

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

SKIBES STABILITET

AF

J. BRUHN

0 629.120.7 91

Sk 6.

15

11/80

SKIBES STABILITET

AF

J. BRUHN, D. Sc.
DIREKTØR I DET NORSKE VERITAS

TEKNISK BIBLIOTEK
Danmarks tekniske Højskole

CHRISTIANIA
NORGES HANDELS OG SJØFARTSTIDENDE'S KARTAVDELING
1917.

NORGES HANDELS OG SJØFARTSTIDENDE'S BOKTRYKKERI

FORORD.

Spørgsmaalet om Skibes Stabilitet bliver ofte seet paa som en Sag, der væsentlig kun vedrører Skibsingeniører. Langt den vigtigste Side af Spørgsmaalet er imidlertid den, der direkte berører Sikkerheden af Passagerer og Gods under Transport paa Sjøen, og i denne Forbindelse vedrører Sagen næsten udelukkende Skibsførerne. De Faktorer og de Omstændigheder, der er afgjørende med Hensyn til, om et Skib har eller ikke har tilstrækkelig Stabilitet, er helt undergivne Førerens Kontrol fra det Øieblik, Skibet er færdigbygget. Sikkerheden mod Kantring er derfor under hele Skibets Levetid afhængig af hans Afgjørelser og det bliver i langt større Grad hans end Skibsingeniørens Kjendskab til Spørgsmaalet, som skal forhindre Uheld. Den sidstes Befatning med Sagen er nærmest endt, naar han har bygget et Skib, som paa en eller anden hensigtsmæssig Maade kan gjøres stabilt. Skal man opnaa den størst mulige Sikkerhed mod Ulykker ved Kantring, saa bør man derfor sørge for, at de, der har Befatning med Skibene, naar de er færdigbyggede, og med deres Lastning og Ballasting i størst mulig Udstrækning har Kjendskab til Spørgsmaalet.

De fleste Bøger, der behandler Skibes Stabilitet, er beregnet paa Ingeniører, og de behandler Spørgsmaalet ud fra deres Synspunkt. De er derfor ikke særlig egnede som Veiledning for de, der ikke er Teknikere. Nærværende lille Bog har jeg af den Grund tænkt mulig kan være til Nytte for endel af de mange, der har Befatning med Skibe og deres Lastning, og af den Grund kunde ønske Kjendskab til Spørgsmaalet om Skibes Stabilitet uden derfor at behøve at studere theoretisk Skibsbygning. At et mere udbredt Kjendskab til Spørgsmaalet kan være ønskelig har jeg

III

blandt andet faaet Opfatningen af ved endel Undersøgelser, jeg fra Tid til anden har maattet foretage eller deltage i som for Exempel en Undersøgelse for den argentinske Regjering angaaende Krydseren «Buenos Aires», der under Prøveturen krængede saa voldsomt, at der opstod Tvil med Hensyn til dens Stabilitet, og en Undersøgelse for den belgiske Regjering angaaende Stabiliteten af Kadetseilskibet „Comte de Smet de Naeyer”, som først kantrode medens det laa ved Byggernes Værksted ved at visse Ballasttanker blev fyldt med Vand, og dernæst sank med stort Tab af Mennekeliv den første Dag, det var i Sjøen ved, at Lasterummene paa Grund af manglende Kjendskab til Skibets Rørsystem blev fyldt med Vand.

Som bekjendt sørger Klassifikationsinstitutionerne for, at et Skib har tilstrækkelig Styrke og det Offentlige i de fleste maritime Lande som oftest for, at Fribordet er tilstrækkelig stort. Det er — i tilsyneladende Analogi hermed — ofte blevet foreslaaet, at enten Klassifikationsinstitutionerne eller det Offentlige ogsaa skulde sørge for, at Skibene havde tilstrækkelig Stabilitet. Sidst blev dette Spørgsmaal bragt op ved den internationale Konferance i London i 1913 angaaende Sikkerhed paa Sjøen. Det blev da meget rigtigt afslaaet overhovedet at behandle Spørgsmaalet med den Motivering, at det i Praksis var umuligt at bestemme, hvor megen Stabilitet et Skib burde have for under alle Omstændigheder at være sikker mod Kantring. Det ligger i Sagens Natur, at Klassifikationsinstitutionerne og det Offentlige intet direkte nyttigt kan gjøre angaaende Skibenes Stabilitet. Styrke og Fribord er begge af den Art, at jo mere man har af dem des bedre fra et Sikkerhedssynspunkt. Man kan derfor fastsætte og har fastsat Regler, der foreskriver, hvad man erfaringsmæssig har fundet i denne Henseende er tilstrækkelig, og disse Regler er af en saadan Art, at man let kan kontrollere, at hvad der er forlangt af Styrke og Fribord, ogsaa er tilstede. Med Stabiliteten er det anderledes, da det kan være ligesaa farligt at faa for meget som for lidt af denne, og det er derfor yderst vanskeligt for ikke at sige umuligt i Praksis at bestemme, hvad der i det givne

Tilfælde er for lidet og hvad for meget, men hertil kommer at det ogsaa i Praksis er helt ugjærligt at kontrollere, at Skibet virkelig er i Besiddelse af den foreskrevne Stabilitet, idet denne ikke som Materialdimensioner og Fribord er noget bestemt, der let kan direkte eftersees og maales. For at kontrollere, at Skibenes Stabilitet laa indenfor visse fastsatte Grænser vilde det være nødvendigt stadig at have en Mand ombord i ethvert Skib, der saa ofte det var paa krævet kunde foretage en Krængningsprøve til Bestemmelse af Stabilitetens Størrelse. En Øgning af Sikkerheden mod Kantring kan saaledes ikke opnaaes ved paabudte Forskrifter, men alene ved øget Kundskab og Ansvarsfølelse hos Skibets Vedkommende.

Naar den almindelige Stabilitetsfremstilling med *Deplacementscenter*, *Metacenter* etc. har faaet den Form, den har, skyldes det i stor Udstrækning, at man i England har modtaget den fra franske Mathematikere som Euler og andre, der saa paa Spørgsmaalet fra et rent videnskabeligt Synspunkt. For en Skibssingeniør er det selvfølgelig nyttigt og instruktivt at have Kjendskab til alle de elegante stereometriske Problem, der kan opstaa i Forbindelse med et Skibs Stabilitet, til *metacentric Involutes* og *Evolutes*, til *Isovals* og *Isoclines* etc., men for mange endog af de Ingeniører, der har Befatning med Skibe, om ikke direkte med Konstruktionen, viser det sig, at de mere indviklede matematiske Kundskaber let kan foraarsage, at de elementære fysiske Principer, der er bestemmende for Stabiliteten, tabes af Syne. Jeg har derfor ogsaa tildels tidligere i omtrent samme Form benyttet den anvendte Fremstillingsmethode ved en række Forelæsninger for Skibssingeniører over theoretisk Skibsbygning ved University College, London, og fundet den hensigtsmæssig. I Virkeligheden er Kjendskab til og Erne til fra en Linjetegning at beregne Metacenterhøiden og Stabilitetskurver af tvivlsom Værdi for de, der skal have Befatning med et Skibs Stabilitet, naar Fartøiet er færdigbygget. Hvad der da er af Betydning er, at Vedkommende har fuld Oversigt over alle de Faktorer, der er bestemmende for eller kan have Indflydelse paa Stabilitetens Størrelse. Til

at foretage indgaaende Beregninger bliver der dog i Almindelighed ikke Tid, i det Øieblik en Bestemmelse skal træffes. Derimod vil der i ethvert Tilfælde som Regel kunne foretages en mere eller mindre nøiagtig Stivhedsbestemmelse, der i forbindelse med de forøvrigt foreliggende Omstændigheder i saagodtsom alle Tilfælde vil være indgaaende nok til, at en Bestemmelse angaaende Stabilitetens Tilstrækkelighed kan træffes.

Det er ofte blevet forsøgt at etablere en Forbindelse mellem Skibsingeniørerne og Skibsførerne angaaende Spørgsmaalet om Skibes Stabilitet, derved at de første har overladt de sidste udførlige Beregninger med Stabilitetskurver, Metacenterkurver etc. Dette har imidlertid vist sig at være af tvilsom Nytte, fordi det omhyggelig udarbejdede Materiale saa godt som altid af Førerne blev lagt tilside og i ethvert Fald aldrig benyttet som forudsat. Tiltrods herfor maa det siges, at i det Hele og Store foregaar Skibsfarten uden mange Kantringsuheld. Dette viser, at der er intet radikalt uheldigt ved det nuværende Forhold, og det synes derfor naturligt i størst mulig Udstrækning at bibeholde den nuværende Ordning, hvorved det overlades til Skibets Fører selv at bestemme, hvorledes han vil overbevise sig om Tilstedeværelsen af den tilstrækkelige Stabilitet.

Naar jeg ved en Behandling af Spørgsmaalet om Skibes Stabilitet er begyndt med at omtale Stabiliteten af Gjenstande hvilende paa et fast Underlag, saa er det fordi jeg har fundet, at de fleste Personer i Reglen hurtigere faar Forstaaelsen af det sidste Spørgsmaal og derfor lettest gennem dette naar til Oversigt over Spørgsmaalet angaaende flydende Gjenstandes Stabilitet. Bredt seet er der ingen Forskjel paa de to Tilfælde. En Mand, der styrer en tungt læsset Vogn ned over en bakket og daarlig Vei, har i Virkeligheden ganske samme Problem at løse og samme Ansvar om end i mindre Skala, som den der styrer et dyblastet Skib over et oprørt Hav, og den mathematiske Læser vil let kunne etablere den nøiagtige Forbindelse mellem de to Tilfælde.

Jeg har ofte tidligere tænkt at skrive denne lille Frem-

VII

stilling af Skibes Stabilitet, naar det nu er blevet til Alvor, skyldes det den almindelige Stagnation, der fandt Sted i Skibsfarten i August og September 1914 og den dermed for mit Vedkommende forbundne midlertidige Formindskelse af mit almindelige Arbeide.

Kristiania Januar 1916.

J. Bruhn.

1871. The first of the year was a very dry one, and the crops were much injured. The weather was very hot, and the crops were much injured. The weather was very hot, and the crops were much injured.

