met U een koene gedachtesprong maken en er van uitgaan, dat het voorontwerp in zijn hoofdafmetingen bekend is en nu, om de reeds genoemde onzekerheden te vermijden allereerst de controle-methoden met U bespreken, die ons ten dienste staan en die wij als gewetensvolle ontwerpers moeten gebruiken om van dit voorontwerp, dus in het algemeen van het bepalen der hoofdafmetingen, over te kunnen gaan op het uiteindelijke ontwerp.

### 3. De controles

Wanneer wij dus veronderstellen tot hoofdafmetingen te zijn gekomen, zal, voordat het ontwerp verder uitgewerkt kan worden, een aantal controles nodig zijn.

Deze controles hebben betrekking op:

1. het vraagstuk der beperkte diepgang resp. extra vrijboord;
2. de aanvangsstabiliteit en de stabiliteitsomvang;
3. de kubieke inhoud van het schip in verband met de te vervoeren lading;
4. de gewichtscontrole;
5. de trim;
6. de kubieke inhoud van het schip in verband met de scheepsmeting;
7. de verhouding  $L/H$  in verband met de sterkte.

Ik ben bij het noemen van deze controles ervan uitgegaan, dat bijv. een tankschip ook als een passagierschip ontworpen is en een passagierschip als een tankschip. Toegevoegd aan deze controles worden dus later nog de speciale controles ingevoerd die voortvloeien uit reglementen en internationale conventies (bijv. waterdichte indeling). Deze beschouw ik echter als supplementaire gegevens voor de verschillende soorten van schepen.

Aan de hand van de zeven genoemde, noodzakelijke controles behandel ik deze nu respectievelijk met de invloeden, die deze controles tot aanleiding van een compromis maken.

#### 3.1 De beperkte diepgang

De diepgang zal door de reder altijd zo groot mogelijk gewenst worden. Hij wordt hier geremd door geografische omstandigheden (ondiepe havens), door stabiliteitsoverwegingen (te grote diepgang neigt tot te weinig stabiliteit) en door overwegingen van weerstand (men kan de vorm van een schip ook te 'diep' maken). Bij de constructie van vrachtschepen heeft zich nu een zekere 'gemiddeld gematigde' diepgang ontwikkeld, die zodanig is dat de daaruit voortvloeiende andere hoofdafmetingen (lengte, breedte en holte) en vormcoëfficiënten (blokcoëfficiënt, grootspantcoëfficiënt en waterlijncoëfficiënt) zo worden, dat ze niet tot extreme waarden neigen. Het beste is deze 'normale' diepgang vastgelegd in de studie van Prof. Eino Helle [4], die voor een zeer groot aantal vrachtschepen

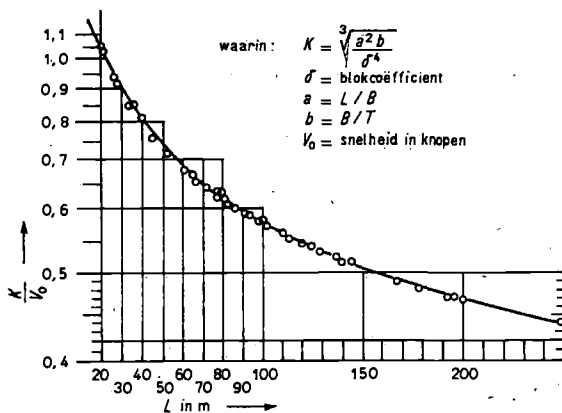


Fig. 1. Verband tussen hoofdafmetingen en snelheid van een 'normaal' vrachtschip volgens prof. Eino Helle

een factor  $k/V_0$ , heeft bepaald, die een functie van de scheeps lengte blijkt te zijn, die praktisch voor alle soorten vrachtschepen tot 250 m lengte een waardevaste factor heeft. In deze factor is (zie fig. 1)

$$k = \sqrt[3]{\frac{a^2 b}{\delta^4}}$$

waarin

$\delta$  = blok-coëfficiënt

$a$  = lengte/breedte

$b$  = breedte/diepgang

$V_0$  = dienstsnelheid in knopen<sup>1)</sup>

Het is nu mijn ervaring, dat vooral een afwijking van de diepgang het punt  $k/V_0$  van het betreffende schip het eerst van de kromme doet afwijken, zodat deze controle, waarbij het schip in zijn hoofdafmetingen al bepaald moet zijn, ons een eerste inzicht geeft in de vraag of 'beperkte diepgang' aanwezig is (zowel in + als - richting) en wij het schip dus niet als 'normaal' kunnen beschouwen.

Indien dit laatste het geval is, behoeft er niets in de 'methode' van ontwerpen te veranderen, alleen moet men erop verdacht zijn dat 'beperkte' of 'te grote' diepgang een invloed op de andere afmetingen kan hebben die al dan niet tot extra voorzichtigheid moeten leiden.

De kwestie van het extra-vrijboord behoeft niet onherroepelijk samen te gaan met een beperkte diepgang. De diepgang kan normaal zijn terwijl men uit andere overwegingen, zoals stabiliteitsomvang, extra platformhoogte en extra ruiminhoud, de holte en dus het vrijboord gaat vergroten. Omgekeerd echter, kan een normale holte, (normaal bijv. uit sterkte-overwegingen, waar de verhouding lengte/holte maatgevend is), kan dus, zoals ik zeg, bij een normale holte om andere redenen de diepgang extra verkleind zijn. In beide gevallen spreken wij van schepen met extra vrijboord. De controle is hier eenvoudig en vloeit voort uit het toepassen van de internationale uitwateringsconventie van 1930.

### 3.2 Aanvangsstabiliteit en stabiliteitsomvang

Deze controle, van het reeds voorontworpen schip, is nodig in verband met de zeewaardigheid en veiligheid. Het controleren van de aanvangsstabiliteit door middel van het bepalen van de aanvangsmetacenterhoogte MGO impliceert kennis van de plaats in hoogte van het zwaartepunt van het schip plus machinerie plus lading in diverse toestanden van belading. Meestal betreft de allereerste controle hier het toegeladen schip. Het feit dat de stabiliteit wordt bepaald door de vorm van het onderwaterschip (dus van de hoofdafmetingen afhankelijk is) en van het gewichtszwaartepunt (dus door het gewicht beïnvloed wordt) maakt, dat in het ontwerp stadium slechts zeer schattenderwijs gecontroleerd kan worden. Wat betreft de vormstabiliteit, dus de bepaling van de hoogte van het metacentrum M boven de kiel, hiervoor is een groot aantal benaderingsformules aanwezig, waarbij ik als beste en meest betrouwbare altijd die van *Rauert* [5], [6] en *Posdunin* [7] aangeef.

Nog beter is gebruik te maken, zowel voor de bepaling van de metacenterhoogte, als voor die van de stabiliteit bij grotere hoeken (stabiliteitsomvang), van de 2e benaderingsmethode van *Prohaska* [8].

Veel lastiger is een schatting te maken van de hoogte boven de kiel van het gewichtszwaartepunt. Het oude systeem deze hoogte uit te drukken als een percentage van de holte, heeft veelal tot grote misvattingen geleid. De moeilijkheid zit natuurlijk in de onbekendheid van de gewichtsverdeling over het schip, die ondanks alle benaderingen daarvoor gemaakt, blijft laboureren aan een te grote invloed op dit zwaartepunt door relatief onbelangrijke, doch zeer hoog of zeer laag geplaatste gewichten. Volgens mij kan hierin slechts verbetering komen voor de ontwerper als de werkelijke gewichtsverdeling via berekening met een computer in korte tijd een bevredigend resultaat zou kunnen geven. Ik kom hierop straks terug.

