

ARCHIEF

Lab. v. Scheepsbouwkunde  
Technische Hogeschool  
Delft 1953

Dr Ir J. Balhan

**Enige beschouwingen over de  
hydrodynamische problemen  
van het schip**



---

UITGEVERIJ WALTMAN - HIPPOLYTUSBUURT 4 - DELFT

# Enige beschouwingen over de hydrodynamische problemen van het schip

REDE

UITGESPROKEN BIJ HET AANVAARDEN  
VAN HET AMBT VAN LECTOR IN DE  
SCHEEPSBOUWKUNDE AAN DE TECH-  
NISCHE HOGESCHOOL TE DELFT, OP  
DONDERDAG 8 OCTOBER 1953

DOOR

Dr Ir J. BALHAN



---

UITGEVERIJ WALTMAN - HIPPOLYTUSBUURT 4 - DELFT

*Mijne Heren Curatoren van deze Hogeschool,  
Mijne Heren Professoren,  
Dames en Heren Lectoren en Leden van de Wetenschappelijke staf,  
Dames en Heren Studenten en voorts Gij allen die door Uw tegenwoordigheid van Uw belangstelling blijk geeft,*

*Zeer gewaardeerde Toehoorders, Dames en Heren,*

Aangezien naast het vak stabiliteit dat mij werd opgedragen te doceren, mij sinds vorig jaar eveneens de leiding van het Laboratorium voor Scheepsbouwkunde werd toevertrouwd, zodat naast stabiliteit ook de weerstand en de voortstuwing van schepen mijn aandacht zullen vragen, heb ik als onderwerp van deze uiteenzetting gekozen: enige beschouwingen over de hydrodynamische problemen van het schip. Onder deze problemen ressorteert ook het sturen. Hoewel uit mijn betoog moge blijken, dat dit onderwerp zeker even belangrijk is als de anderen, wil ik het sturen niet in détails bespreken.

In de laatste jaren is er in de onderzoekingen welke zich bezighouden met de hydrodynamische problemen van het schip een verandering te bespeuren. Professor VAN LAMMEREN heeft in zijn inaugurele rede gezegd, dat de ontwikkeling van het modelonderzoek dynamisch is. Deze opmerking zou ik willen uitbreiden tot het onderzoek van het schip in al zijn hydrodynamische aspecten. Perioden van langzame vooruitgang worden afgewisseld met perioden van ontdekkingen en nieuwe toepassingen, waarbij oude wegen worden verlaten en nieuwe worden betreden.

De hydrodynamische problemen van het schip zijn onder te verdelen in:

1. Weerstand en voortstuwing.
2. Stabiliteit.
3. Sturen.

Deze drie problemen, welke uiteraard der zaak zeer gecompliceerd zijn, kunnen of onderzocht worden in vlak water, waarna vervolgens de overgang naar zeegang moet worden vastgesteld, of wel bovengenoemde problemen kan men direct in bewogen water bestuderen.

De weerstand en de voorstuwing heeft altijd in het brandpunt van de belangstelling gestaan, ook bij het modelonderzoek, wat zich dan hoofdzakelijk beperkte tot het onderzoek in vlak water.

Bij de berekening van de weerstand van een schip uit de weerstandsmeting aan het model, volgt men nog steeds de geniale, zij het dan niet volkomen exacte methode van WILLIAM FROUDE, die daarmee de grondlegger is van het scheepsmodelonderzoek. Men berekent nl. de wrijvingsweerstand van het model uit gegevens van weerstandsmetingen aan vlakke platen, zoals die voor het eerst door FROUDE en naderhand door andere onderzoekers zijn uitgevoerd. Door de totale gemeten modelweerstand te verminderen met de wrijvingsweerstand, vindt men de restweerstand van het model. Met behulp van de door FROUDE ontdekte modelwet, berekent men de restweerstand van het schip en telt hierbij de wrijvingsweerstand van het schip weer op. Deze laatste vindt men door extrapolatie van de zojuist genoemde weerstandsmetingen aan gladde platen.

Op deze wijze berekent men uit de modelproeven het vermogen, de zgn. tankpaardekrachten die nodig zijn om aan het hydraulisch gladde schip een bepaalde snelheid te geven. Het verschil tussen het berekende vermogen en het vermogen welke het schip moet ontwikkelen op de proeftocht of onder gemiddelde dienstomstandigheden, noemt men resp. de proeftocht- en de bedrijfstoelage. Dit verschil bevat drie elementen, te weten: schaaleffect, verschil in ruwheid tussen paraffine model en scheepshuid en invloed van wind en zeegang.

Indien wij ons voorlopig beperken tot de proeftochttoelage, waarbij dus de invloed van wind en zeegang buiten beschouwing blijven, dan zien wij, dat het in de laatste tijd voorgekomen is, dat deze toelage negatief werd, hetgeen dus aanduidt dat de wrijvingscoëfficiënten van FROUDE niet correct zijn.