1872.

INDHOLD:

KAPITEL I.

Hvad der forstaaes ved Stabilitet.

Krængning af en Gjenstand paa fast Underlag. — Hvorledes Stabiliteten maales. — Stabilitetens Størrelse ved forskellige Krængningsvinkler. — Stabilitetskurver. —

KAPITEL II.

Bestemmelse af Gjenstandes Stabilitet, naar de hviler paa fast Underlag.

Stabiliteten af en Træklods. — Bestemmelse af Stabilitetskurven. — Den Indflydelse Sænkningen og Hævningen af en Vægt paa Klodsen har paa Stabilitetens Størrelse. — Den Indflydelse Forholdet mellem Klodsens Bredde og Dybde har. — Den Indflydelse Klodsens Størrelse har. — Den Indflydelse som frit Vand paa Klodsen har. — Hvad man forstaar ved en Gjenstands Stivhed. —

KAPITEL III.

Flydende Gjenstandes Stabilitet.

Krængning af en flydende Gjenstand. — Stabiliteten af en Træklods. — Bestemmelse af Stabilitetskurven. — Den Indflydelse Sænkningen og Hævningen af en Vægt paa Klodsen har paa Stabilitetens Størrelse. — Den Indflydelse Forholdet mellem Klodsens Bredde og Dybde har. — Den Indflydelse Klodsens Størrelse har. — Den Indflydelse som frit Vand paa Klodsen har. — En flydende Gjenstands Stivhed.

KAPITEL IV.

Bestemmelse af Skibes Stabilitet.

Krængning af et Skib. — Bestemmelse af Stabilitetskurven ved Krængning af selve Fartøiet, — ved Krængning af en Model af Fartøiet, — ved Beregning fra en Linjetegning. — Bestemmelse af Stabiliteten paa Grundlag af Stivheden. — Hvorledes Stivheden i Praxis bestemmes.

KAPITEL V.

Hvad der bestemmer Størrelsen af et Skibs Stabilitet.

Den Indflydelse Anbringelsen af Lasten har. — Den Indflydelse Anbringelsen af Ballasten har. — Den Indflydelse Størrelsen af Fribordet har. —

Den Indflydelse Overbygninger har. — Den Indflydelse flydende Last eller Ballast har. — Den Indflydelse Skibets Bredde har. — Andre Faktorer.

KAPITEL VI.

Slingring.

Almindelig Forklaring. — Slingringshastighed. — Slingringstid. — Stivhedens Indflydelse. — Reduktion af Slingringsvinkelens Størrelse. — Forøgelse af Slingringsvinkelens Størrelse. — Flydende Gjenstandes Slingring. — Skibes Slingring. — Bestemmelse af Slingringstiden. — Stivhedens Indflydelse. — Størrelsens Indflydelse. — Bølgebevægelsens Indflydelse. — Dæmpning af Slingringsbevægelsen. — Slingringstanker. — Gyroskopdæmpere. — Slingrekjole.

KAPITEL VII.

Størrelsen af den Stabilitet et Skib bør have.

Værdien af Stivhedsbestemmelser. — Minimumsstabilitet. — Minimumsstabilitet for lastede Dampere. — Dampere uden Stabilitet. — Forskydning af Lasten. — Slagside. — Flydende Last. — Uheldig Form. — Ballastede Dampere. — Vand med fri Overflade. — Vand paa Dæk og i Rum. — Aabne Fartøier. — Passagerskibe. — Metoder til Hindring af Slingring. — Passagerskibe uden Stabilitet. — Indflydelse af Forbrug af Kul, Vand etc. — Beskadigede Skibes Stabilitet. — Indflydelse af Passagerernes Vægt. — Skibe i begrænset Fart. — Krigsskibe. — Seilskibes minimum og maximum Stabilitet. — Last og Ballast. — Lystfartøiers Stabilitet.

KAPITEL VIII.

Ansaret for et Skibs Stabilitet.

Førerens Ansvar. — Skibsbyggerens Ansvar. — Rederiets Ansvar.

I.

Hvad der forstaaes ved Stabilitet.

Ved en Gjenstands Stabilitet forstaaes den Modstand, Gjenstanden yder mod at blive væltet overende eller krænget til Siden.

Lad Fig. 1 vise en Sten eller anden Gjenstand hvilende paa et fast Underlag.

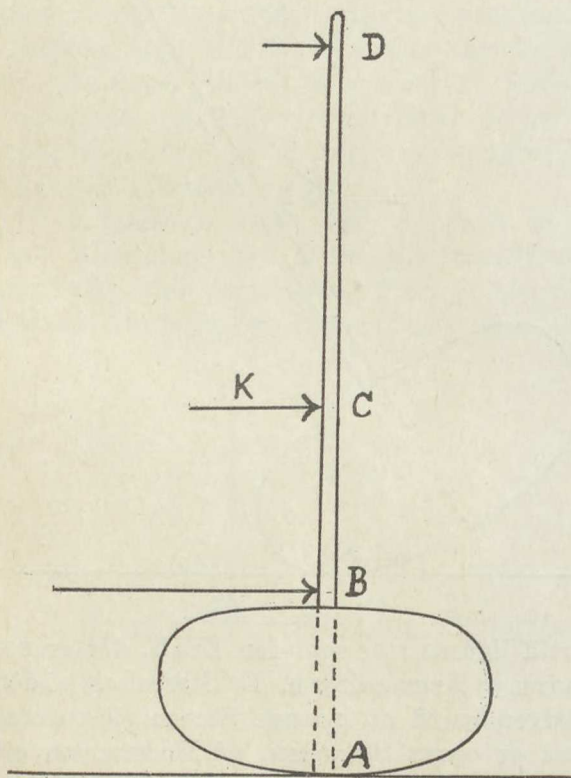


Fig. 1.

Den Modstand som en saadan Gjenstand vil yde mod at blive krænget over til den ene eller den anden Side kan

let bestemmes ved, at man finder den Kraft, der er nødvendig til at foraarsage en saadan Krængning. Antages en Stang AD fæstet til Gjenstanden, kan en Krængning foretages ved, at man bringer en Kraft K til at virke paa Stangen. Naar denne Kraft er stor nok, vil den foraarsage Krængning som vist i Fig. 2. Man kan da maale baade Kraftens og den tilsvarende Krængningsvinkels Størrelse. Den Modstand, som Gjenstanden øver imod Krængningen

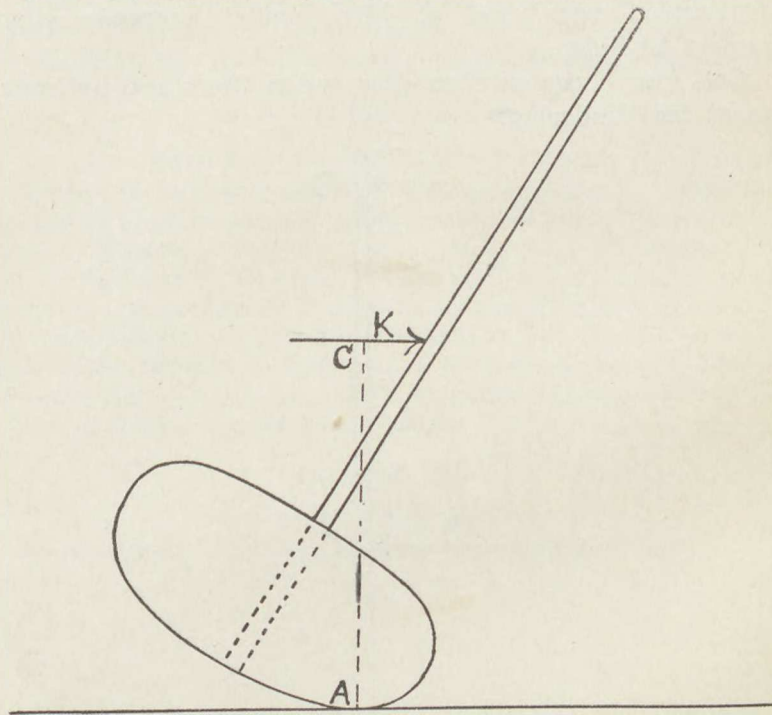


Fig. 2.

er imidlertid ligesaa stor som den Kraft, der er nødvendig til at foraarsage Krængningen. Er Størrelsen af den Kraft, der er nødvendig til at krænge Stenen til en vis Vinkel kjendt, saa er ogsaa Størrelsen af Modstanden eller med andre Ord Størrelsen af Gjenstandens Stabilitet ved den givne Krængning kjendt. Ved at krænge Gjenstanden over til andre Vinkler kan man ogsaa bestemme Størrelsen af den til disse svarende Stabilitet.

Der er her det at bemærke, at Størrelsen af den Kraft, der er nødvendig til at krænge Gjenstanden over til en vis Vinkel vil afhænge af hvor paa Stangen AD Kraften bringes til at virke. Hvis Kraften, der virker ved Punktet C Fig. 1 saaledes er tilstrækkelig til at krænge Gjenstanden over til en vis Vinkel, saa maa dens Størrelse fordobles, hvis Kraften virker ved B midt mellem A og C. Omvendt vil Kraften kunne reduceres til det Halve, hvis den virker ved Punkt D, naar AD er dobbelt saa stor som AC. Det er med andre Ord ikke Størrelsen af Kraften alene, der er bestemmende for Størrelsen af Krængningen, men Størrelse af Kraften i Forbindelse med Høiden af det Punkt, hvor den virker, over Gjenstandens Understøttelsespunkt. Fordobles Høiden, kan Kraften for den samme Krængning halveres. Halveres Høiden, maa Kraften fordobles. Produktet af Kraften og Høiden over Gjenstandens Understøttelsespunkt er derfor for en given Krængningsvinkel det samme hvor end Kraften virker.