Voorlopig moeten wij het echter doen met benaderingsmethoden die afhankelijk zijn van andere benaderingsmethoden die trachten de gewichtsbepaling te realiseren. Ik noem hier het werk van *Raben* [9], die het gewichtszwaartepunt in hoogte bepaalt van het staalgewicht alleen. De hoogtebepaling van het zwaartepunt van het geheel ledige schip, moet geschieden volgens de momentenregel ten opzichte van de kiel via benaderingsgewichten of werkelijk bepaalde gewichten. Is van een soortgelijk schip het zwaartepunt in hoogte door een genomen hellingproef bekend, dan is het systeem van transformeren van dit schip tot het ontwerp meestal de meest zekere methode om uit dit probleem te geraken.

Voor het toegeladen schip is verder nog de hoogte van het zwaartepunt van de lading van belang vooral bij vrachtschepen. De bepaling hiervan hangt natuurlijk weer samen met de inhoud van de laadruimte, ook een controlepunt in het begin van het ontwerp.

Hebben wij op de nu beschreven wijze een controle der MGO waarde verkregen, dan volgt de controle der stabiliteitsomvang. Stabiliteitscriteria zijn bestudeerd door *Rahola* [10] en *Yamagata* [11]. Beiden hebben vooral in eerste instantie kleine schepen onderzocht, maar hun conclusies zijn, met overleg geanalyseerd, mutatis mutandi, ook voor grote schepen te gebruiken. Om tot eisen van stabiliteitsomvang te geraken zijn een aantal afmetingen van belang, voornamelijk wederom de breedte en het vrijboord van het schip en dus is controle van de stabiliteitsomvang vóór het definitief aanvaarden van deze hoofdafmetingen noodzakelijk.

### 3.3 De kubieke inhoud van het schip in verband met de te vervoeren lading

Deze controle zal voornamelijk van toepassing zijn op schepen met een groot vervoer van 'materiële' goederen. Zowel vrachtschepen, bulkcarriers, tankschepen en vrachten passagiersschepen zullen hun holtebepaling niet enkel door de uitwateringsvoorschriften geregeld kunnen krijgen, doch mede afhankelijk zijn van de kubieke inhoud, die uiteindelijk na aftrek van machinekamer ruimte, ballastruimte, bunkerruimte en bemannings- of passagiersruimte onder het sterktedek overblijft voor laadruimte. De benodigde laadruimte hangt ook af van het s.g. der lading en daar over dit laatste vrij volledige gegevens bestaan zal de controle neerkomen op een bepaling der laadruiminhoud. Indien men deze laadruiminhoud dan homogeen geladen denkt, kan tevens het zwaartepunt in hoogte der lading bepaald worden, waar wij het zojuist

<sup>1)</sup> Bij gebruik van de moderne SI-eenheden geldt de herleidingsfactor uit de betrekking: 1 kn = 0,514 m/s.

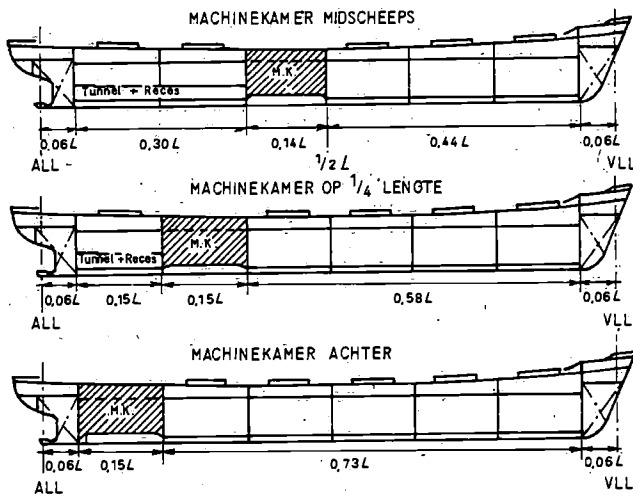


Fig. 2. Verschillende ligging van de machinekamer in een vrachtschip.

over gehad hebben en die zo uiterst belangrijk is voor het bepalen van de aanvangsstabiliteit.

Het bepalen van de laadruiminhoud heeft de laatste jaren in Nederland de belangstelling gehad van een aantal ingenieurs werkzaam bij Van der Giessen-de Noord scheepswerven te Krimpen aan de IJssel en door de Ranitz zijn deze gegevens verstrekt ter ontwikkeling van een methode, die door de T.H. Delft wat is omgewerkt en die hij, naar ik hoop, nog eens zal publiceren. De omgewerkte gegevens door de T.H. zijn gegeven op de volgende figuren 2 en 3. Fig. 2, toont dat zowel schepen met machinekamers in het midden, achter of op  $\frac{1}{4}L$  uit de A.L.L. zijn beschouwd. Aangegeven worden de nodige correcties in fig. 3, waarin voor deze drie soorten schepen een inhoudscoëfficiënt  $C_1$  wordt bepaald.

Uit het werk van de Ranitz volgt dan direct een formule voor het bepalen van de zwaartepuntshoogte voor lading als

$$GrK = C_2 H_1 \left\{ \frac{\alpha_t}{\alpha_t + \delta} + \frac{\alpha_d}{8(\alpha_t + \alpha_d)} \right\} \text{ als in fig. 4 aangegeven.}$$