Deze onbevredigende toestand maakt dat men geneigd is de methode van FROUDE meer en meer te verlaten. De oorzaak van deze onvolkomenheid is gelegen in de moeilijkheid om de dynamische gelijkvormigheid van de stroming langs het model en

het schip te verwezenlijken. De dynamische voorwaarden of modelwetten, die bij weerstands- en voortstuwingsproeven op modelschaal een gelijk getal van FROUDE en van REYNOLDS voor schip en model vereisen, kunnen niet tegelijkertijd verwezenlijkt worden. Bij bovengenoemde proeven voldoet men aan de wet van FROUDE, zodat een gelijkvormig golfsysteem met de werkelijkheid wordt verkregen, maar men moet dan dusdanig grote modellen kiezen, dat het getal van REYNOLDS voor het model een bepaalde drempelwaarde overschrijdt, tenzij men kunstmatig een turbulente stroming inleidt. Men blijft echter een verschil in getal van REYNOLDS bij schip en model behouden, zodat de wrijvingsverschijnselen bij het model en het schip niet gelijkvormig zullen zijn.

Dat het de laatste jaren hoe langer hoe meer voorkomt, dat negatieve proeftochttoeslagen gevonden worden, komt ten eerste door het feit dat de schepen steeds groter worden, zodat de extrapolatie van de wrijvingscoëfficiënten van FROUDE steeds groter moet worden en ten tweede door het feit dat de scheepshuid ten gevolge van het lassen gladder is geworden.

Résumerende is dus de stand van zaken als volgt: men meet de totale modelweerstand en trekt de wrijvingsweerstand hiervan af. De restweerstand van het model herleidt men tot de restweerstand van het schip en telt hierbij weer op de berekende wrijvingsweerstand van het schip. Zoals is uiteengezet, is de juistheid van de bepaling van de wrijvingsweerstand voor model en schip aan twijfel onderhevig.

Om in deze onbevredigende toestand verbetering te brengen, staan verschillende wegen open:

Eén van deze wegen is reeds door Professor VAN LAMMEREN in zijn inaugurele rede uitvoerig behandeld en berust in principe op het bestaan van de correlatie van proeftocht- en tankresultaten. In enkele sleeptanks, waaronder het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen, zijn of worden proeven uitgevoerd met een serie geometrisch gelijkvormige modellen, met de bedoeling de resultaten van deze proeven te extrapoleren op basis van de logaritmie van het getal van REYNOLDS en ze te vergelijken met de proeftocht- en bedrijfsuitkomsten van de schepen, die volgens deze modellen zijn of zullen worden gebouwd. Indien van de schepen alleen bedrijfsuitkomsten bekend zijn, moet hier eerst nog de invloed van

wind, zeegang en aangroeiing worden afgetrokken, om de proef-tochtconditie te verkrijgen, zoals nader wordt uiteengezet.

Een andere weg om een beter inzicht in de verdeling van de weerstandscomponenten te verkrijgen, is de laatste tijd mogelijk geworden door de theorie voor het berekenen van de golfweerstand toe te passen. Vergelijkingen van berekening en meting in het Laboratorium voor Scheepsbouwkunde te Delft hebben aangetoond dat behalve kwalitatief ook kwantitatief deze theoretische golfweerstands-berekening ruime perspectieven opent. Berekent men de golfweerstand en trekt men deze van de totale gemeten weerstand af, dan kan de aldus gevonden weerstandscomponent vergeleken worden met de wrijvingsweerstand, berekend volgens FROUDE of anderen. Voor het model levert deze methode geen praktische moeilijkheden op, doch het bepalen van de totale weerstand van het schip is zeer bezwaarlijk. Het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen wil echter trachten deze metingen aan een Victory schip te verwezenlijken.

Verder bestaat de mogelijkheid om aan het schip plaatselijk wrijvingsmetingen te verrichten, zoals dat reeds door KEMPF is gedaan.

Tenslotte is het ook mogelijk door middel van drukmetingen de restweerstand van het model te bepalen, terwijl het in principe mogelijk is de wrijvingsweerstand aan het model te meten met behulp van rekstrookjes.

Deze methoden zijn dus speciaal geschikt om de invloed van de scheepsvorm op de wrijvingscoëfficiënten te bepalen.

De theoretische berekening van de golfweerstand biedt, behalve de zojuist genoemde mogelijkheden nog ruimere perspectieven. De optimale vorm van schepen met een snelheidsgraad  $V/\sqrt{L}$  kleiner dan 1, is met behulp van uit tankproeven verkregen statistische gegevens zeer goed te bepalen, doch indien de snelheidsgraad groter is dan 1, kan een kleine verandering in de vorm van de waterlijnen een zeer grote invloed hebben op de weerstand, zodat voor dit snelheidsgebied een wiskundige bepaling van de optimale scheepsvorm de aangewezen weg zal zijn.

Van de in het begin van mijn voordracht genoemde hydrodynamische problemen van het schip, heeft het eerst genoemde onderwerp, de weerstand en de voortstuwing, tot op heden

de meeste aandacht getrokken, terwijl deze bovendien nog hoofdzakelijk gericht was op onderzoekingen in vlak water.