Man kan passende kalde den Modstand en Gjenstand yder mod Krængning for Krængningsmodstand, og den Kraftanordning, der forårsager Krængning, for Krængningskraften. Stabilitet er derfor det samme som Kræng-

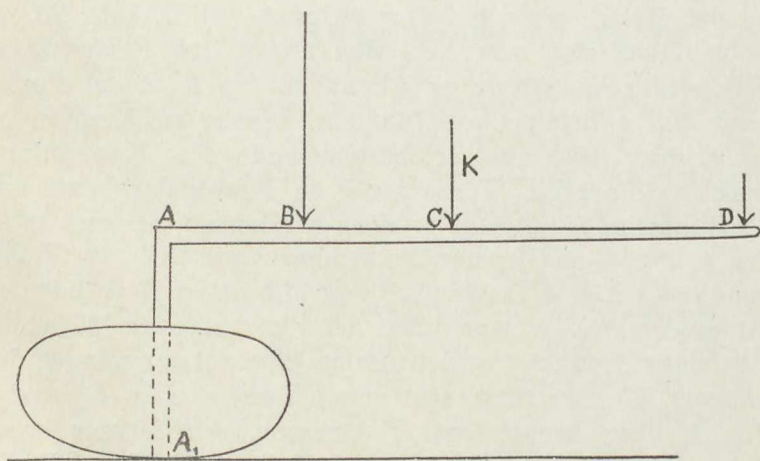


Fig. 3.

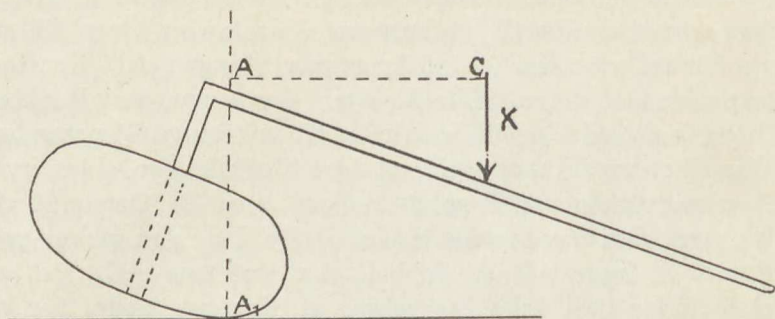


Fig. 4.

ningsmodstand, og denne er lig den tilsvarende Krængningskraft.

Den krængende Kraft behøver ikke at virke horisontalt, som vist i Fig. 1 og 2, men kan ligesaa godt virke vertikalt som vist i Fig. 3, hvor den virker paa en horizontal Stang AD, der er fast forbunden til Gjenstanden. Kraften K kan saaledes i dette Tilfælde være en Vægt anbragt ved Punktet C. Her vil denne Vægt igjen maatte fordobles, hvis den anbragt ved B midt mellem A og C skal kunne krænge Gjenstanden over til den samme Vinkel som Vægten K anbragt ved C. Paa den anden Side kan Vægten reduceres til det Halve, om den bliver anbragt ved D, hvor AD er dobbelt saa stor som AC. Med andre Ord Produktet af Krængningsvægten K og Afstanden fra A af det Punkt, hvor den anbringes paa Stangen, danner en Kraftanordning, hvis Størrelse er bestemmende for Krængningsvinklens Størrelse. Foraarsager en Krængningskraft som Produktet af Vægten K og dens horizontale Afstand (CA) fra A, Fig. 3, at Gjenstanden krænges over til en vis Vinkel som vist i Fig. 4, da er det ligegyldig enten K er liden og Afstanden fra A stor eller det Omvendte er Tilfældet. Saalænge Produktet er det samme, bliver Krængningen den samme. Forøges imidlertid enten Vægten eller Afstanden fra A eller begge disse Faktorerne, saa forøges ogsaa Krængningsvinklen. Man kan saaledes finde den i Fig. 3 viste Gjenstands Stabilitet eller Krængningskraft ved for-

skjellige Krægningsvinkler derved, at man forøger Vægten K anbragt ved Punktet C indtil Gjenstanden er krænget til den Vinkel, for hvilken man ønsker at kjende Stabiliteten. Denne er da Produktet af AC og den anbragte Vægt. Eller man kunde bestemme Stabiliteten ved at bevæge Vægten K ud ad Stangen AD indtil Gjenstanden derved bliver krænget til den Vinkel for hvilken man ønsker at kjende Stabiliteten. Denne er da Produktet af K og den nye horizontale Afstand fra A. Krægningskraften og Krægningsmodstanden eller Stabiliteten er som det af ovenstaaende vil fremgaa altid et Produkt af en Kraft og en Afstand, og det spiller ingen Rolle, om Kraften virker horizontalt, vertikalt eller i en hvilken som helst anden Retning. Ved virkelig Maaling af Stabiliteten er det som Regel hensigtsmæssig at benytte en eller anden Vægt til at frembringe Krægningen. Maales saaledes for Exempel Vægten i Ton og Afstanden i Fod, bliver Stabiliteten maalt i Ton multipliceret med Fod eller i Fod Ton. Er Vægten K for Exempel 5 Ton, Afstanden AC (Fig. 4) 10 Fod og den Vinkel Gjenstanden krænges til 4° , saa bliver Gjenstandens Stabilitet ved denne Krægningsvinkel 50 Fod Ton. Er den Vægt, der kræves til paa en Afstand af 10 Fod at krænge Gjenstanden til en Vinkel af 6° 8 Ton, saa er Stabiliteten ved denne Krægningsvinkel 80 Fod Ton.

Anbringes en Vægt ved C paa Stangen AD (Fig. 3) der er tilstrækkelig til at krænge Gjenstanden over til en Vinkel af 5° , og forøges Vægten saa efterhvert til Krægningen bliver 10° , 15° , 20° , 25° etc., saa maa man efter at have bestemt Krægningskraften for de forskjellige Krægningsvinkler opstille en Tabel, der giver Stabiliteten for Gjenstanden for hver 5 Graders Krængning.

Det kan være hensigtsmæssig at fremstille en Gjenstands Stabilitet ved de forskjellige Krægningsvinkler grafisk. Dette kan gøres som vist i Fig. 5. Langs den horizontale Linje AH afsætter man Afstande svarende til Krægningsvinklerne. Ved hvert af Punkterne B, C, D etc. kan man da afsætte vertikale Afstande BM, CN, DO etc., hvis Længde repræsenterer Stabiliteten ved

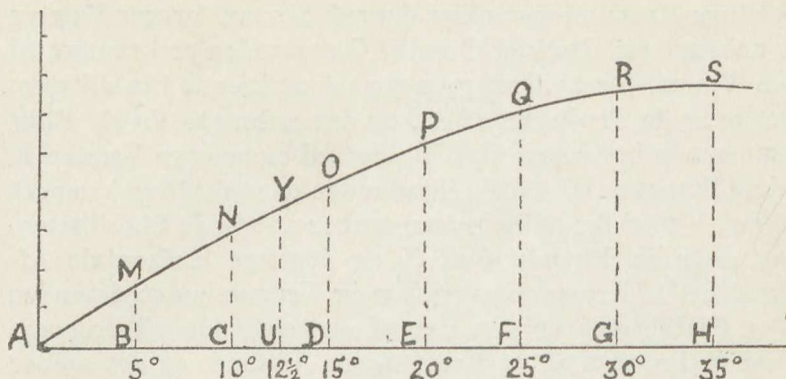


Fig. 5.

Krængningsvinkler paa henholdsvis 5° , 10° , 15° etc. Tegner man en Kurve gennem Punkterne M, N, O etc. vil den være af den Beskaffenhed, at Længden af de vertikale Linjer mellem Kurven og Linjen AH paa et hvilket som helst Sted vil repræsentere Størrelsen af Gjenstandens Stabilitet ved den valgte Krængningsvinkel. Man kan saaledes med Lethed finde Størrelsen af Stabiliteten ved en hvilken som helst Krængningsvinkel ved at tegne en vertikal Linje gennem det Punkt, der svarer til Krængningsvinklen og saa maale Længden af Linjen mellem Kurven og Linjen AH. Ønsker man saaledes for Exempel at vide, hvad Stabiliteten er ved en Krængningsvinkel paa for Exempel $12\frac{1}{2}^\circ$, saa tegner man en vertikal Linje midt mellem Linjen CN og DO, der svarer til Krængningsvinkler paa henholdsvis 10° og 15° . UY angiver da Størrelsen af Gjenstandens Stabilitet ved en Krængningsvinkel af $12\frac{1}{2}^\circ$. En Kurve, som den i Fig. 5 viste, kaldes en Stabilitetskurve, og er den bestemt for en Gjenstand, er i Virkeligheden Spørgsmaalet om Størrelsen af dennes Stabilitet løst. Som ovenfor vist kan en saadan Kurve altid bestemmes, naar man kun har Kraftanordninger, der er store nok til at krænge Gjenstanden til de Vinkler, for hvilke man ønsker at kjende Stabiliteten.

Det er ikke ved saadanne Bestemmelser af Stabilitetskurver nødvendigt at krænge Gjenstanden til bestemte Vinkler. Krængningsvinklernes Størrelse kan vælges vilkaarlig. Kun maa for hver valgt Krængningsvinkel den

til denne svarende Krægningskraft bestemmes. Istedetfor Vinkler paa 5° , 10° , 15° etc. kunde man saaledes ligesaagodt have valgt 3° , 7° , 12° , 18° etc. og noteret for hver af disse Vinkler den tilsvarende Krægningskraft. Ønskes Stabilitetskurven tegnet, afsættes Afstande ud af Linjen AH (Fig. 5) svarende til Krægningsvinkler paa 3° , 7° , 12° , 18° etc. og paa vertikale Linjer gennem disse Punkter afsættes Høiden svarende til Krægningskraften eller Stabiliteten ved disse vinkler. Man kan da paa samme Maade som før tegne Stabilitetskurven for den omhandlede Gjenstand.