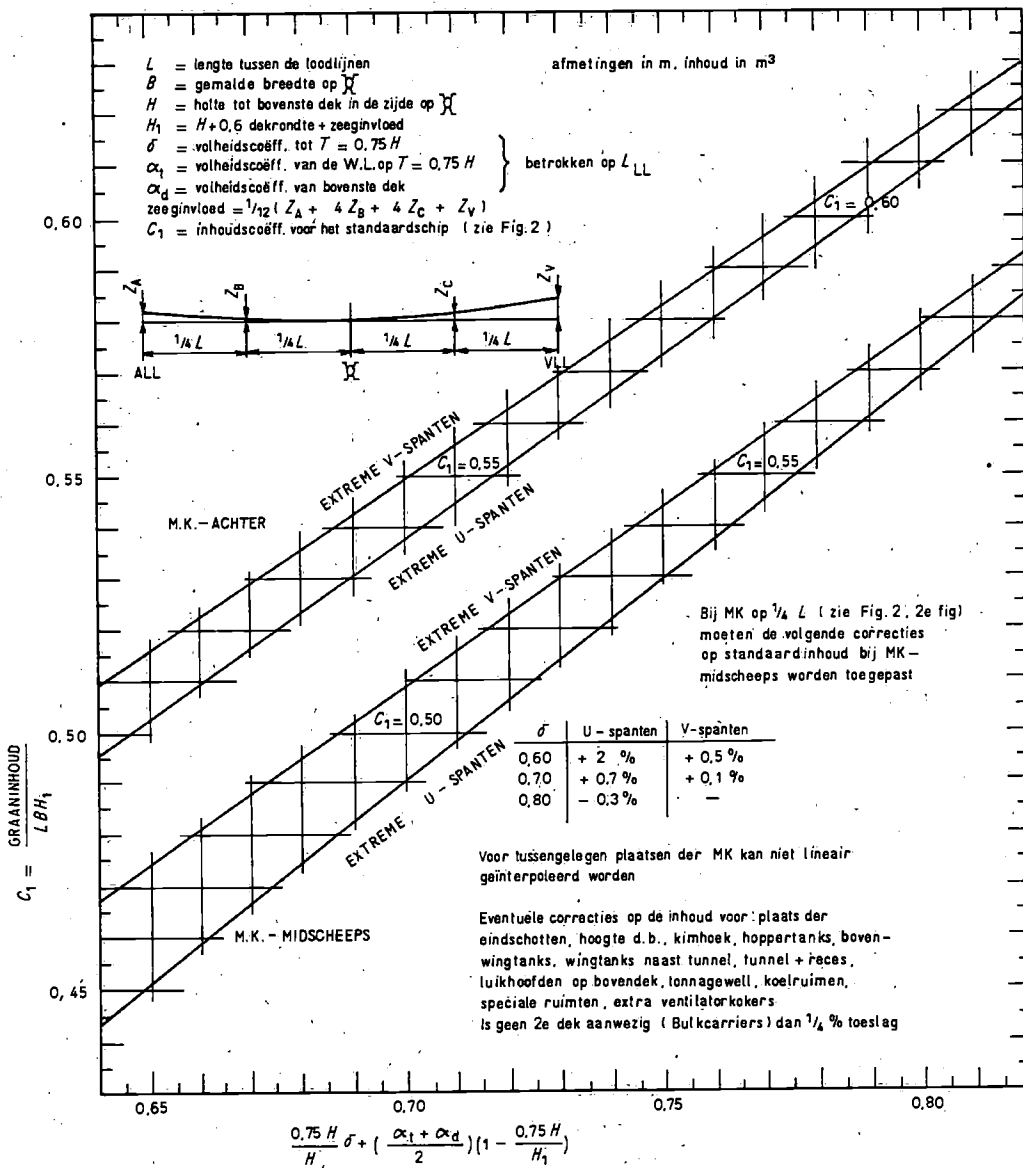


Fig. 3. Bepaling graaninhoud van vrachtschepen

DE PLAATS VAN HET ZWAARTEPUNT BOVEN DE BASISLIJN ( $GKr$ )  
VAN DE LAADRUIMINHOUD DER STANDAARDSCHEPEN KAN  
VOOR HET VOORONTWERP ALS VOLGT BEPAALD WORDEN :

$$GKr = C_2 H_1 \left\{ \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \delta} + \frac{\alpha_d}{B(\alpha_1 + \alpha_d)} \right\}, \text{ WAARIN:}$$

$C_2 = 0,962$  BIJ M.K. OP  $\frac{1}{2} L$ ;  
 $C_2 = 0,948$  BIJ M.K. OP  $\frac{1}{4} L$ ;  
 $C_2 = 0,921$  BIJ M.K. ACHTER;  
 $H_1 = H + 0,6$  DEKRONDE + ZEEGINVLOED;  
 $\delta =$  BLOKCOEFFICIENT TOT DIEPGANG  $T = 0,75 H$ ;  
 $\alpha_1 =$  VOLHEIDSCOEFFICIENT VAN DE WATERLIJN OP  $T = 0,75 H$  } BETROKKEN OP  $L_{LL}$ ;  
 $\alpha_d =$  VOLHEIDSCOEFFICIENT VAN HET BOVENSTE DEK;  
 $H =$  HOLTE TOT BOVENSTE DEK IN DE ZIJDE OP HET GROOTSPANT;  
 ZEEGINVLOED =  $\frac{1}{2} L_{LL} (Z_A + 4 Z_B + 4 Z_C + 4 Z)$ , WAARIN  $Z_A$  EN  $Z_V$   
 DE ORDINATEN DER ZEEG OP A.L.L. RESP. V.L.L. EN  $Z_B$  EN  $Z_C$  DE  
 ORDINATEN AANWIJZEN OP  $\frac{1}{4} L$ , VANUIT DE LOODLIJNEN GEMETEN.

Fig. 4. Bepaling van de zwaartepuntshoogte van laadruiminhouden.

$C_2$  varieert met de positie van de motorkamer in het schip:

MK op  $\frac{1}{2} L$   $C_2 = 0,962$

MK op  $\frac{1}{4} L$   $C_2 = 0,948$

MK achter  $C_2 = 0,921$

Het blijkt dat deze zwaartepuntsbepaling, ook voor grotere schepen als bulkcarriers goed voldoet en slechts kleine afwijkingen in hoogte (+ of - 5 cm) met de werkelijkheid oplevert. Bij extreme U-spanten en grote blokcoëfficiënt geeft de formule iets te lage waarden, bij extreme V-spanten iets te hoge.

Al deze waarden zijn gebaseerd op  $T = 0,75 H$ . Indien dit niet zo is, kunnen  $\alpha_1$  en  $\delta$  veranderd worden volgens de methode van Fletcher [22]. De daardoor ontstane fouten zijn kleiner dan 1%.

### 3.4 De gewichtscontrole

Deze controle is ingrijpend in alles, wat het ontwerp aangaat. Het gewicht beheerst het deplacement, de zwaartepuntsligging in lengte en hoogte en daardoor de stabiliteit en de trim en heeft indirect eigenlijk de grootste invloed op de grootte van het schip en op de kostprijs. Het gewicht hangt af van de aard der constructie, van de klassering van het schip en van de inzichten in sterkte wat betreft het schip als geheel en lokaal beschouwd. Het is dan ook jammer dat dit gewicht, juist door de vele factoren die het bepalen, zo uiterst moeilijk te schatten is. Vele auteurs hebben benaderingen opgesteld om het gewicht te bepalen, tot in de laatste jaren toe. Uiteindelijk is vergelijking met een bestaand soortelijk schip nog vaak het meest nauwkeurige. Van de auteurs die zich zeer in het probleem verdiept hebben noem ik vooral Roester [12], Telfer [13], Danckwardt [14] en Getz [15]. Laatstgenoemde tracht, vooral door te trachten wetmatigheid in materiaalbesparing te vinden, op deze wijze tot het 'lichtste' schip te komen, een zeker na te streven, doch nogal utopische doelstelling. Een zeer bruikbare methode is onlangs gegeven door Schneekluth [16]. De grote moeilijkheid bij de gewichtsbepaling ligt in het feit, dat van dit gewicht, de grootte en dus de constructie van het schip afhangt, terwijl van deze constructie weer het gewicht afhangt. Om uit deze vicieuze cirkel te geraken is dus het oude beproefde recept, de iteratiemethode van 'iets aannemen - daarna controleren - verwerpen - iets anders aannemen enz.', steeds weer gebezigd, een methode die wij in deze tijd zullen kunnen verkorten door de computer als hulpmiddel in te schakelen om de iteratie snel

te doen convergeren naar het gestelde doel. Ik kom op deze kwestie 'gewicht en computer' dadelijk nog terug, maar wijs U er nu reeds op dat o.a. *Lloyds Register* [17] voor tankschepen reeds aanwijzingen voor het programmeren opgeeft, zowel met als basis teruggrijpen op een bestaand schip of uitgaande van benaderende gewichtsgegevens bij een ontwerp.

### 3.5 De trim

De controle van de trim is enkel de controle om te weten of het gewichtszwaartepunt in lengte zich bij gelijklastige diepgang boven het drukkingspunt in lengte bevindt. Is aan deze voorwaarde niet voldaan, dan vertrimt het schip, wat tot ongewenste toestanden aanleiding kan geven. Het door vormgeving brengen van het drukkingspunt op de plaats van het zwaartepunt voor of achter het  $\bar{Q}$  om zodoende deze vertrimming te ontgaan, leidt wederom tot compromissen, die (gewoonlijk) een geringe hoeveelheid meer vermogen doen vergen voor de gewenste dienstnelheid, daar het drukkingspunt dan voor de weerstand niet juist ligt. Deze controle op het ontwerp is daarom bij de meeste koopvaardij schepen van ondergeschikt belang.

### 3.6 De kubieke inhoud van het totale schip in verband met de scheepsmeting

Zolang de scheepsmeting op de weinig logische gronden berust, als in de meeste zeevarende landen thans het geval is, heeft het weinig zin deze controle op een goed ontwerp anders te zien dan een noodzakelijk kwaad, waar wij ons zo min mogelijk aan moeten storen. Gelukkig zijn de, evenmin logische truc's om de voorschriften der scheepsmeting te omzeilen, dusdanig, dat een negatieve invloed van deze wetgeving, projecttechnisch gesproken, van weinig of geen belang is. Wel kan de invloed op de economie van het varen groot zijn.