Wat is de reden dat vanaf de dag dat FROUDE zijn eerste model sleepte, tot op heden de hoofdaandacht gericht is op de weerstand en de voortstuwing in vlak water? Deze reden is een toevallige. Zoals DAVIDSON, directeur van de „Experimental Towing Tank” van het Stevens Institute of Technology in Amerika heeft opgemerkt, kwam FROUDE's werk op een strategisch moment in de historie; de lengte en de snelheid van de mechanisch voortbewogen schepen namen snel toe, waardoor de behoefte aan een betrouwbare schatting van het benodigde machinevermogen acuut werd. In de wedloop om aan deze behoefte te voldoen, kwamen de problemen in bewogen water op de achtergrond. De stand van zaken zoals deze zich eenmaal gevormd had, bleef lange tijd onveranderd.

Men kan echter niet beweren dat deze gedachtegang gebaseerd was op de mening, dat de weerstand en de voortstuwing in vlak water van allesoverheersend belang zouden zijn. FROUDE zelf zag de betrekkelijkheid van deze onderstelling, getuige zijn publicaties op het gebied van slingeren en stampen, onderwerpen welke duidelijk op de zeewaardigheid van het schip betrekking hebben.

Maar hoe de situatie in FROUDE's tijd ook was, men kan zeker niet beweren dat de studie van de drie genoemde problemen in bewogen water, met één woord: de studie van de zeewaardigheid, minder belangrijk is.

Wat is zeewaardig, wat verstaat men onder een zeewaardig schip of zoals de Engelsen zeggen „a seakindly ship”? KENT geeft hiervoor een zeer duidelijke omschrijving, welke Professor BONEBAKKER in de laatste diërede naar voren bracht. Het lijkt mij nuttig deze omschrijving hier te herhalen.

„Een goed zeeschip loopt bij ruw weer over de golven, zonder stortzeeën aan dek te krijgen en heeft nauwelijks last van buiswater. Er is maar weinig bijsturen nodig om goed koers te houden, onverschillig de richting, waaruit wind en golven komen. Het schip reageert onmiddellijk op kleine roerhoeken en behoudt een redelijke snelheid zonder op de golven te slaan en zonder grote fluctuaties in het aantal omwentelingen van de schroef.

Het verkeer langs open dekken blijft veilig, ook bij zwaar weer, zonder gevaar of ongemak voor de opvarenden. De bewegingen

van het schip – slingeren, stampen, gieren, dompen, schrikken en zijdelings verzetten – blijven rustig, zonder rukken en schokken. Hierbij moet echter vooropgesteld worden, dat gezagvoerder en bemanning deskundig met het schip weten om te gaan. Dat vereist zeemanschap.”

De genoemde bewegingen kunnen we als volgt omschrijven:

- slingeren: oscillatie om een langscheepse as;
- stampen: oscillatie om een dwarscheepse as,
- gieren: oscillatie om een verticale as;
- dompen: verticaal op- en neergaande beweging van het zwaartepunt van het schip;
- verzetten: het zijdelings verplaatsen van het zwaartepunt van het schip;
- schrikken: fluctuaties in de richting van de scheepssnelheid.

Deze bewegingen worden veroorzaakt door wind en zeegang en de aard van deze bewegingen stempelen het schip tot een goed of een slecht zeeschip. Het schip dat in de modeltank en bij mooi weer op de gemeten mijl prachtige resultaten geeft, kan een slecht zeeschip zijn. Bovendien, wanneer golven van normale afmetingen weerstandsverhogingen van 65% veroorzaken, is het de vraag, of een kleine verbetering van de weerstand in vlak water, een overeenkomstige verbetering in zeegang oplevert.

Het is daarom van het allergrootste belang, indien men een goed zeeschip wil verkrijgen, dat men aan alle hydrodynamische problemen aandacht besteedt. Deze onderzoeken mogen zich in eerste instantie tot vlak water beperken, doch dienen aangevuld te worden met onderzoeken naar de invloed van de zeegang.

De studie van de weerstand en de voortstuwing in zeegang is op verschillende manieren aan te pakken:

1. Empirisch, door middel van statistische bewerking van waarnemingsuitkomsten aan boord van schepen;
2. Mathematisch;
3. Experimenteel, door middel van modelonderzoek in kunstmatig opgewekte zeegang.

De eerste methode zal onze kennis van het hoe en waarom van de scheepsbeweging, met de daarbij optredende krachten niet verdiepen. Doch gezien de buitengewone gecompliceerdheid



van het probleem, zal deze methode ons snel gegevens verschaffen over de vermogenstoename in zeegang.

Deze methode, welke dus de invloed van wind en zeegang op de weerstand en de voortstuwing nagaat, wordt reeds met gunstig resultaat, toegepast door Professor BONEBAKKER en ir GERRITSMAN.