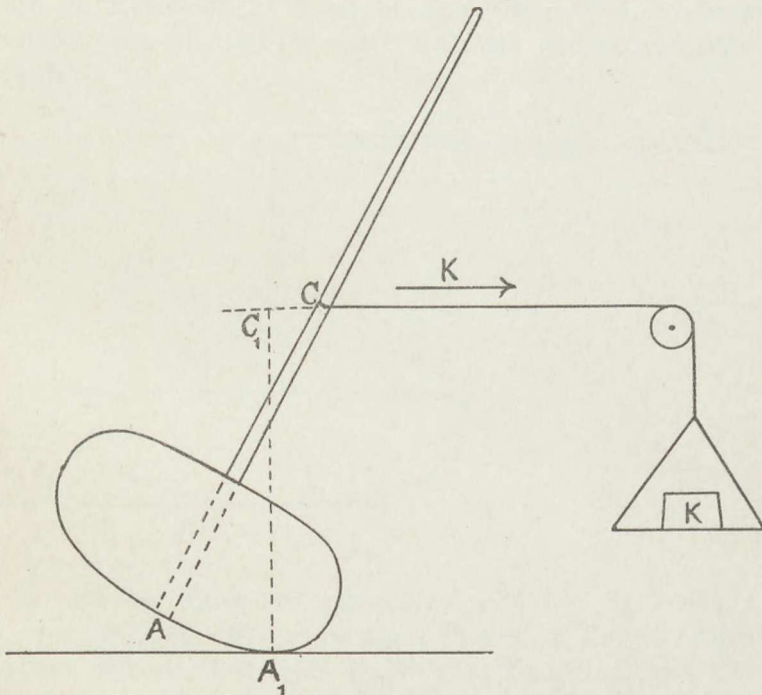


Fig. 6.

Ved Bestemmelsen af Krægningskraftens Størrelse maa man tage Hensyn til, at det Punkt, hvor Kraften virker, bevæger sig som Følge af Gjenstandens Krængning. Lad saaledes Fig. 6 repræsentere den samme Gjenstand som er vist i Fig. 1, men krænget over af Kraften K til en større Vinkel. Kraften kan for Exempel være en Vægt anbragt

saaledes, at der udøves et horizontalt Træk ved C. Er K tilstrækkelig til at holde Gjenstanden krænget over som vist, da er Krægningskraften ikke K multipliceret med AC, men K multipliceret med $A_1 C_1$ den vertikale Afstand mellem Punktet C og Understøttelsespunktet A_1 . Skal Stabiliteten saaledes bestemmes helt rigtig for hver Krægningsvinkel, maa man baade maale Størrelsen af K og den vertikale Afstand mellem Punktet C og Understøttelsespunktet. Produktet af disse to Faktorer giver da Stabiliteten for den Vinkel, hvortil Gjenstanden er krænget.

II.

Bestemmelse af Gjenstandes Stabilitet, naar de hviler paa fast Underlag.

For at faa Kjendskab til hvilke Faktorer, der er bestemmende med Hensyn til en Gjenstands Stabilitet, kan man gjøre en Træklods af Tversnit som vist i Fig. 7. Dens Længde behøver ikke at være stor, sig omtrent lig dens Bredde.

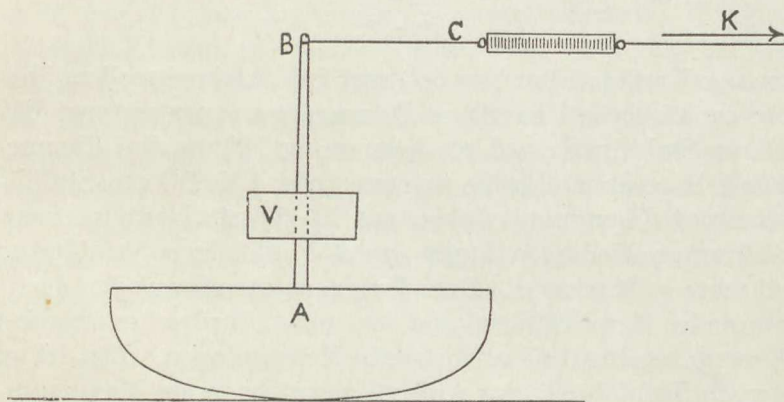


Fig. 7.

En mindre Stang AB gjøres fast i Midten af Klodsen. Til øverste Ende (B) af Stangen fæstes en Snor. Stilles Klodsen paa et Bord eller andet fast Underlag, kan den krænges ved et horizontalt Træk K i Snoren. Til Maaling af Størrelsen af Kraften K kan man ved C anbringe en almindelig liden Fjærvægt, der direkte viser, hvor stort Trækket er, eller man kan lede Snoren over en Skive som vist i Fig. 6 og anbringe Vægtlodder paa en Skaal og paa den Maade finde, hvor stor en Vægt, der er nødvendig til at krænge Klodsen over til en given Vinkel. Paa Stangen AB kan anbringes en mindre Jern- eller Blyvægt V.

Lad Kurven AO Fig. 8 være Stabilitetskurven for den i Fig. 7 viste Klods. Det vil sige BM repræsenterer Krængningskraften ved en Krængningsvinkel paa 10° . Hvis man

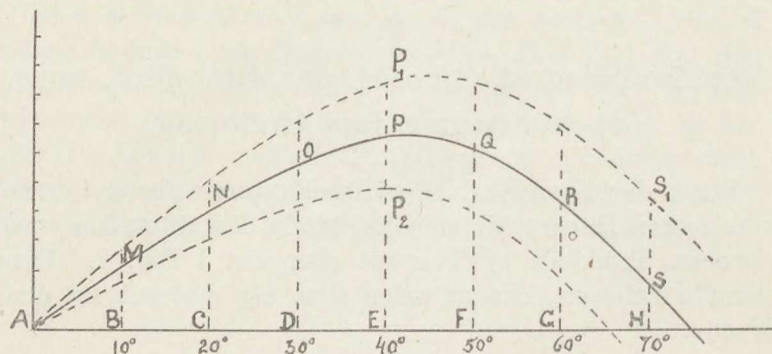


Fig. 8.

maaler Kraften i Pund og den vertikale Afstand mellem Snoren og Klodsens Underlag i Tommer, saa repræsenterer BM altsaa Stabiliteten ved en Krængning 10° maalt i Tomme-Pund. Paa samme Maade repræsenterer CN, DO etc. Stabiliteten ved Krægningsvinkler paa 20° , 30° etc. Vedbliver man at krænge Klodsen, vil man naa et Punkt, hvor Stabiliteten vil være et Maximum. Det vil sige, at der efterat den dertil svarende Krægningsvinkel er naad, fordres en mindre Krægningskraft til at fortsætte Krængningen. Den i Fig. 8 viste Stabilitetskurve APS vil ses at have sin Maximumsstørrelse omtrent ved 40° Krægningsvinkel. Vedbliver man at krænge Klodsen, efterat Stabiliteten formindskes, vil der komme et Punkt, hvor Klodsen pludselig falder over af sig selv eller med andre Ord fortsætter Krængningen uden at man behøver at trække i Snoren. Ved den Krægningsvinkel, hvor dette finder Sted, er Stabiliteten blevet reduceret til intet, det vil sige, Klodsen bliver her ustabil. For den i Fig. 8 viste Kurve APS vil det sees, at Stabilitet forsvinder ved en Krægningsvinkel paa cirka 75° , dette sker nemlig der hvor Kurven skjærer Linjen AH.

Lad Kurven APS fremstille Klodsens Stabilitet med Vægten V i den i Fig. 7 viste Stilling. Sænkes denne Vægt helt ned paa Klodsen, vil Stabiliteten blive forandret. Hvis

man nu igjen krænger Klodsen og bestemmer en ny Stabilitetskurve, vil man finde, at der fordres et større Træk i Snoren til at krænge Klodsen til den samme Vinkel som tidligere. Med andre Ord, Stabiliteten bliver forøget ved, at Vægten V sænkes. Istedetfor at Kurven APS repræsenterer Stabiliteten, vil man finde, at det med Vægten V nedsænket vil blive en Kurve som $A P_1 S_1$. Hvis derimot Vægten V istedetfor at sænkes hæves et tilsvarende Stykke paa Stangen AB, og Stabiliteten derpaa bestemmes, saa vil man finde, at et mindre Træk i Snoren vil være tilstrækkelig til at krænge Klodsen til den samme Vinkel som tidligere med Vægten anbragt som vist i Fig. 7. Stabiliteten vil saaledes blive mindre og Stabilitetskurven vil blive som $A P_2$ Fig. 8. Den krængede Gjenstand bestaar i Virkeligheden af Klodsen og Vægten V tilsammen. Det viser sig saaledes, at en Gjenstands Stabilitet bliver forøget, naar en Del af dens Vægt sænkes og omvendt, at Stabiliteten bliver reduceret, naar en Del af Gjenstandens Vægt hæves. De tre Kurver i Fig. 8 viser paa en bekvem Maade, hvorledes en Gjenstands Stabilitet ved de forskjellige Krængningsvinkler forandrer sig ved en Forandring i den vertikale Fordeling af den krængede Gjenstands Vægt.

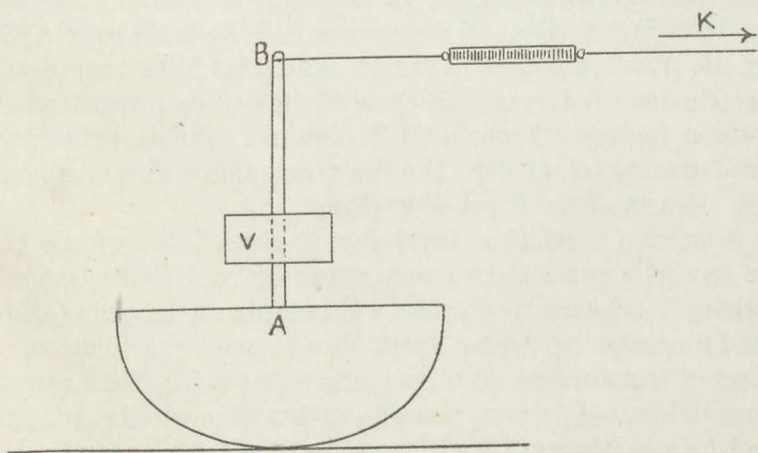


Fig. 9.