### 3.7 De verhouding L/H in verband met de sterkte

Deze controle is noodzakelijk omdat de verhouding lengte/holte tevens de verhouding aangeeft tussen de belasting van het schip door de golven (langsbuigende momenten) en de deze belasting weerstreven constructie en dus bepalend is voor de sterkte van het schip.

Vroeger waren de regels der klassebureaus dan ook zo, dat deze verhouding L/H bepaalde grenzen niet mocht overschrijden. Deze grenzen varieerden naar gelang de scheepstypen. Tegenwoordig geven niet alle klassebureaus

deze grenzen meer expliciet op, doch de opbouw is nu dusdanig dat de sterkte, in welke vorm dan ook, gewaarborgd blijft. Het streven van de moderne ontwerper en meer speciaal van diegene, die met de zeer veel grotere, moderne schepen te maken krijgt, is er dan ook op gericht door uitvoerige sterkteberekeningen zekerheid te verkrijgen omtrent *die* constructie, die met behoud van de nodige veiligheid het lichtste gewicht vraagt. Hij zal bij die berekeningen dan automatisch van de verhouding  $L/H$  gebruik maken. Daar in dit geval weer vele wijzen van constructiebenadering mogelijk zijn, o.a. door gebruik van speciaal staal, is alleen vooraf bepaalde soorten constructies de mogelijkheid gegeven de computer in te schakelen, zoals bijv. voor supertankers gedaan is door *Buxton* [18]. De verhouding  $L/H$  blijft echter steeds de maat voor de sterkte van het schip als balk beschouwd.

#### 4. Het ontwerp

Voor het eigenlijke ontwerpen gaan wij nu uit van de basisgegevens, door de door mij besproken doelstelling gegeven, te weten:

- De hoeveelheid, die vervoerd moet worden.
- De snelheid, waarmede vervoerd moet worden.
- Het traject, waarover vervoerd moet worden.
- De maximaal toelaatbare diepgang op het traject.

De hoeveelheid, die vervoerd moet worden, bepaalt de grootte van het schip in hoge mate. Bij alle directe vrachtvervoer (vrachtschepen, bulkcarriers, tankschepen, eenvoudige vracht- en passagiersschepen) is deze hoeveelheid te transporteren lading dusdanig van overheersende invloed op de grootte van het schip, dat het tweede hierop van invloed zijnde gegeven, de snelheid, hierbij een ondergeschikte rol speelt.

Anders wordt dit als de snelheid overheerst, waardoor bij snel vervoer (passagiersschepen, kanaalboten) de bunkerinhoud een niet te onderschatten invloed op het displacement krijgt.

Daarom is bij de echte vrachtvaarders het nog steeds gewoonte de grootte van het schip in eerste instantie te bepalen uit een analyse van soortgelijke schepen en wel hiermede te bepalen de verhouding draagvermogen/displacement of  $dw/\Delta$ . In dit draagvermogen is dan ook begrepen de hoeveelheid brandstof, die zelf weer van de snelheid afhankelijk is. Daarom moet een dergelijke analyse gemaakt worden van soortgelijke schepen met ongeveer dezelfde snelheid.

Deze methode doet de ontwerper altijd wat onbevredigend aan, omdat hij gedwongen wordt te kijken naar wat anderen gedaan hebben. Hij voelt, dat hij zodoende ook eventuele fouten van zijn voorgangers 'meeneemt' in zijn eigen ontwerp en dat de vooruitgang, bijv. in constructie en dus in gewichtsbesparing, niet tot zijn recht kan komen. Deze opvatting is echter te pessimistisch. Juist de vele controles, die ik net met U besproken heb, geven de mogelijkheid een eigen 'cachet' aan het ontwerp te geven en de veelzijdigheid der moderne gegevens en de grondigheid, waarmee een moderne ontwerper zijn voorbeeldschepen analyseert, zijn een waarborg voor het zinnige gebruik, dat gemaakt kan worden van deze verhouding  $dw/\Delta$ .

Deze verhouding kan niet als basis dienen daar, waar de  $dw$  weinig met het displacement te maken heeft, of

daar slechts een gering deel van is. Vandaar dat passagiersschepen en kanaalboten, alsook schepen als veerponten, loodsboten en reddingboten een ander uitgangspunt moeten aannemen. Veeel echter wordt in deze laatste gevallen de grootte van het schip, het displacement, ineens door de reder gegeven en is dit dus geen probleem meer. Dit zelfde geldt ook voor sleepboten en zeeijsbrekers, die dus 'vermogen' vervoeren onder door de reder bepaalde omstandigheden.

Hoe het ook zij, op een of andere wijze is het altijd mogelijk te komen tot  $\Delta$ , het displacement van het schip en zo, dank zij de wet van *Archimedes* [2] dus tot het totaal gewicht van het toegeladen schip. De ontbinding van de factoren van dit gewicht moet dan duidelijk maken dat de hoeveelheid, die vervoerd moet worden ook vervoerd kan worden.

Voor verreweg de meeste zeeschepen geschiedt deze displacementsbepaling dus via het verhoudingscijfer tot het draagvermogen  $dw/\Delta$ . Er is de laatste jaren in Oost-Duitsland een poging gedaan hierbij niet naar vergelijkingschepen te kijken en deze verhouding direct te bepalen uit redersgegevens. Ik wil niet zeggen dat deze methode niet mogelijk is, doch uiteindelijk komt het toch steeds weer neer op een optellen van een aantal gewichten, die men weer moet schatten of omstandelijk berekenen. De oude, beproefde methode lijkt het mij dus nog wel een tijdje te zullen doen.

Zodra wij het displacement kennen, zijn er mogelijkheden om de lengte van het schip te bepalen. Men doet dit via weerstandsoverwegingen, waarbij men; gebruik makend van de vele in de laatste eeuw verkregen inzichten in de voortstuwingsweerstand van een normaal schip door het water, benaderend de meest geschikte lengte bij een bepaalde snelheid voor dit displacement kan bepalen.

Zelf heb ik mij [19], evenals *Posdunin* [7] bezondigd aan het opstellen van een formule voor het bepalen van een geschikte lengte bij een bepaalde  $\Delta$  en  $V$ , (displacement en snelheid). Ik wil heus geen reclame maken, wanneer ik U toch mededeel, dat deze formule een goede aanwijzing geeft voor de scheepslengte, *zolang men het criterium van de minimum weerstand als alleen maatgevend betracht* (zie fig. 5). Ik wijs hierop, omdat men heden ten dage bij bulkcarriers deze willens en wetens te kort (en te stomp) maakt uit bouweconomische overwegingen. Tevens uit overwegingen omtrent de bewegingen van dergelijke mastodonten in zee en uit overwegingen van het varen met dergelijke schepen, waarbij soms een betrekkelijk groot extra vermogen op de koop toe genomen wordt, omdat de kosten daarvan in het niet verzinken bij de rente van het te investeren kapitaal.

Niettemin blijft een eerste aanwijzing voor de scheepslengte op basis van minimum weerstand aanbevelenswaardig, zelfs voor supertankers.

Aannemende dat de lengte (voorlopig) bepaald is, dan is uit de gegeven snelheid, met behulp van deze lengte de

snelheidsgraad  $\frac{V}{\sqrt{L}}$  te bepalen, terwijl ook de slankheidsgraad  $\frac{L}{\Delta^{1/3}} = \text{lengte} / \sqrt[3]{\Delta}$  uit displacement, te berekenen is.