Wanneer men bedrijfsgegevens verzamelt, onder voldoende uiteenlopende omstandigheden van wind en zeegang, kan men door extrapolatie het vermogen vinden, dat nodig zou zijn om het schip een overeenkomstige snelheid te geven onder ideale omstandigheden, dat wil zeggen onder tankcondities.

De bedrijfsgegevens die verzameld moeten worden zijn: machinevermogen, aantal omwentelingen van de schroefas en de snelheid van het schip ten opzichte van het water. Een ieder die wel eens met metingen aan boord van schepen te maken heeft gehad, weet welke grote praktische moeilijkheden er zijn om de scheepssnelheid en het koppel in de schroefas voldoende nauwkeurig te bepalen.

De prestaties van een schip op zee zijn van een groot aantal variabelen afhankelijk. Het vermogen dat nodig is om een zekere snelheid te behalen hangt bijvoorbeeld af van:

1. De mate van de ruwheid van het scheepsoppervlak door aangroeiing;
2. De toestand van de zee;
3. De windkracht;
4. De richting van wind en golven ten opzichte van de koers van het schip;
5. De waterverplaatsing en de trim;
6. De weerstand veroorzaakt door het sturen.

Sommige van de variabelen zijn heel moeilijk in een getal uit te drukken. Neeft men bijvoorbeeld de golfhoogte; deze hangt voor een groot deel van de windkracht af, maar natuurlijk kunnen verschillende golfhoogten bij een constante windsnelheid worden verwacht. Een naburig stormcentrum kan een aandeel leveren in de zeegang, terwijl het verder van belang is, hoe lang een bepaalde constante windkracht de golven heeft opgewekt. Echter blijkt de gemiddelde golfhoogte bij een constante windkracht een meer stabiel karakter te hebben, indien dit gemiddelde bepaald wordt uit een aantal waarnemingen, zodat men in vele

gevallen de windkracht kan gebruiken als beschrijving van de toestand van de zee.

Het is duidelijk dat, indien men het beschikbare materiaal gaat onderverdelen, om elk van de variabelen op hun merites te kunnen onderzoeken, het aantal gegevens tamelijk groot moet zijn. Nu is het over het algemeen lastig om voldoende informatie omtrent het vermogen te verkrijgen, zelfs indien het schip permanent met een torsiemeter is uitgerust.

Het is gelukt een methode te ontwikkelen, waarbij de schroef als dynamometer wordt opgevat. Met deze methode kan men het vermogen redelijk nauwkeurig schatten, indien de snelheid van het schip en het toerental van de schroef bekend zijn. Uit vele analyses blijkt, dat zelfs een geringe golfhoogte een aanmerkelijke vermogenstoename kan veroorzaken. Ook de richting van wind en golven blijkt zeer belangrijk te zijn.

Uiteindelijk zal gezocht moeten worden naar een correlatie met modelproeven in bewogen water, zodat wanneer een model in kunstmatige golven slechte eigenschappen vertoont, dit ook met het overeenkomstige schip in zeegang het geval zal zijn. Een vergelijking van verschillende scheepstypen zal de mogelijkheid scheppen, om uit te maken wat de invloed van de scheepsvorm is.

De beschreven methode komt dus in principe hierop neer, dat na de bepaling van de weerstand en de voorstuwing in vlak water, de invloed van wind en zeegang wordt nagegaan. Bij deze methode blijft de beweging van het schip buiten beschouwing.

De tweede weg, de mathematische, kan ons misschien een dieper inzicht verlenen in de optredende bewegingen van het schip.

Een van de eerste en belangrijkste opgaven in het probleem van de zeewaardigheid is het bepalen van de bewegingsvergelijkingen van het schip. Wil men de werkelijkheid echter niet te veel vereenvoudigen, dan is het duidelijk dat een mathematische behandeling van deze vergelijkingen verre van eenvoudig is.

Om enigszins een oordeel te kunnen vormen over de mogelijkheden, is het nuttig om de geschiedenis van de ontwikkeling van de theorie van de scheepsbeweging in het kort te schetsen.

WILLIAM FROUDE was de eerste die in 1862 een theorie ontwikkelde voor het slingeren van schepen in golven. Hij ging uit

van de onderstelling dat de afmetingen van het schip klein zijn in vergelijking met de golflengte en dat het gewichtszwaartepunt van het schip eenzelfde cirkel beschrijft als een vloeistofdeeltje dat zich daar zou bevinden. Inderdaad is deze onderstelling gerechtvaardigd, indien men alleen het slingeren in ogen-schouw neemt, aangezien de breedte van een schip kleiner is dan de golflengte.

Indien men echter beschouwingen wil houden over scheepsbewegingen waarbij de lengteafmetingen van het schip van invloed zijn, dus wanneer men stamp- en dompbewegingen wil onderzoeken, dan is de aanname van FROUDE niet meer gerechtvaardigd, aangezien de lengteafmetingen van het schip van dezelfde orde van grootte zijn als de golflengten.