Gjør man saa en Klods af samme Længde som den vist i Fig. 7, men af mindre Bredde i Forhold til Høiden som vist i Fig. 9, saa kan man ogsaa bestemme Stabiliteten for denne ved Forsøg som ovenfor forklaret. Lad Kurven APS

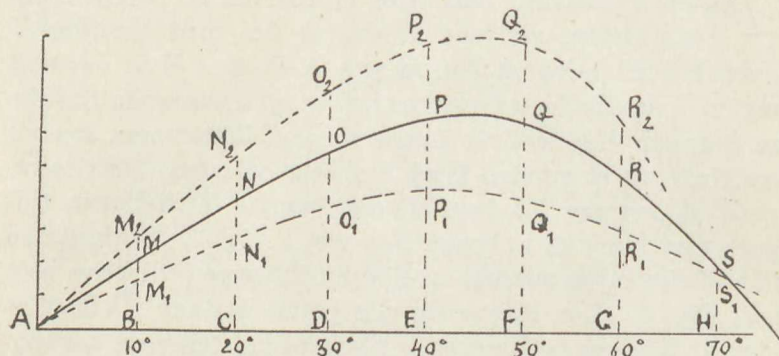


Fig. 10.

Fig. 10 være den samme som APS vist i Fig. 8. Det vil sige, den angiver Stabiliteten for Klodsen vist i Fig. 7. Stabilitetskurven for den i Fig. 9 viste Klods af mindre Bredde i Forhold til Høiden vil da vise sig at være som A P₁. Det vil sige, Stabiliteten bliver formindsket ved en Reduktion i Bredden, og omvendt vil man finde, at hvis man bestemmer Stabilitetskurven for en Klods bredere i Forhold til Høiden end den i Fig. 7 viste, vil denne som A P₂ R₂ falde over APS Fig. 10. En Gjenstands Stabilitet vil derfor blive reduceret, naar Bredden reduceres i Forhold til Høiden og forøget, naar Bredden forøges i Forhold til Høiden, alt selvfølgelig under Forudsætning af, at der ikke foretages andre Forandringer med Gjenstandens Form eller Vægt.

Hvis man istedetfor den i Fig. 7 viste Klods gjorde en der var af samme Form, men større og med Størrelsen af Vægten V tilsvarende forøget saa hele den krængede Gjenstand Størrelse og derfor Vægt blev forøget, saa vilde man finde, at Stabiliteten vil blive forøget sterkt for alle Krængningsvinkler. Hvis man paa den anden Side gjorde en mindre Klods og bestemte Stabiliteten for denne, vilde man finde, at denne overalt vil blive formindsket. Med andre Ord,

Stabiliteten forøges, naar den krængede Gjenstands Dimensioner forøges og formindskes, naar disse formindskes.

Endnu et Tilfælde kan det være af Interesse at undersøge ved Hjælp af Krængning af Træklodser. Lad Fig. 11 fremstille den samme Klods som vist i Fig. 7, men lad istedetfor Vægten V en Kasse eller et Rum ovenpaa Klodsen blive fyldt med Vand svarende til Vægten V.

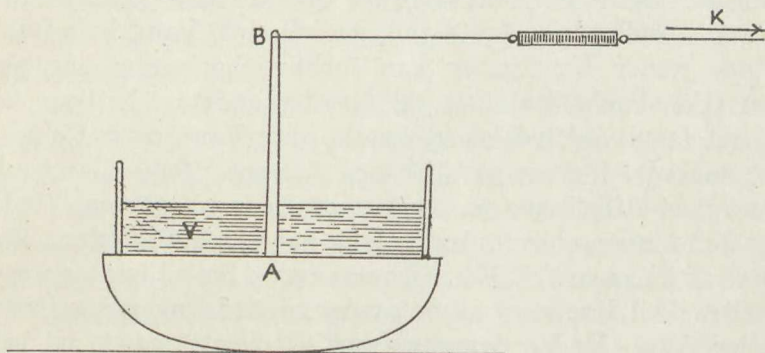


Fig. 11.

Lad APQ Fig. 12 fremstille Stabilitetskurven for Klodsen med Vægten V fast anbragt som vist i Fig. 7. Bestemmes Stabilitetskurven for Klodsen med Vand anbragt ovenpaa som vist i Fig. 11 istedetfor Vægten V, saa vil det vise

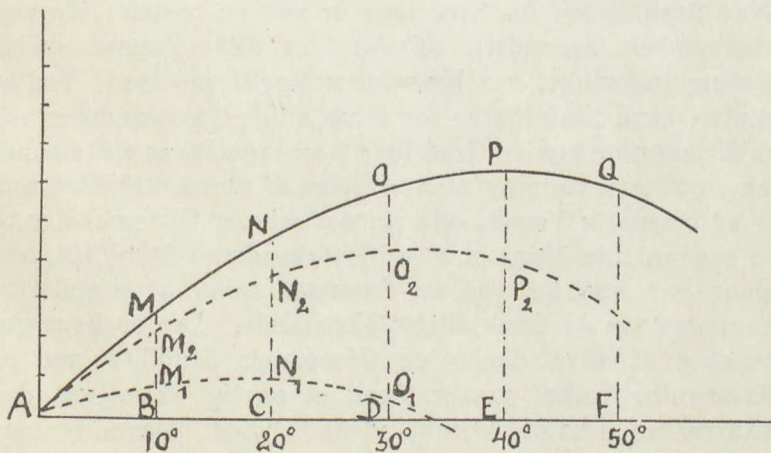


Fig. 12.

sig, at denne ligger langt under AP som vist ved $A O_1$, Fig. 12.

En beholder med Vand fri til at bevæge sig ved Krængning reducerer saaledes en Gjenstands Stabilitet i høi Grad. Hvis imidlertid Vandbeholderen var delt i to med en Afdeling i Midten og parallel med Siderne, vilde Reduktionen i Stabiliteten blive langt mindre som vist ved Kurven $A P_2$ Fig. 12. Dette Tilfælde viser for det første, hvilken overordentlig Indflydelse frit Vand, det vil sige, Vand hvis Overflade under Krængning kan forblive horizontal har paa en Gjenstands Stabilitet og for det andet, i hvilken høi Grad denne Indflydelse reduceres, naar Vandrummet deles i to ved en Afdeling parallel med Siderne. Deles Vandrummet med Afdelinger parallelle med Enderne, vil man finde, at dette ingensomhelst Indflydelse har paa Stabiliteten. Den Reduktion, som frit Vand foraarsager i Stabiliteten er med andre Ord lige stor enten saadanne Afdelinger forefindes eller ikke. Er Vandrummet dækket oventil, og er det helt fyldt, da kan Vandets Overflade ikke forblive horizontal under Krængning og da har det kun samme Indflydelse paa Stabiliteten som en tilsvarende Vægt af Jern eller andet ikke flydende Materiale.

Skal man sammenligne forskellige Gjenstandes Stabilitet, kan dette gøres blandt andet ved, at man opgiver, hvad Stabiliteten for hver især er ved en bestemt Krængningsvinkel. Størrelsen af den for dette Øiemed valgte Krængningsvinkel kan bekvemt sættes til en Grad. Ved at opgive, hvad Stabiliteten for forskellige Gjenstande er ved en Krængning paa en Grad faar man saaledes et vist Grundlag til Sammenligning af Størrelsen af deres Stabilitet som er af betydelig Værdi, selv om det ikke er tilstrækkelig til en saadan fuld Vurdering af Gjenstandenes Stabilitet, som alene kan opnaaes ved en Sammenligning af Stabilitetskurverne for de forskellige Gjenstande. Det er hensigtsmæssig at give denne en Gjenstands Stabilitet ved en Krængningsvinkel paa en Grad et særlig Navn, og den kan passende kaldes Gjenstandens Stivhed. Denne bestemmes let derved, at Gjenstandens Stabilitet ved en mindre

Krængningsvinkel bestemmes. Denne divideres med Krængningsvinklens Størrelse i Grader og Resultatet er Gjenstandens Stivhed. Er saaledes for Exempel en Gjenstands Stabilitet ved en Krængningsvinkel paa $1\frac{1}{2}$ Grad 4 Fod Ton, saa er Gjenstandens Stivhed $4/1.5$ eller 2.67 Fod Ton. Almindelige Gjenstande, der som Regel hviler med en større plan Flade paa et fast Underlag, har som Følge deraf stor Stivhed, men behøver ikke derfor at have stor Stabilitet forøvrig, idet denne blandt andet ogsaa vil afhænge af Gjenstandenes Høide.

Ved Hjælp af simple Træklodser eller Modeller kan som ovenfor vist selv de mere komplicerede Forhold i Forbindelse med en Gjenstands Stabilitet undersøges og klargjøres. Selv om en Stabilitetskurve kun bestemmes for en enkelt Klods Vedkommende, saa vil dette dog altid hjælpe til Forstaaelse ogsaa af de andre foran omtalte Tilfælde.

Spørsmaalet om Stabiliteten af en Gjenstand, der hviler paa et fast Underlag, er her behandlet noksaa udførlig, da en Forstaaelse af dette som Regel findes lettere at opnaa end Tilfældet er, naar det dreier sig om en flydende Gjenstands Stabilitet, og da en Forstaaelse af det første Tilfælde letter Forstaaelsen af det andet.

III.

Flydende Gjenstandes Stabilitet.

Spørgsmaalet om en flydende Gjenstands Stabilitet er i Virkeligheden ganske det samme som Spørgsmaalet om Stabiliteten af en Gjenstand, der hviler paa et fast Underlag. Stabiliteten er i det ene som i det andet Tilfælde den Modstand, Gjenstanden yder mod at blive krænget til Siden.

Fig. 13 og Fig. 14 viser en Gjenstand flydende paa Vandet.