Wij zijn nu al een heel eind, daar nu de blokcoëfficiënt, de scherpte van de onderwatervorm aangevend, te bepalen is uit ettelijke formules van *Ayre, Van Lammeren*

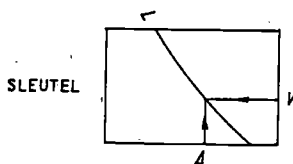
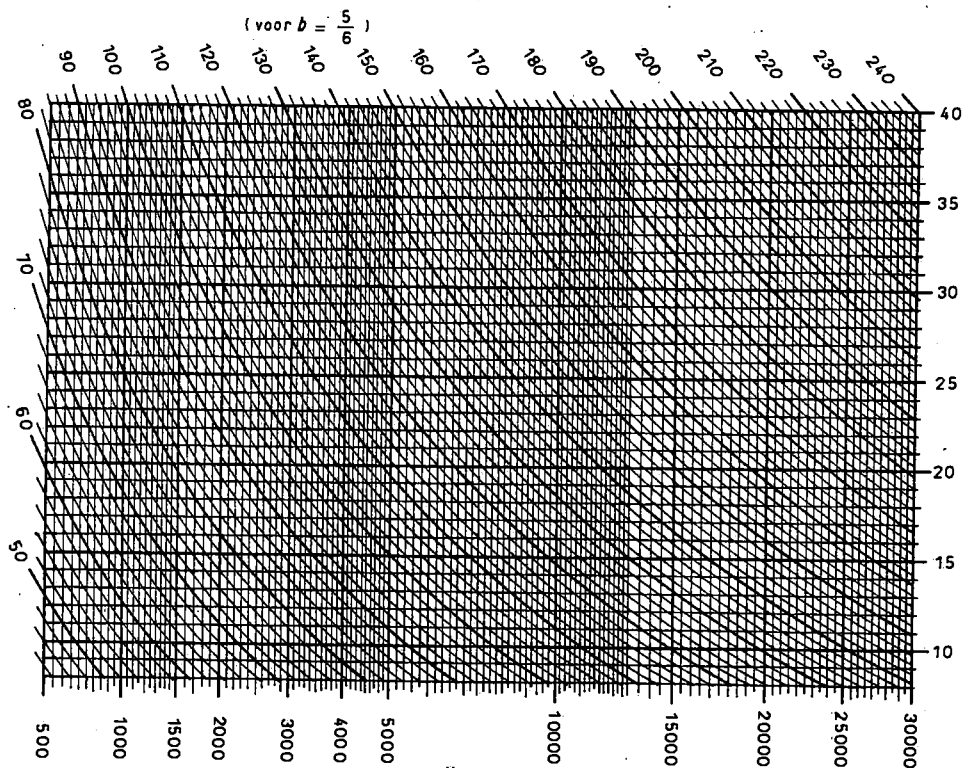


Fig. 5. Verband tussen waterverplaatsing  $\Delta$  scheepslengte  $L$  en dienstsnelheid  $V$  volgens prof. Jaeger.

[20], Todd, Telfer, en vele anderen. Allen zijn echter van mening dat de blokcoëfficiënt, hoewel ook beïnvloed door de verhouding lengte/breedte een waarde heeft, die in het

algemeen gegeven is door  $\delta = a - b \frac{V}{\sqrt{L}}$ , waarin  $a$  en  $b$

dan verschillend door de diverse auteurs geïnterpreteerd worden. Een soort 'résumé' van al deze formules wordt gegeven in fig. 6, dat echter slechts geldt voor 'droge' vrachtschepen en dergelijke en niet voor tankschepen en supertankers, die, zoals ik reeds zeide 'stomper' gebouwd worden.

Uit de definitie van de waterverplaatsing

$$\Delta = L B T \delta \gamma c$$

waarin  $\Delta$  = waterverplaatsing in tonnen van 1000 kg

$L$  = scheepslengte in meters

$B$  = scheepsbreedte in meters

$T$  = ontwerpdiepgang in meters

$\delta$  = blokcoëfficiënt

$\gamma$  = s.g. zeewater

$c$  = verplaatsing van huid en aanhangels

is nu bij voorgeschreven diepgang  $T$ , de scheepsbreedte te berekenen. Immers  $\Delta$ ,  $L$ ,  $T$  en  $\delta$  zijn (voorlopig) bekend en  $\gamma$  en  $c$  zijn getallen die van plaatselijke omstandigheden en constructieve opzet afhangen, doch altijd bekend zijn.

Hiermede zijn lengte, breedte, diepgang en scherpte van het schip ontworpen en op dit zgn. voorontwerp moeten nu alle controles in §3 genoemd losgelaten worden. Dit impliceert dus een vrijboordsbepaling, die voor tankschepen en houtschepen anders is, en vooral een nadere opbouw der gewichten. Daarnaevens zullen dan nog extra voorwaarden ingevoerd worden voor diverse scheepstypen. Deze speciale voorwaarden zijn o.a.:

- a. Bepalen van de waterdichte indeling (passagiersschepen).
- b. Bepalen van de brandvrije indeling (passagiersschepen).
- c. Bepaling van lekstabiliteit (passagiersschepen).
- d. Bepalen van bederfwering der lading (koelschepen en vissersschepen).
- e. Bepalen van een trajecttijd (kanaalboten, bergings-sleepboten).
- f. Bepalen van deklaadmogelijkheid (houtschepen).
- g. Bepalen van sterkte tegen ijsdruk (ijsbrekers).
- h. Bepalen van sterkte tegen alzijdige buitendruk (O.Z.B.).
- i. Bepalen van de wijze van laden en lossen (vrachtschepen).

Deze opsomming van voorwaarden is slechts een staalkaart van de belangrijkste van deze speciale voorwaarden. Elke reder kan nl. meer gekke dingen vragen dan tien scheepsbouwers kunnen oplossen!!! Maar elke voorwaarde meer is weer een mogelijkheid meer om te zorgen dat een eventuele optimum eis weer niet bevredigend zal kunnen

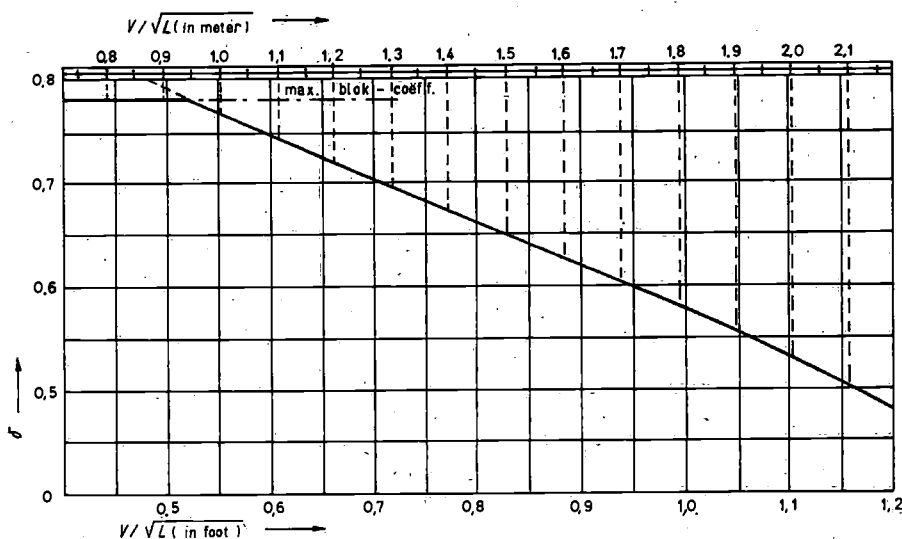


Fig. 6. Afhankelijkheid van de blokcoëfficiënt  $\delta$  van de snelheidsgraad  $V/\sqrt{L}$  volgens Todd.

worden vanwege het eeuwige 'schipperen' dat bij dit compromis nodig is.