In 1896 ontwikkelde KRYLOV een theorie voor stamp- en dompbewegingen, waarbij wel de lengteafmetingen van het schip in rekening worden gebracht. Hij gaat nl. uit van de onderstelling dat elk punt van het schip in de golven een druk ondervindt, welke gelijk is aan de druk in een overeenkomstig punt van de golven in afwezigheid van het schip. Of met andere woorden, hydrodynamische effecten worden verwaarloosd ten opzichte van hydrostatische effecten. Deze aanname maakt het mogelijk de krachten te bepalen die op het schip werken, zij het evenwel nog benaderend.

Evenals FROUDE is ook KRYLOV uitgegaan van de onderstelling dat de aanwezigheid van het schip de oorspronkelijke drukverdeling in de golven niet beïnvloedt, waarmee dus het probleem als quasi-statisch is beschouwd. Deze aannamen zijn in de literatuur bekend als de zg. FROUDE-KRYLOV hypothesen, waarvan de meeste onderzoekers uitgaan.

In een vrij recente studie (1946) leidt HASKIND echter in zeer algemene zin een theorie of voor de bewegingen van een schip. De opzet van deze theorie laat 6 graden van vrijheid toe, doch bij de uitwerking wordt door HASKIND alleen de stamp- en dompbeweging beschouwd, aangezien op de weerstandstoename in zeevang de slingerbeweging waarschijnlijk geen grote invloed heeft. Deze bewegingen worden ondersteld harmonisch te zijn.

De krachten welke uiteindelijk in de bewegingsvergelijking optreden zijn: traagheidskrachten, dempende krachten, herstellende krachten en opwekkende krachten. De traagheidskrachten zijn rechtevenredig met de versnelling en zijn naast de eigen

massa van het schip ook afhankelijk van een toegevoegde massa. FROUDE was de eerste die zich het begrip van een schijnbare vergroting van de scheepsmassa realiseerde. Ofschoon LAMB de theoretische grond verschafte voor de berekening van de toegevoegde massa, duurde het een halve eeuw voor LEWIS en LOCKWOOD TAYLOR deze theorie toepasten op schepstrillingen met hoge frequentie. Uit de berekening van HASKIND voor lage frequenties, volgt dat deze toegevoegde massa hoofdzakelijk van de lengte en de richting van de aankomende golven en de snelheid van het schip afhangt.

In een numerieke uitwerking berekent HASKIND de dempende krachten. Deze krachten zijn een gevolg van het opwekken van golven door het schip, hetgeen natuurlijk energie kost. Het blijkt dat de dempende krachten evenredig zijn met het kwadraat van het waterlijn oppervlak, verder veroorzaken V-spanten een grotere dempende werking dan U-spanten. Uit de berekening van HASKIND blijkt verder dat de demping kleiner wordt bij toenemende scheepssnelheid, hetgeen een beperking van de scheepssnelheid kan betekenen wanneer het schip tegen de golven invaart. Opgemerkt moet echter worden, dat uit de weinige experimenten die gedaan zijn, er geen enkele afhankelijkheid tussen demping en scheepssnelheid gebleken is, hoewel deze experimenten niet beslissend zijn vanwege het beperkte snelheidsgebied waarin ze zijn uitgevoerd en hun onnauwkeurigheid. Uit de berekening volgt eveneens dat de visceuze demping van de stamp- en dompbewegingen te verwaarlozen is in vergelijking met de demping welke veroorzaakt wordt door het uitzenden van golfenergie. Voor de slingerbeweging is de visceuze demping echter wel belangrijk, vandaar dat deze beweging niet volledig mathematisch te bestuderen is.

Deze studie van HASKIND vormt een van de laatste belangrijke stappen op de lange weg van de mathematische behandeling van de zeewaardigheid. Onder leiding van Professor TIMMAN wordt door enkele medewerkers van het Laboratorium voor Scheepsbouwkunde naar een verdere mathematische behandeling gezocht. Deze samenwerking opent ruime perspectieven. Doch evenals de weerstand van een schip niet lineair toeneemt met de snelheid, zo nemen de moeilijkheden in de mathematische behandeling des te meer toe, naarmate minder vereenvoudigingen worden ingevoerd, zodat het zeer moeilijk, zo niet on-

mogelijk is, een voorspelling te doen over resultaat en tijd waarin dit bereikt wordt.

Tenslotte wordt de methode van het experimentele onderzoek, door middel van modelproeven in kunstmatig opgewekte zee-gang, op het ogenblik in Nederland niet toegepast. De sleep-tank van het nieuwe Laboratorium voor Scheepsbouwkunde zal echter van een golfopwekker worden voorzien, waarmee golven van verschillende lengte en hoogte kunnen worden opgewekt.

Zoals zojuist is uiteengezet wordt de mathematische behandeling zeer bemoeilijkt door het grote aantal variabelen, zodat noodgedwongen vereenvoudigde aannamen gemaakt moeten worden, welke maken dat de resultaten niet meer met de werkelijkheid overeenstemmen. Alleen het modelonderzoek is ook niet voldoende. Wil men daarom met enige kans op succes verder werken, dan is het gewenst dat het theoretisch onderzoek hand in hand met het modelonderzoek gaat. Zal aan de ene kant een goede kennis van de mathematische behandeling ons in staat stellen verantwoorde experimenten te volbrengen, aan de andere kant zal het experiment ons verder helpen op de weg van de mathematische behandeling.