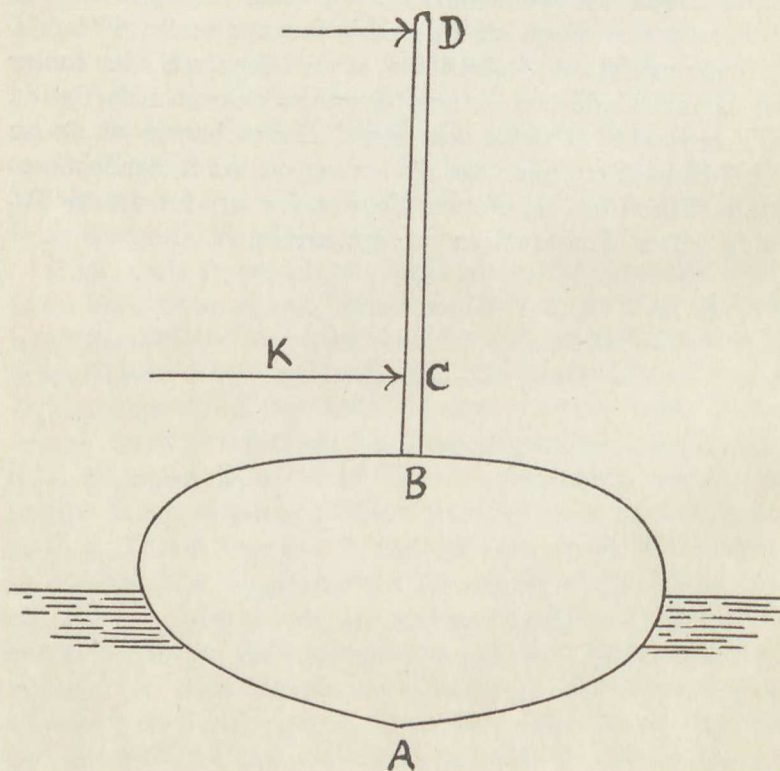


Fig. 13.

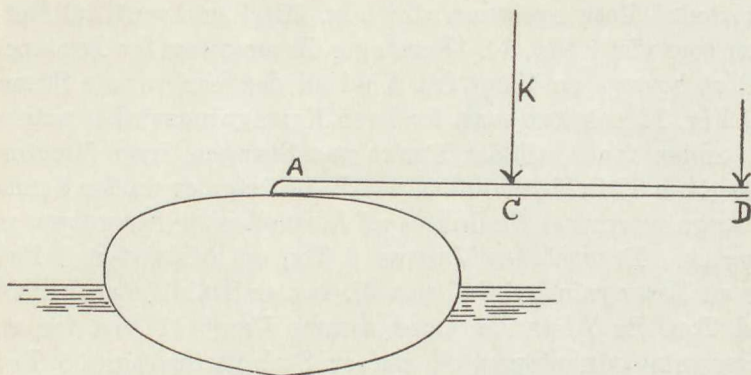


Fig. 14.

Dennes Stabilitet kan bestemmes paa ganske samme Maade som forklaret i Kapitel II, naar Gjenstanden hviler paa et fast Underlag. Ved at bringe en Kraft til at virke paa en vertikal eller horizontal Stang AD, der er fæstet til Gjenstanden, kan man foraarsage Krængning. Det vil ogsaa her vise sig, at den Kraft, der er nødvendig til at krænge Gjenstanden til en bestemt Vinkel, er mindre jo længere Afstanden fra A er til det Punkt paa Stangen AD, hvor Kraften bringes til at virke. Alene den Krafts Størrelse, der er nødvendig til at krænge Gjenstanden til en bestemt Vinkel, er saaledes ikke noget Maal for Gjenstandens Stabilitet. En mindre Kraft og en større Afstand (AC) vil frembringe samme Krængningsvinkel, som en større Kraft og en mindre Afstand (AC).

Kalder man imidlertid som før Produktet af Kraften K og Afstanden fra Punktet A til det Punkt paa Stangen AD, hvor den virker, for Krængningskraften, saa vil det vise sig, at en bestemt Krængningskraft altid vil foraarsage en bestemt Krængning. Jo større Krængningskraften er, des større vil Krængningsvinklen blive. Krængningskraften er med andre Ord den Kraftanordning, der er bestemmende for Krængningens Størrelse. Den maa saaledes ved enhver Krængning være ligesaa stor som den Modstand, Gjenstanden øver mod Krængning, det vil sige, den er ved enhver Krængningsvinkel lig Gjenstandens Stabilitet.

Kraften, der foraarsager Krængning kan virke enten i

horizontal Retning som vist i Fig. 13 eller i vertikal Retning som vist i Fig. 14. Foretages Krængning for Exempel ved at bevæge en Vægt fra A ud ad den horizontale Stang AD Fig. 14, saa kan man for hver Krængningsvinkel notere Afstanden fra A til det Punkt paa Stangen, hvor Vægten idet givne Tilfælde er anbragt. Stabiliteten er da for denne Krængningsvinkel Produktet af Afstanden og Størrelsen af Vægten. Er saaledes Vægten 5 Ton og Afstanden 6 Fod for en Krængningsvinkel paa 4° , saa er Stabiliteten her 30 Fod Ton. Er Afstanden med samme Vægt 11 Fod for en Krængningsvinkel paa 6° , saa er Stabiliteten her 55 Fod Ton. Paa denne Maade kan man erholde en Opgave over, hvad Stabiliteten er ved forskellige Krængningsvinkler. Det er ogsaa bekvemt at fremstille dette Forhold grafisk ved at afsætte Krængningsvinklens Størrelse ud ad en Linje som AH Fig. 15.

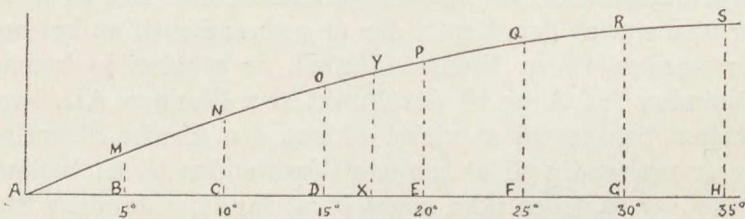


Fig. 15.

For hver Krængningsvinkel, for hvilken Stabiliteten er bestemt, tegnes der en vertikal Linje som for Exempel CN Fig. 15, der angiver Størrelsen af Stabiliteten ved den omhandlede Krængningsvinkel i det tagne Exempel 10° . Paa denne Maade kan Punkterne MNOP etc. bestemmes. Gjen-nem disse kan man tegne en Kurve, der da er Stabilitetskurven for den omhandlede Gjenstand. Man vil ved hjælp af denne Kurve kunne hurtig bestemme Stabiliteten ved enhver Krængningsvinkel, idet man kan afsætte en Længde fra A ud af Linjen AH, der svarer til den Krængningsvinkel, for hvilken Stabiliteten ønskes bestemt. Er denne for Ex-empel $17\frac{1}{2}^{\circ}$, saa tegner man kun en vertikal Linje XY midt imellem DO og EP. Længden af XY angiver da Størrelsen

af Gjenstandenes Stabilitet ved en Krængningsvinkel paa $17\frac{1}{2}^{\circ}$.

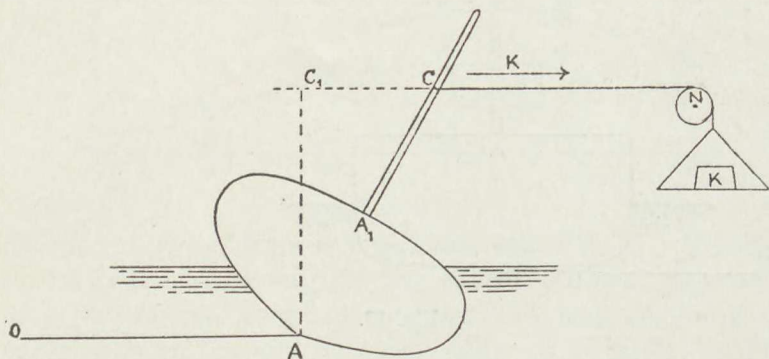


Fig. 16.

Fig. 16 viser en Gjenstand krænget af en horizontal Kraft K derved, at en Line er fastgjort til Stangen A₁ C og ledet over en Skive N, hvorefter en Vægt K er ophængt i den. Hvis en saadan horizontal Kraft virket paa en helt frit flydende Gjenstand, vilde den ikke alene forårsage, at Gjenstanden krængedes, men ogsaa at den flytted sig i Retning af Skiven N. Det er derfor nødvendig at anbringe en Line AO, der forhindrer, at Gjenstanden bevæges i Retning af N, naar Kraften K virker. Gjenstanden kan nu krænges og Krængningskraften er, i Lighed med hvad Tilfældet var for Gjenstande paa fast Underlag, K multipliceret med A C₁ den vertikale Afstand mellem den Line AO, der fastholder Gjenstanden, og den Line, gennem hvilken Kraften K virker. Udføres Krængningen ved at bevæge en Vægt K ud ad Stangen AD (Fig. 14) er Stabiliteten ved hver Krængningsvinkel ikke K multipliceret med Afstanden maalt langs Stangen AD, men K multipliceret med den horizontale Afstand fra den vertikale Linje, hvor Kraften K virker og til Punktet A.

For at faa Oversigt over de forskjellige Faktorer, der har Indflydelse paa en flydende Gjenstands Stabilitet er det hensigtsmæssigt at undersøge Stabiliteten af almindelige Træklodser af forskjellige Former paa samme Maade

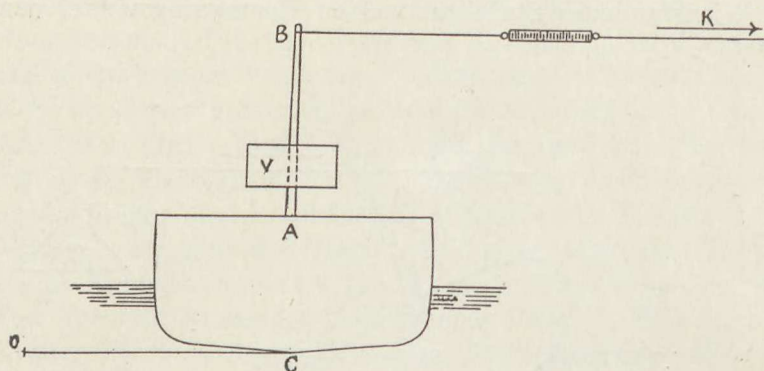


Fig. 17.

som det lod sig gjøre for Gjenstande, hvilende paa et fast Underlag.

Lad Fig. 17 fremstille en Trækklods i Lighed med den vist i Fig. 7, men flydende paa Vandet. Man kan nu igjen bestemme Stabiliteten ved at frembringe et Træk (K) i den horizontale Line fæstet til Stangen AB . Som nævnt er det dog nødvendigt, at der anbringes en horizontal Line CO , der hindrer Klodsen i at flyde til Siden paa Grund af Trækket i Linen ved B . Efterhvert som Krængning finder Sted maa det paasees, at Linerne forbliver horizontale. Gjenstandens Stabilitet bliver da ved hver Krængningsvinkel Produktet af Trækket K i Linen og den vertikale Afstand mellem de to Liner.