Het voorontwerp is nu klaar op één belangrijk punt na. Wij moeten het schip de gewenste snelheid geven door er een voortstuwer in te zetten. Hoewel mijn collega Vinke over deze voortstuwer zal spreken, moet ik echter als scheepsontwerper toch ook aandacht aan dit probleem wijden.

## 5. De machinerie

Ik laat aan de hydrodynamici over ons te vertellen hoe wij de weerstand bepalen van het door ons definitief ontworpen schip, waarbij de onderwatervormgeving door hen in de tank uitgezocht is. Zij zullen ons aangeven hoeveel pk(eff.) wij benodigen om onze snelheid te behalen; zij zullen ons de invloed van de bewegingen op zee en van het sturen moeten duidelijk maken; zij zullen ons de toelagen moeten mededelen die nodig zijn om te komen tot het vermogen in pk(asv.) van motor of turbine.

Dan zal uitgemaakt moeten worden op welke wijze dit vermogen in pk(asv.) gerealiseerd moet worden. Reder en machinebouwer dienen nu ingeschakeld te worden en uiteindelijk zal de scheepsbouwer verteld worden, dat hij op de manier zus of zo het vermogen kan krijgen met een machinerie, die zoveel weegt, zoveel ruimte vergt en zoveel aan brandstof per paardekracht per uur verbruikt.

Op dit ogenblik zijn alle gegevens aanwezig om dit geheel in het scheepsontwerp te gaan passen, waarbij dus gelet dient te worden op gewicht, gewichtsverdeling in hoogte en lengte, ruiminhoud van machinekamer, eventueel hulpmachinekamer en ketelruimen, reactorruimen, koelmachineruimen, elektrische centrales en alles wat maar meedoet aan het afstaan van vermogen te gebruiken in het schip.

Het zal U duidelijk zijn dat ook nu weer allerlei invloeden het scheepsontwerp binnenkomen, dat weer een reeks 'imponderabilia', die helaas zeer ponderabel zijn, mee gaan spelen, voornamelijk in het spel der gewichtscontrole en der ruiminhoud. In mijn inleiding over de controles, heb ik maar aangenomen, dat dit alles tijdens het voorontwerp in de posten 'machinegewicht' en 'brand-

stofgewicht' verrekend was. Maar bij het definitieve ontwerp zal deze hele post 'machinerie' met alles wat daarbij behoort grondig bekeken moeten worden, gezamenlijk met de machinebouwer. Ik heb het in mijn leven als een voorrecht beschouwd te hebben mogen werken op twee werven die nauw gecombineerd waren met grote machinefabrieken. De goede samenwerking zo ontstaan, heeft mij het ontwerpen van schepen altijd buitengewoon gemakkelijk en mij doen inzien dat deze samenwerking met de machinebouwer van het allergrootste belang is.

## 6. Het inschakelen van de computer bij het ontwerp

Ik heb reeds enige malen de computer of elektronische rekenmachine genoemd, als modern hulpmiddel bij het ontwerpen van schepen. De ontwikkeling van het gebruik van deze machines voor het bereiken der doelstellingen van het ontwerp is nog steeds in volle gang en ook de ontwikkeling van de computer zelf is nog onstuimig. Daarom zal een zekere voorzichtigheid bij het inschakelen van computers geboden zijn. Enerzijds zal de keuze van de computer afhangen van de ontwikkeling dezer machines, anderzijds zullen de inzichten omtrent het gebruik daarvan nog steeds wisselen.

Een paar algemene opmerkingen, meen ik mij echter te mogen veroorloven. Ten eerste, moet goed in het oog gehouden worden, dat een computer niet denkt, maar alleen maar een fenomenaal geheugen heeft om datgene wederom naar voren te brengen wat er eerst door een bepaald programma is ingestopt. Nu is ontwerpen zeker 10% inspiratie, waar tegenover de 90% transpiratie van het domweg uitwerken van integratieve en comparatieve handelingen staat. Bij deze laatste 90% kan de computer, mits goed gevoed, ontzaglijke diensten bewijzen aan de scheepsbouwers. Waar het de comparatieve handelingen betreft moeten wij in de scheepsbouw echter ook nog extra voorzichtig zijn. Comparatieve handelingen leiden via een computer gaarne tot een optimum oplossing. Nu is de moeilijkheid bij het schip, dat er wegens het 'compromis' niet één optimum oplossing is. Er is bijv. een optimum oplossing met betrekking tot de weerstand. Maar er is ook een optimum oplossing voor de aanvangsstabi-



teit. En er is zelfs een andere voor de stabiliteitsomvang, die niet noodwendig dezelfde is als voor de aanvangs-stabiliteit. Er is een optimum van sterkte gezien uit het oogpunt van minimum gewicht, doch er is er ook een van sterkte gezien uit het oogpunt van meest voordelige lengte-holte verhouding. Er is er een van holte in verband met de ruiminhoud, die weer niet klopt met de holte, als optimum beschouwd, bij de stabiliteitsomvang. De lengte van het schip kan na verschillende benaderingen van het probleem anders uitvallen al naar gelang weerstand, economie of sterkte de grondslag is geweest.

Wanneer diverse benaderingen tot diverse optima leiden, is het bij twee benaderingen mogelijk een snijpunt der beide lijnen te vinden; bij drie zal dat praktisch hoogst uitzonderlijk het geval zijn en bij nog meer 'optimale' oplossingen zal dit, om met minister Luns te spreken 'bepaaldelijk niet' het geval zijn.

Wat kan de computer nu wel? Hij kan ons helpen de routineberekeningen van de hydrodynamische krommen te maken (carène-diagram, stabiliteitsberekening) indien de hoofdafmetingen van het schip bekend zijn. Omgekeerd, zal hij ook uit bepaalde stabiliteitsvoorwaarden tot hoofdafmetingen komen en daar een optimum uit vinden, wat echter helemaal niet zeggen wil, dat dit de goede hoofdafmetingen zijn uit het oogpunt van bijv. weerstand, sterkte en laadvermogen. Hij kan ons helpen, indien wij genoegzaam exacte programma's kunnen produceren (en dit is voorlopig niet het geval) om volledige gewichts- en zwaartepuntsberekeningen te maken. Deze exacte programma's vragen veel uit de administratie voortkomende gegevens, die, zoals één onzer grote werven in maart j.l. zeide, dermate groot in aantal en nauwkeurigheid moeten zijn, dat het overzicht voor het maken van het programma te loor dreigt te gaan.

Doch hier komen wij op den duur wel uit. Veel, heel veel 'dom' werk, zal, vooral in de scheepsbouw door de computer kunnen worden verricht. Maar ontwerpen van schepen is geen dom werk en er zal inderdaad mijns inziens weinig kans op zijn, dat een ontwerp, dit 'compromis der compromissen', per computer geschieden kan.

Ik zeg dit hier even omdat zij, die aan computerziekte lijden, en die 'alles' via de computer willen doen, vergeten zoals *Nielen* [21] zegt: 'dat een computer niets vanzelf kan. Wij zullen hem alles moeten leren, maar hij heeft een fabelachtig geheugen en vergeet een eenmaal geleerde methode nooit'. Maar als men zeven heterogene bases wil combineren tot één schip, kan dit er via een computer niet éénduidig, isotroop en homogeen uitkomen. De methode om deze omschakeling te verrichten ontbreekt nog.