Er zijn verschillende methoden voor modelonderzoek in kunstmatig opgewekte zee-gang, te weten:

1. De methode van constante snelheid, waarbij het model in langsscheepse richting wordt vastgehouden door een dynamometer, welke de weerstandstoename meet;
2. De methode van constante stuwkracht, waarbij het model zich vrij in langsscheepse richting kan bewegen;
3. De zg. voortstuwingsproef, waarbij zowel de snelheid als de stuwkracht zich zelf instelt.

De eerste methode wordt het meeste toegepast, aangezien deze het gemakkelijkst is uit te voeren. De tweede is echter beter, aangezien ook in werkelijkheid het schip snelheid verliest. Deze methode is het best uit te voeren, door het model voort te trekken met een vallend gewicht. Doch de laatste methode komt het meest met de werkelijkheid overeen.

Over de stabiliteit in vlak water kan ik in dit verband kort zijn. De statische behandeling van dit probleem biedt theoretisch

geen grote moeilijkheden; het is in feite een geometrisch probleem, waarvoor verscheidene onderzoekers een rekenproces hebben ontwikkeld. In het Laboratorium voor Scheepsbouwkunde is een onderzoek gaande naar de nauwkeurigheid van deze rekenmethoden.

Bij de studie van de stabiliteit van schepen in bewogen water komt naast de gecompliceerdheid van het probleem zelf, nog de moeilijkheid van het stellen van stabiliteitscriteria. Bij de weerstand en de voortstuwing van een schip, ook in zeegang, is het criterium: minimale weerstand en maximaal rendement van de voortstuwing. Doch bij stabiliteit in zeegang ligt de zaak niet zo eenvoudig. Dit ziet men direct, wanneer men voor een bepaald schip wil bepalen welke stabiliteit uit een oogpunt van veiligheid vereist wordt, of welke stabiliteit met betrekking tot de bewegingen van het schip gewenst is. De pogingen om ongevallen op zee ten gevolge van onvoldoende stabiliteit, aan de hand van statische stabiliteitscriteria te verklaren, bezitten dikwijls niet de nodige bewijskracht, aangezien de eisen die aan de stabiliteit in zeegang gesteld worden, nog niet duidelijk geformuleerd kunnen worden.

In verband met deze moeilijkheid heeft men naar een grootte gezocht, welke in het ontwerpstadium een maatstaf kan zijn voor de stabiliteit. Deze grootte, de zg. MG-waarde, is de afstand tussen het gewichtszwaartepunt  $G$  en het aanvangsmetacentrum  $M$ . Daar deze MG-waarden verkregen worden uit statische berekeningen en de invloed van wind en zeegang moeilijk is vast te stellen, vertonen de in de literatuur opgegeven MG-waarden, zelfs voor eenzelfde scheepstype onderling zeer grote afwijkingen, temeer daar de persoonlijke opvatting van de ontwerper hierbij een belangrijke rol speelt. Toch zal bij een gegeven scheepstype, waarbij de vorm en de gewichtsverdeling ongeveer vastliggen, de juiste MG-waarde slechts binnen zekere grenzen variëren.

Wenst men aan de ene kant te komen tot een minimum MG-waarde in verband met de veiligheid van het schip, aan de andere kant wenst men ook niet te grote MG-waarden, in verband met een mogelijke „wreedheid” van het schip.

Het onderzoek naar minimum en maximum MG-waarden is ook in Delft ter hand genomen onder leiding van Professor

BONEBAKKER en zal door mij in verband met mijn toekomstige functie worden voortgezet.

Om dit probleem aan te vatten, staan wederom drie wegen open: 1. mathematisch; 2. experimenteel, door middel van modelonderzoek; 3. empirisch, door middel van statistische bewerking van waarnemingsuitkomsten aan boord van schepen op zee.

Bij de behandeling van de langsscheepse bewegingen van het schip is reeds opgemerkt dat bij de dwarsscheepse beweging slingeren, de visceuze demping niet meer verwaarloosd kan worden, waardoor de studie van het slingeren moeilijk theoretisch toegankelijk is. Vandaar dat alle studies over de slingerbeweging gebruik maken van experimenteel bepaalde dempingscoëfficiënten. Bovendien zal bij slingeren de amplitude vele malen groter kunnen worden dan bij stampen, zodat het niet meer geoorloofd is de beweging te lineariseren.

Combinatie van de twee eerste methoden, mathematisch en experimenteel, biedt zeer goede mogelijkheden om het probleem van het slingeren te benaderen. Een belangrijk experiment bv. om alle dempende krachten te meten is de gedwongen slingerbeweging in vlak water, waarbij de opwekkende krachten worden bewerkstelligd door een oscillator.