Klodsen kan bekvemt krænges til Vinkler paa 5° , 10° , 15° etc. og den til hver af disse Krængninger svarende Stabilitet bestemmes. Det vil, som naar Gjenstanden hviler paa et fast Underlag, vise sig, at Trækket, der er nødvendig til at foraarsage Krængning, vil øges til en vis Krængningsvinkel er naaet. Man vil derefter kunne fortsætte Krængningen med stadig mindre og mindre Træk. Gjenstandens Stabilitet naar med andre Ord ved en vis Krængningsvinkel et Maximum.

Har man bestemt Krængningskraften for de forskellige Krængningsvinkler, kan man tegne Stabilitetskurven for den omhandlede Klods. Lad den være som AOP Fig.

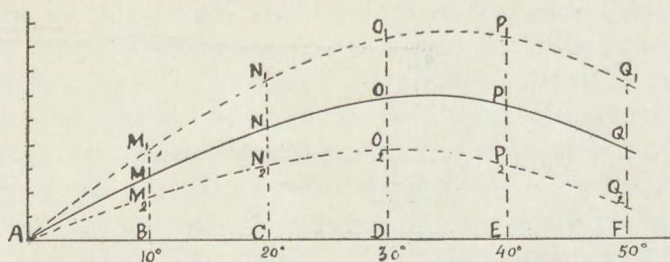


Fig. 18.

18, naar Vægten V er anbragt som vist Fig. 17. Vil man finde, hvilken Virkning det har paa Stabiliteten, at en Del af Gjenstandens Vægt sænkes, saa kan man sænke V og derefter igjen krænge Klodsens. Man vil da finde, at Stabiliteten er forøget, og at Stabilitetskurven $A O_1 P_1$ (Fig. 18) derfor nu ligger over den tidligere bestemte AOP. Hvis man paa den anden Side hæver Vægten V og saa bestemmer Stabiliteten, vil man finde, at denne for alle Krængningsvinkler vil blive mindre, og Stabilitetskurven $A O_2 P_2$ (Fig. 18) vil derfor i dette Tilfælde ligge under AOP. En flydende Gjenstands Stabilitet bliver saaledes forøget, naar en Del af dens Vægt sænkes, og formindsket, naar en Del af dens Vægt hæves, ganske som Tilfældet var, naar Gjenstanden hvilede paa et fast Underlag.

Hvis man bestemmer Stabiliteten af den samme Klods baade paa fast Underlag og flydende, vil man finde, at Stabiliteten i det sidste Tilfælde vil være meget mindre end i det første. Hvis altsaa Stabilitetskurverne i Fig. 8 og Fig. 18 var tegnede til samme Maalestok, saa vilde de i sidste Tilfælde være meget lavere end i første. Det er imidlertid i Regelen bekvemt at vælge en saadan Maalestok for Stabilitetskurver, at de virkelige Længder, der maales mellem Linjen AE og Kurven ANP bliver af passende Størrelser, hverken for store eller for smaa. For at opnaa dette gjøres den vertikale Maalestok større, naar Stabiliteten er mindre og omvendt mindre, naar Stabiliteten er større. De i Fig. 18 viste Stabilitetskurver kan saaledes repræsentere en meget mindre Stabilitet end de i Fig. 8 viste.

Gjør man en ny Klods (Fig. 19) af samme Længde som

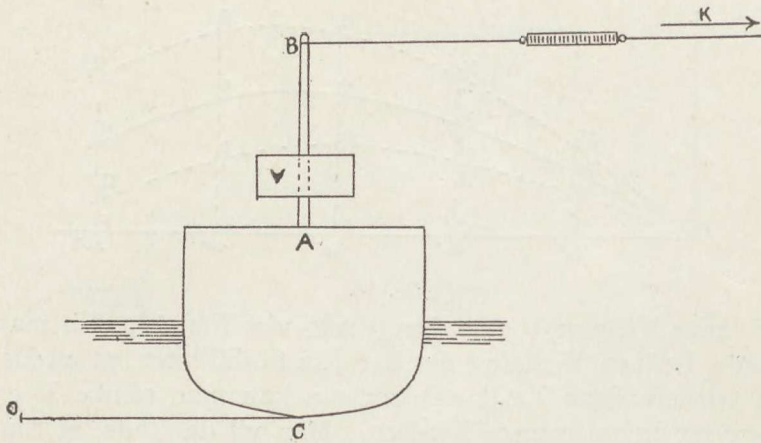


Fig. 19.

den vist i Fig. 17, men af mindre Bredde i Forhold til Dybden saa kan man ogsaa bestemme Stabilitetskurven for dette Tilfælde.

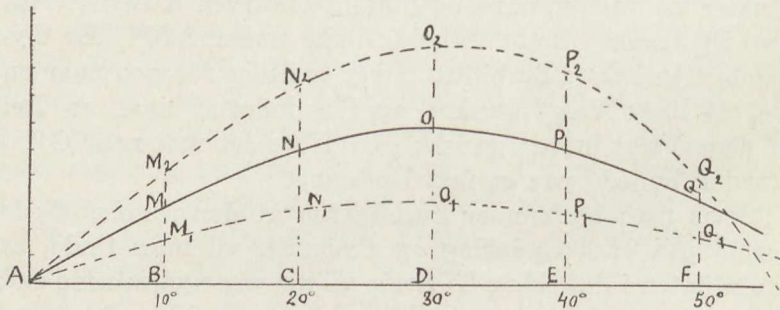


Fig. 20.

Lad Stabiliteten af den i Fig. 17 viste Klods være som vist med Kurven ANP Fig. 20. Stabiliteten af den i Fig. 19 viste Klods af mindre Bredde og større Dybde vil da blive som A N₁ P₁ Fig. 20. Hvis man bestemte Stabiliteten for en Klods af større Bredde og mindre Dybde end den i Fig. 17 viste, vilde Stabilitetskurven vise sig at være som vist ved A N₂ P₂ Fig. 20, det vil sige en flydende Gjenstands Stabilitet forøges ved at Bredden forøges i Forhold til Dybden og formindskes, naar Bredden reduceres i Forhold til Dybden.

For at undersøge, hvilken Indflydelse selve Størrelsen af en flydende Gjenstand har paa dens Stabilitet, kan man istedetfor den i Fig. 17 viste Klods gjøre en, der er af samme Form, men større. Man vil da, om Stabilitetskurverne bestemmes for begge Tilfælder, finde at Stabiliteten af den større Klods for alle Krængningsvinkler vil være større end den mindres og at Forøgelsen er forholdsvis den samme for alle Krængningsvinkler. I Overensstemmelse hermed vil man finde, at Stabiliteten, om Klodsen blev gjort mindre vilde blive reduceret for alle Krængningsvinkler. Stabilitetskurverne vil saaledes være af samme Karakter for alle Gjenstande af samme Form uanseet Gjenstandenes Størrelse.

Det er af Interesse at erholde Oplysning om en flydende Gjenstands Stabilitet, naar den selv bærer en frit flydende Vædske. Lad Fig. 21 vise den samme Klods som Fig. 17, men lad der være et Rum ovenpaa denne som kan fyldes med Vand af samme Vægt som V vist paa Klodsen i Fig. 17.

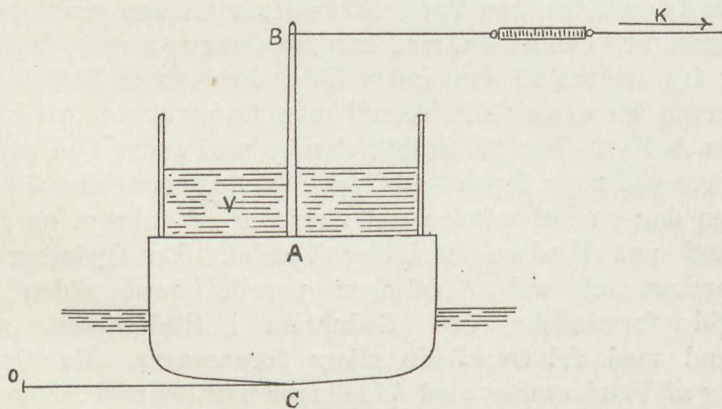


Fig. 21.

I Fig. 22 er Stabilitetskurven ANO den samme som ANO Fig. 18. Bestemmes saa Stabilitetskurven for den i Fig. 21 viste Klods med Vand i Rummet over Klodsen, vil man finde, at Stabiliteten vil blive meget mindre end naar Vægten V er en fast Gjenstand. Stabilitetskurven vil blive som $A N_1 O_1$ Fig. 22. Vand med fri Overflade og som derfor,

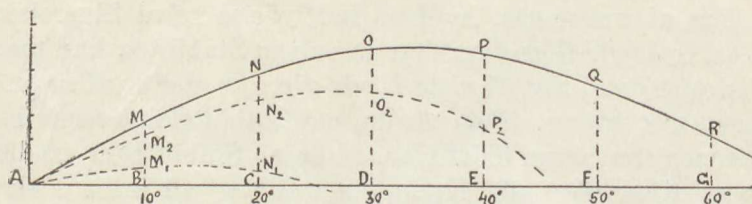


Fig. 22.

naar Krængning finder Sted, kan flyde fra den ene Side af en Gjenstand til den anden, vil altid have en meget stor Reduktion i Gjenstandens Stabilitet tilfølg. Formindskelsen vil blive større jo større den frie Overflade af Vandet er i baade Længde og Bredde, men Bredden har størst Indflydelse. Hvorledes Længden og Bredden af den frie Overflade af Vandet influerer paa Stabiliteten, kan bestemmes ved, at Stabilitetskurven bestemmes for en Klods med forskellige Længder og med forskellige Bredder af Vandrummet. Deles Vandrummet i to ved en vandtæt Afdeling midt imellem de to Sider, kan Vandet ikke flyde fra den ene Side af Klodsen til den anden, men kun fra den ene Side til Midten og fra Midten til den anden Side. Bestemmes Stabilitetskurven for dette Tilfælde, vil man finde, at den vil blive som A N₂ O₂ Fig. 22. Stabiliteten er med andre Ord meget større end naar denne Afdeling i Vandrummet ikke findes, men dog en Del mindre end naar der er anbragt en fast Vægt paa Klodsen istedetfor Vandet. En Opdeling af Vandrummet ved Afdelinger parallel med Siden vil altid formindske den Reduktion i Stabiliteten, som Vand med fri Overflade ellers foraarsager. En Opdeling af Vandrummet med Afdelinger parallel med Rummets Ender vil, ganske som i det Tilfælde Gjenstanden hviler paa et fast Underlag, ingen Indflydelse have paa Stabiliteten. Denne bliver som om der ingen Afdelinger var. Blev der lagt et fast Dække over Vandfladen, saa det er umulig for nogen Del af Vandet at flyde i Retning af Krængningen eller er med andre Ord Vandrummet helt indelukket og fyldt, saa har Vandet ganske samme Indflydelse paa Stabiliteten som den samme Vægt af fast Materiale. Stabilitets-

kurven vil med andre Ord i dette Tilfælde blive helt den samme som AOP Fig. 22.