## 7. Nabeschuwing

Tot slot zou ik een korte nabeschuwing willen geven over het ontwerpen als geheel, niet alleen van snelle vrachtschepen, bulkcarriers en tankschepen, als in het programma genoemd maar ook even de extra parameters noemen nodig voor het ontwerpen van andere schepen. Ik doe dit slechts globaal en noem dus:

### 7.1. *Passagiersschepen:*

Waterdichte- en brandvrije indeling; lekstabiliteit; indeling der civiele dienst; oppervlakte per passagier benodigd voor dekken, hutten en salons; ballast als noodzaak.

### 7.2. *Sleepboten:*

Grootte en hoogte der motoren op de indeling; type van sleepvaart.

### 7.3. *Houtschepen:*

Inrichting voor lange colli en deklading; ballast als noodzaak.

### 7.4. *Koelschepen:*

Invloed van zeer lage temperaturen op de constructie.

### *Vissereschepen:*

Invloed der koelinstallatie en der isolatie; snelheid in verband met bederf der lading.

### 7.5. *Ijsbrekers:*

Invloed der zeer lage temperaturen op inrichtingen en machinerie; ijsversterking en gewichtstoename; invloed van ijsgang op de waterdichte indeling.

### 7.6. *Supertankers:*

Beperking in materiaaldikten; grootte en diepgang in verband met havens; ballastruimte als noodzaak.

Deze lijst is niet volledig. Ik zou nog ettelijke grotere en kleinere verfijningen aan het ontwerp en het 'ontwerpen' kunnen toevoegen. Maar ik wil deze voordracht beëindigen met te wijzen op de veel grotere invloed die 'ballast' tegenwoordig op het ontwerp heeft. Ik noem daarom uit bovengenoemde lijst de drie aangeduide voorbeelden:

#### (7.1.) *Passagiersschepen:*

Hierbij denk ik aan het gebruik van lichtmetaal op de 'United States'. Als gevolg van het geringere gewicht boven daalde het zwaartepunt en groeide de aanvangs-stabiliteit. Daarom kon het schip smaller worden en dus geringer in weerstand. Daardoor daalden machinevermogen en -gewicht. Het hele schip kon toen weer kleiner worden, waardoor weer meer gewichtsbesparing kon worden verkregen. Het knappe van de ontwerper is nu geweest, dat hij een deel van de zo verkregen gewichtswinst in vaste ballast op de kiel van het schip heeft gelegd, zodoende zwaartepuntshoogte en aanvangsstabiliteit forcerende en komende tot nog grotere afmetingsvermindering. Er is toen een evenwicht gevonden tussen de hoeveelheid vaste ballast en het kleinste schip met de geringste weerstand en het kleinste vermogen. Een waar 'compromis' met vaste ballast als inzet!

#### (7.3.) *Houtschepen:*

Bij deze schepen is het hele schip door de lichte lading al lang vol, wat de ruiminhoud betreft, vóórdat het 'aan zijn merk' ligt. Het hout wordt nu als deklading opgestapeld, waardoor de stabiliteitsomvang groeit, doch de aanvangs-stabiliteit daalt. Om deze laatste binnen de toelaatbare grenzen te houden, wordt nu een deel van de nog aan te brengen lading als waterballast in de dubbele bodem meegenomen. Een deel van het gewicht der deklading gaat dus te loor, doch hiertegenover staat dat het schip normale proporties kan blijven houden en dientengevolge als gewoon vrachtschip dienst kan doen, wat gewenst is.

### (7.6.) *Supertankers:*

Supertankers zijn zo massaal geworden, en uit sterkte-overwegingen zo met een 'extra' holte begunstigd, dat het verschil tussen toegeladen en ledige toestand zo groot is, dat er inwendig ruimte genoeg overblijft om een speciaal deel daarvan uitsluitend als 'ballastruimte' te ontwerpen. Dit heeft het voordeel dat ladingtanks niet behoeven te worden schoongemaakt na gebruik als ballasttanks. Men noemt dit 'clean ballasting' en deze methode levert zeer belangrijke ontwerpvoorwaarden op bij het ontwerpen van deze schepen.

U ziet, dat waar vroeger het woord 'vaste ballast' en 'ballasten tijdens beladen vaart' alleen maar als brevet van onbekwaamheid golden voor de scheepsbouwkundige ontwerper, thans tijdens het ontwerpen over ballastproblemen gesproken wordt met een vrijheid, die doet denken aan de wijze, waarop de moderne jeugd over sexuele problemen spreekt.

Ik hoop dat U dan ook de indruk mee moge nemen, dat het ontwerpen zich steeds verjongd heeft en dat jeugdig enthousiasme nog steeds een voorwaarde is voor goed ontwerpen, efficiënt ontwerpen en mooi ontwerpen.

### Literatuur

- [1] H. E. JAEGER: 'Het grote compromis'. *De Ingenieur*, Den Haag 7 februari 1958.
- [2] ARCHIMEDES: 'Eureka'. Ochtendblad van de Syracusepost, Syracuse, kalendae van April 527 sedert de stichting van de stad Rome (227 v. Chr.).
- [3] H. BENFORD: 'Economic Aspects of Ship Design'. *De Ingenieur*, Den Haag 1965.
- [4] E. HELLE: 'Die Hauptverhältnisse und Völligkeitsgrenzen des modernen Handelsschiffes', Werft, Reederei, Hafen, Hamburg 1941.
- [5] F. RAUERT: 'Breitenträgheitsmomente der Wasserlinienflächen aus  $\alpha$  zu bestimmen', Werft, Reederei, Hafen, Hamburg, augustus 1930.
- [6] F. RAUERT: 'Längenträgheitsmomente der Wasserlinienflächen aus  $\alpha$  zu bestimmen', Werft, Reederei, Hafen, Hamburg, juni 1933.
- [7] V. POSDUNIN: 'Some approximate formulae useful in ship design', The Shipbuilder, Newcastle-upon-Tyne, 1925.
- [8] C. W. PROHASKA: 'Results of some systematic stability calculations'. *Trans. of Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland*, Glasgow, februari 1961.
- [9] H. RABEN: 'Vertical centre of gravity of ships' steel hulls'. *Trans. of the Danish Academy of Technical Sciences* no. 3 - Kopenhagen 1947.
- [10] J. RAHOLA: 'The judging of the stability of ships and the determination of the minimum amount of stability', Helsinki, 1939.
- [11] M. YAMAGATA: 'Standard stability adopted in Japan'. *Trans. of the Royal Institution of Naval Architects*, Londen 1959.
- [12] H. ROESTER: 'Der Einfluss des Schiffstyps auf die wirtschaftliche Ausnützung von Frachtschiffen massgebenden Factoren'. Dissertation Technische Hochschule Charlottenburg, Berlin 1929.
- [13] E. V. TELFER: 'A statistical approach to the longitudinal strength modulus of ships'. *Trans. of the Royal Institution of Naval Architects*, Londen, 1960.
- [14] E. C. M. DANCKWARDT: 'Die Ermittlung des Displacements von Trockenfrachtern im ersten Entwurfsstadium'. *Schiffbau-technik*, Rostock, november 1961.
- [15] J. R. GETZ: 'Longitudinal strength and minimum weight'.

Publication nr. 30, Skipteknisk Forskningsinstitut, Trondheim, October 1960.

- [16] H. SCHNEEKLUH: 'Eine neue Methode zur Ermittlung des Rumpfstahlgewichtes von Handelsschiffen'. Hansa, Hamburg 1963.
- [17] LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING: 'Cargo Ships' distribution of lightweight'. Report SR 64/17 Londen, maart 1964.
- [18] I. L. BUXTON: 'Structural design of tankers by electronic computer'. Research Report nr. 4, University of Glasgow, Glasgow, mei 1963.
- [19] H. E. JAEGER: 'Lengtebepaling van schepen uit snelheid en waterverplaatsing'. *Schip en Werf*, Rotterdam, januari en september 1949.
- [20] W. P. A. VAN LAMMEREN: 'Resistance, propulsion and steering of ships'. H. Stam Publ. Comp. Haarlem 1948.
- [21] G. C. NIELEN: 'De computer als hulpmiddel van het ontwerp, de research, de procesbesturing en vele andere mogelijkheden'. *De Ingenieur*, Den Haag, 19 februari 1965.
- [22] A. FLETCHER: 'Note on the accuracy of displacement-draught formulae'. *The Shipbuilder*, Newcastle-upon-Tyne, november 1926.