De laatste methode, om langs empirische weg, door middel van statistische bewerking van waarnemingsuitkomsten, te komen tot een onder- en bovengrens van MG-waarden is, zoals reeds gezegd, een programmapunt van de Sub-Afdeling Scheepsbouwkunde, in opdracht van het Studiecentrum T.N.O. voor Scheepsbouw en Navigatie.

Het bepalen van een ondergrens van MG-waarden, betekent een statistische bewerking van gegevens die men verkrijgt van schepen die tengevolge van onvoldoende stabiliteit vergaan. Aangezien deze gegevens gelukkig weinig ter beschikking zullen komen, zal deze methode niet snel tot een resultaat voeren.

Sneller resultaat zal waarschijnlijk een onderzoek naar de bovengrens van MG-waarden opleveren. Deze bovengrens wordt, zoals reeds terloops opgemerkt, bepaald door een te grote „wreedheid” van het schip, met het daarmee gepaard gaande ongerief voor passagiers en bemanning (zeeziekte). Bij kleine slingerhoeken is nl. de slingertijd omgekeerd evenredig met de wortel uit MG, dus hoe groter de MG-waarde, hoe kleiner de slingertijd, hoe groter de „wreedheid” is.

Men kan zich echter afvragen of het onderzoek naar een bovengrens zin heeft, indien dat naar een ondergrens zeer langdurig is. Als antwoord kan men de volgende overweging laten gelden. In het ontwerpstadium is men dikwijls nog zeer vrij in de keuze van de MG-waarde. Aangezien er geen eenduidige mening is over een onder- en bovengrens, kiest men zo goed mogelijk een middenwaarde aan de hand van gegevens van bestaande schepen, terwijl men bij betere gegevens omtrent de bovengrens voor elke scheepstype een hogere MG-waarde had kunnen kiezen, hetgeen de veiligheid verhoogt. Hierbij komt nog dat men, vooral na de laatste wereldoorlog, waarin veel schepen vergaan zijn, van Amerikaanse zijde veelal van oordeel is dat uit oogpunt van lekstabiliteit de in de literatuur opgegeven minimum MG-waarden te laag zijn, terwijl men tevens van oordeel is dat de maximum MG-waarden hoger gekozen kunnen worden. Bovendien meent men dat de wreedheid van een schip, met het daarmee gepaard gaande gevaar en ongerief voor de opvarenden, niet alleen een gevolg is van een te snelle slingerbeweging, doch ook afhankelijk is van de andere bewegingen welke het schip in zee gang maakt.

Het is daarom wenselijk, dat men behalve over de gegevens welke men nodig heeft bij het reeds genoemde statistische onderzoek naar de invloed van wind en zee gang op de weerstandstoename, de beschikking krijgt over gegevens van de lineaire versnellingen in drie onderling loodrechte richtingen. Deze versnellingen worden nl. als oorzaak beschouwd voor het optreden van zeeziekte. Vervolgens moet getracht worden een correlatie te vinden tussen deze grootheden en het ongerief voor de opvarenden. Ook hier is het weer noodzakelijk dat men de beschikking krijgt over veel gegevens. Doch alvorens men met dit onderzoek op meerdere schepen begint, is het gewenst dat op één schip uitgebreide metingen als bovenbedoeld worden uitgevoerd, ten einde een doeltreffende methode op te stellen voor het rubriceren van de gegevens.



*Zeer gewaardeerde Toehoorders,*

Bij de aanvaarding van mijn ambt möge ik in de eerste plaats mijn eerbiedige dank betuigen aan Hare Majesteit de Koningin, die mij heeft willen benoemen tot lector aan de Technische Hogeschool.

*Edelgrootachtbare Heren Curatoren,*

Voor Uw medewerking bij mijn benoeming ben ik U zeer dankbaar. Ik kan U de verzekering geven, dat ik mijn beste krachten zal wijden aan de taak, waarvoor ik aan de Technische Hogeschool gesteld ben en dat ik steeds, met alle mij ten dienste staande middelen er naar zal streven het in mij gestelde vertrouwen waardig te tonen.

*Mijne Heren Hoogleraren en Lectoren van de Afdeling Scheeps- en Vliegtuigbouwkunde,*

Voor Uw aanbeveling ben ik U zeer erkentelijk. De vriendelijke houding en grote steun welke in in het verleden, zowel in mijn studententijd als ook daarna, van U heb ondervonden, geeft mij de zekerheid dat ik ook in de toekomst zal kunnen rekenen op Uw steun en voorlichting, welke ik zeker nodig zal hebben.

De taak van de opleiding van Scheepsbouwkundige Ingenieurs rust op Uw Afdeling en ik beschouw het als een eer aan deze opleiding te mogen medewerken.

*Hooggeachte Professoren van de Sub-Afdeling Scheepsbouwkunde,*

Het is mij een voorrecht met U Professor BONEBAKKER en Professor JAEGER te mogen samenwerken. Gedurende het afgelopen jaar, was ik met de leiding van het Laboratorium voor Scheepsbouwkunde belast, waarbij ik de gelegenheid had om te constateren van hoeveel nut het contact met U voor mij is geweest.