### Beraadslaging

*Ir. J. J. Woortman:*

1. Is het mogelijk (en wenselijk) de economische criteria voorgesteld door prof. Benford te verwerken in het door U beschreven ontwerpstelsel?
2. Vindt U de ontwerpmethodiek met behulp van een computer zoals beschreven is in de Amerikaanse publikatie 'Least cost ship design' niet accepteerbaar?

*Antwoord:* 1. Het is altijd mogelijk en wenselijk economische criteria, of die nu voorgesteld zijn door prof. Benford of door een ander, in het ontwerp te verwerken. Door mij is geen ontwerpstelsel vastgelegd en het moet dus mogelijk zijn in overleg met de reder bepaalde economische criteria te beschouwen tijdens het ontwerp.  
2. De ontwerpmethodiek zoals beschreven in de door Ir. Woortman genoemde publikatie heeft het bezwaar dat hier allerlei veronderstellingen gemaakt worden, die misschien niet waar zijn, bijv. dat het lichtste schip ook het voordeligste zal zijn en dergelijke meer.

Ik meen dat in mijn voordracht duidelijk naar voren is gebracht dat de hulp van een computer altijd welkom is, maar dat men deze hulp met overleg en voorzichtigheid moet gaan gebruiken.

*Ir. J. Posthumus:*

Wordt bij het voorontwerp ook rekening gehouden met praktijk-eisen, zoals stopweg, draaicirkel, seakindness?

*Antwoord:* Met de door Ir. Posthumus genoemde praktijk-eisen kan men altijd in het ontwerp rekening houden. Of één en ander reeds in het voorontwerp in rekening moet worden gebracht, hangt van het type en van de dienst van het schip in hoge mate af.

Iedereen zal trachten de stopweg en de draaicirkel zo klein mogelijk te houden en te streven naar seakindness.

*Ir. L. A. van Gunsteren:*

Hoe denkt U over de methode van affine transformatie (van een eenmaal gekozen scheepsvorm) in het bijzonder:

1. als vervanging van het in de lezing genoemde iteratieproces bij het voorontwerp;
2. als middel voor de stabiliteitscontrole (bijv. vergeleken met 2e methode Prohaska)?

*Antwoord:* Het gebruik van een methode van affine transformatie heeft altijd bijzondere aantrekkelijkheden. Het is een mooie omschrijving van het aloude recept: 'Kijk naar wat een ander al eens gedaan heeft'. Helaas is het echter meesttijds moeilijk een behoorlijke affine scheepsvorm te vinden.

Als die er echter is, is er niets op tegen de methode

van affine transformatie te gebruiken bij het voorontwerp en bij de stabiliteitscontrole.

*Ir. de Winter:*

Kan spreker een aanwijzing geven voor het berekenen van het gewicht van een romp, uitgaande van gelijkvormige vormwijziging van een bestaand schip?

In concreto: procentuele gewichtsverandering voor een bepaald procentuele *L*-wijziging.

*Antwoord:* Dergelijke aanwijzingen zijn onder andere te vinden in Shipbuilding and Shipping Record 1932, pagina 594. waarbij door variaties van lengte, breedte en holte procentuele gewichtsveranderingen worden aangegeven.

## IV. Het ontwerp van de machinale scheepshuishouding voor het snelle lijnvrachtschip, de tanker en de bulkcarrier.

door prof. ir. W. Vinke

**Summary:** *Some economical factors important for the design of ship and machinery of the fast dry cargo ship, the oil tanker and bulk carrier.*

The paper begins with a brief review of the important landmarks which have and have not occurred in the development of marine propulsion. Some economical factors important for the design of ship and machinery of the fast dry cargo ship, the oil tanker and bulk carrier are stated; some data on the necessary horse-power are given.

Sections follow on turbine machinery and diesel machinery. The importance of efficiency of cargo-handling is stressed. Brief remarks on the possible use of the gasturbine and the nuclear boiler are made.

The paper ends with some guidance as to the trends of changes which are influenced by this age of automation and emphasizes the importance of men who actually run the ship and ship machinery. A ship's council may be necessary to overcome the problems of the future.

### 1. De probleemstelling

#### *Inleidende opmerkingen*

Indien wij bij de behandeling van de machinale scheepshuishouding van het schip van morgen alleen over de technische toepassingen aan boord spreken, dan houdt dit een te grote beperking van onze gedachtenwereld in. De wijze waarop de problematiek rondom de machinale scheepshuishouding past in het algemeen-technische evolutiebeeld dat te land plaatsvindt, blijft dan buiten beschouwing. Deze inleidende opmerking is in de gedachtenwereld van het dienstverlenend scheepvaartbedrijf op zijn plaats, omdat bij veel zeevarende naties problemen actueel worden die in verwante deelgebieden te land reeds een oplossing gevonden hebben.

In historisch perspectief is de beperking tot de techniek aan boord evenmin aanvaardbaar. Wij kunnen de ontwikkeling van de machinale voortstuwing voor het schip van morgen in geen geval doorgronden zonder begrip van het dynamische karakter van deze ontwikkeling in het verleden en in het heden. Het waren immers de meer wetenschappelijke, kritische, exacte en kwantitatieve be-

naderingen, in de techniek te land voorbereid en daarna aan boord van het schip toegepast, die met name in de eeuw van de eerste industriële revolutie het schip en de scheepvaartwereld zo hebben beïnvloed. Gedurende dit beroerings- en veranderingsproces waren doortrekken en opnieuw accentueren van lijnen uit het verleden, het onderstrepen van de noodzaak van radicale hervormingen en het verzet tegen voorgestelde veranderingen alle te onderkennen.

#### *De intrede van de machine aan boord*

Het was de potentiële onafhankelijkheid van de menselijke spieren die aan de machinale voortstuwing het élan gaf. Nadat de stoomzuigermachine haar als het ware met één slag in de scheepvaartwereld had geïntroduceerd, vond een versnelde ontwikkeling van nieuwe voortstuwingsmethoden plaats. De geschiedenis is ons welbekend.

Het is een zoeken geweest naar nieuwe efficiënte energie-omzettingen en naar nieuwe energiebronnen. Een lange weg is reeds afgelegd sedert de invoering van de machinale voortstuwing. Het is een slechts ten dele bewuste evolutie geweest. Wij mogen de pioniers uit de tijd van onze grootvaders hierbij niet vergeten. Het waren tijden van sterke individualisten, vaak eenvoudige mensen, die met toewijding hun werk verrichtten. Zij streefden de nieuwe toekomst na zonder haar te kennen en legden daarbij de grondslag van hetgeen wij thans aan boord terugvinden.

Rond 1870-1880 werden zeer grote triple-expansiemachines gebouwd, voorbeelden van durf en technisch kunnen. De ketelcapaciteit was voldoende om het schip altijd in de vaart te houden, doch beschouwen wij het aantal vuurgangen, dan is menselijke spierkracht nog altijd een zeer belangrijke factor. Het waren de tijden dat in sommige gevallen de stoomdruk gedurende de eerste dag niet constant gehouden kon worden vanwege de drank van de vorige avond. Het brandstofverbruik per aspaardekrachtuur stond in hoog aanzien en onderstreepte de ver-