U heeft mij geleerd dat naast alle werk de menselijke factor de

belangrijkste is. Dit geeft mij de steun welke ik nodig heb, om naast het werk in het Laboratorium voor Scheepsbouwkunde mijn taak als docent naar behoren te vervullen, tot heil van het onderwijs en het wetenschappelijke werk aan de Technische Hogeschool.

Dat deze samenwerking zich ook uitstrekt tot U, Professor VAN WIJNGAARDEN, die nog mijn leermeester is geweest, is voor mij een grote vreugde.

*Hooggeachte Professor VAN LAMMEREN,*

In Uw inaugurele rede op 3 December van het vorig jaar hebt Gij enige vriendelijke woorden willen richten tot Uw conservator, die thans van deze gelegenheid gaarne gebruik maakt om U daarvoor te bedanken. Dat ik dit vanaf deze plaats mag doen, stemt mij tot grote vreugde. Ik ben mij er echter van bewust dat ik dit voor een groot deel aan U te danken heb. Vanaf mijn afstuderen mocht ik tot Uw medewerkers behoren, eerst in Uw functie als onder-directeur en leider van de afdeling wetenschappelijk onderzoek van het Scheepsbouwkundig Proefstation, later in Uw functie van directeur.

Onder Uw stuwende leiding mocht ik de kennis en ervaring opdoen, die mij thans zo van pas komt bij de bouw van ons nieuwe laboratorium.

In deze tijd heb ik veel van U geleerd en waarlijk niet alleen op scheepsbouwkundig gebied. Het is daarom een grote vreugde voor mij, dat deze samenwerking wederom voortgezet kan worden.

*Hooggeachte Professor TIMMAN,*

Het doet mij bijzonder veel genoegen thans in het openbaar blijk te kunnen geven van mijn gevoelens van hoogachting en dankbaarheid jegens U. Reeds in mijn Wageningse tijd had ik het genoegen veelvuldig met U in contact te komen en het was een grote vreugde U hier in Delft weer te mogen ontmoeten. Deze ontmoeting is uitgegroeid tot een colloquium, waarin enkele hydrodynamische problemen in de scheepsbouwkunde worden behandeld.

Het is niet mogelijk in een maat uit te drukken hoe vruchtbaar

dit contact voor mij is geweest en nog steeds is en hoeveel ik van Uw uitgebreide kennis en ervaring mocht profiteren; maar het meest heb ik in deze verhouding de vriendschappelijke toon gewaardeerd.

*Zeer geachte Toehoorders,*

Het vertrek van Professor TROOST naar Amerika heeft bij ons allen destijds een gevoel van leegte achtergelaten. De wetenschap echter dat hij nog steeds zeer geïnteresseerd is in het wel en wee van al zijn medewerkers stemt tot grote dankbaarheid. Ik dank hem vanaf deze plaats voor alles wat hij in de loop der jaren voor mij heeft gedaan.

*Hooggeachte Heer ARKENBOUT SCHOKKER,*

Bij Uw afscheid van deze Hogeschool is reeds vanaf deze plaats over Uw persoon gesproken, hetwelk ik niet bij machte ben te verbeteren. Toch is het mij een behoefte om U te verklaren, dat ik U meer dank verschuldigd ben, dan ik hier tot uitdrukking kan brengen. Gij waart mijn leermeester, ten dele mijn voorganger en steeds mijn lichtend voorbeeld. Moge ik volstaan met te verklaren dat ik alles zal doen wat in mijn vermogen ligt, een waardig oud-leerling te zijn.

*Heren Assistenten en Technische Staf van de Sub-Afdeling Scheepsbouwkunde,*

In het afgelopen jaar is de verhouding met alle medewerkers zowel op wetenschappelijk, technisch en administratief gebied, zeer prettig geweest, waaruit ik de hoop koester, dat dit in de komende jaren zo mag blijven.

*Mijne Heren Studenten in de Scheepsbouwkunde,*

Het zij mij vergund U op twee punten te wijzen.

Ten eerste: De opleiding tot Scheepsbouwkundig Ingenieur wordt steeds wetenschappelijker. De scheepsbouwkunde biedt zoveel aspecten, dat deze niet meer door één persoon beheerst kunnen worden. Tijdens Uw studie zullen velen van U dit zeker niet toejuichen, doch bij de voortschrijding der techniek is deze

ontwikkeling, ook op het gebied der scheepsbouwkunde onvermijdelijk. Voor een bloeiende scheepsbouwindustrie is het noodzakelijk dat deze kan beschikken over bekwame en enthousiaste jonge mensen met een gedegen hogere technische opleiding.

Het tweede punt betreft het volgende: Misschien zult U in de loop der jaren in mijn colleges een zekere ontwikkeling bespeuren, maar deze zal zeker van Uw medewerking afhangen. Immers bij een vrije gedachtenwisseling zal de gelegenheid geschapen worden voor een critische beschouwing van de door mij gedoeerde stof, ten voordele van U en mij.

Ik heb gezegd.