Ved Sammenligning af forskellige flydende Gjenstandes Stabilitet er det særlig bekvemt, at anvende den for Gjenstande hvilende paa fast Underlag antydede Methode, at opgive hvad Stabiliteten er ved en bestemt Størrelse af Krægningsvinklen. Det er ogsaa for flydende Gjenstande hensigtsmæssig at sætte Størrelsen af den Krægningsvinkel for hvilken de forskellige Gjenstandes Stabilitet opgives til en Grad og at kalde den til denne svarende Stabilitet for Gjenstandens Stivhet. Denne bestemmes som for Gjenstande, hvilende paa fast Underlag ved at Stabiliteten bestemmes for en mindre Krægningsvinkel. Stabilitetens Størrelse dividert med Krægningsvinklens Størrelse i Grader er Gjenstandens Stivhet. Er denne bestemt, kan man let beregne, hvad Stabiliteten er ved en hvilken som helst mindre Krægningsvinkel, idet den er Produktet af Stivheden og Krægningsvinklens Størrelse maalt i Grader. Er saaledes for Exempel Stivheden 8 Fod Ton, saa er Stabiliteten ved en Krægningsvinkel paa 2 Grader 16 Fod Ton.

IV.

Bestemmelsen af Skibes Stabilitet.

I det Foregaaende er det blevet vist, hvorledes mindre Gjenstandes Stabilitet let lader sig bestemme ved direkte Krængning. Er Gjenstanden en almindelig Robaad eller mindre Seilbaad, saa kan den nøiagtige Stabilitet bestemmes paa samme Maade for Exempel ved at man anbringer en tilstrækkelig stor Vægt midtskibs og saa flytter den gradvis fra denne Stilling ud til Baadens Side. For hver Krængningsvinkel er Stabiliteten da: Vægten multipliceret med den horizontale Afstand mellem dens oprindelige Stilling og den til den omhandlede Krængningsvinkel svarende Stilling.

Lad saaledes Fig. 23 forestille et Fartøi, der er krænget til den viste Vinkel ved, at Vægten V er flyttet fra A til B . Stabiliteten ved denne Krængningsvinkel er da Produktet af V og af den horizontale Afstand a mellem Vægtens oprindelige og nye Stilling. Maales V i Ton og a i Fod bliver Stabiliteten $V \times a$ maalt i Fod Ton. For mindre Krængningsvinkler kan Stabiliteten som sagt bestemmes ved at Vægten V flyttes over en mindre Del af Afstanden fra A til B . Er Vægten V delbar, saa er det imidlertid ofte lettere istedetfor at flytte hele Vægten V over en mindre Del af Afstanden AB at flytte endel af Vægten V over den hele Afstand AB . Resultatet bliver selvfølgelig det samme, naar kun Produktet af Vægten og den Afstand, over hvilken den flyttes, er det samme. Saalænge Krængningsvinklen ikke naar op til det Punkt, hvor Stabiliteten naar sit Maximum, behøves for smaa Fartøier ingen særlige Forsigtighedsforanstaltninger ved en saadan Krængning. Hvis man uden videre fortsatte Krængningen til det Punkt, hvor Sta-

biliteten er Maximum, saa vilde Fartøiet imidlertid kantre. Vil man altsaa bestemme Stabiliteten for større Krægningsvinkler end den, hvor Stabiliteten er et Maximum, saa maa man træffe Sikkerhedsforanstaltninger, saa Fartøiet ikke kantrer. Man vil under Krængningen merke, naar Stabiliteten begynder at nærme sig sit Maximum, idet man da vil faa en meget stor Forøgelse af Krægningsvinklen for en liden Forøgelse af Krægningskraften.

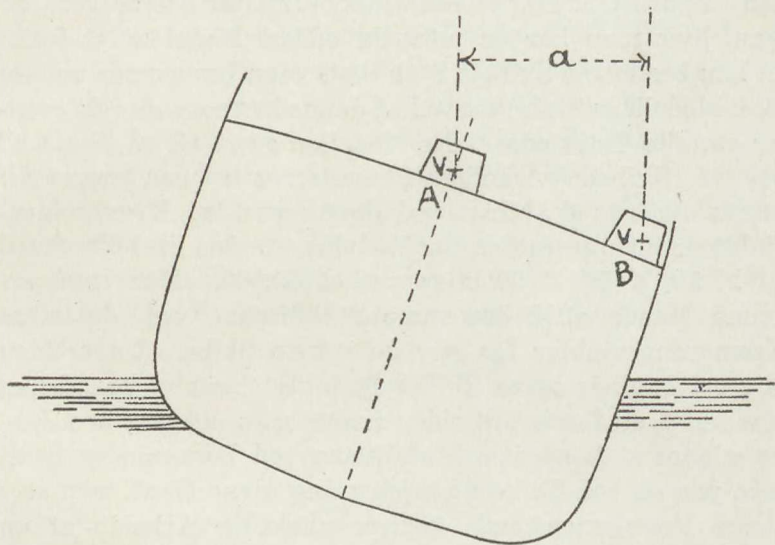


Fig. 23.

For Fartøier op til sig 50 eller endog 100 Fod i Længden lader denne Maade at bestemme Stabiliteten paa sig meget vel anvende, men jo større Fartøiet er, des større Vanskeligheder bliver der, fordi den Vægt, der er nødvendig til at forårsage en betragtelig Krængning, bliver uhensigtsmæssig stor. For store Skibes Vedkommende er det ikke hensigtsmæssig at bestemme Stabiliteten paa denne Maade for de store Krægningsvinkler, selv om Skibets Stabilitet skulde være saa liden, at den til Krængningen nødvendige Vægt vilde være af en rimelig Størrelse.

Det er foran anført, at Stabilitetskurven for flydende Gjenstande af samme Model har samme Form uanseet Gjen-

standens Størrelse. Hvis man saaledes kjender Stabilitetskurven for en Gjenstand af visse Dimensioner, kan man let finde Stabilitetskurven for en større Gjenstand af samme Form. Man vil saaledes finde, om man foretager Krængninger med to Gjenstande, hvoraf den ene er dobbelt saa lang, dobbelt saa bred og dobbelt saa dyb som den anden, at den større Gjenstands Stabilitet ved hver Krængningsvinkel bliver $2 \times 2 \times 2 \times 2$ eller 16 Gange saa stor som den mindre Gjenstands Stabilitet. Det vil derfor sees, at man, hvis man har en nøiagtig udført Model af et Skib, let kan bestemme Skibets Stabilitet. Man bestemmer nemlig først Modellens Stabilitet ved at denne krænges som de ovenfor omtalte Træklodser. Er Modellen gjort til en Skala af $\frac{1}{50}$ af Skibets virkelige Størrelse, saa maa man for at faa Skibets Stabilitet ved de forskjellige Krængningsvinkler multiplicere den for Modellen fundne Stabilitet med $50 \times 50 \times 50 \times 50$ eller med 6,250,000. Man kan paa denne Maade altid bestemme Stabiliteten ved de store Krængningsvinkler for selv de største Skibe. Undertiden bliver i Praksis ogsaa Skibes Stabilitet bestemt paa denne Maade. I de fleste Tilfælde finder man det dog hensigtsmæssigere at bestemme Stabiliteten ved Beregninger base-rede paa de ved Skibets Linjetegning givne Maal, men selv denne Fremgangsmaade kræver adskillig Arbeide af en øvet Beregner, om Resultatet skal blive paalideligt, og det fremgaar ikke saa umiddelbart som ved Krængnings-Forsøgene, at Resultatet virkelig er Skibets Stabilitet.

Direkte lader Stabiliteten for større Skibe sig som sagt desværre ikke bestemme ved Krængning til større Vinkler. En Ting lader sig imidlertid let bestemme for enhver Størrelse af Skibe, og det er Stivheden. Forat kunne bestemme denne, behøver man nemlig som foran forklaret kun at krænge Fartøiet til en meget liden Vinkel, og til dette fordres der selv for det største Skib kun en forholdsvis liden Vægt. Sig for Exempel at en Vægt paa 10 Ton flyttet over en Afstand af 24 Fod krænger et Skib 3 Grader. Stabiliteten er da ved denne Krængningsvinkel 240 Fod Ton og Stivheden bliver altsaa 80 Fod Ton. Er Stivheden kjendt,

saa kan man bestemme Stabiliteten for en hvilken som helst mindre Krængningsvinkel, idet denne som tidligere vist er Produktet af Stivheden og Krængningsvinklen maalt i Grader. I det ovenfor tagne Exempel vilde saaledes Stabiliteten ved en Krængningsvinkel paa 4 Grader være 320 Fod Ton og ved en Krængningsvinkel paa 5 Grader 400 Fod Ton. Ved større Krængningsvinkler kan Stabiliteten imidlertid ikke uden videre bestemmes paa Grundlag af Stivheden. Det vil sige, Produktet af Stivheden og Krængningsvinklens Størrelse repræsenterer som Regel ikke Stabiliteten ved de større Krængningsvinkler. Den virkelige Stabilitet kan være enten større eller mindre end dette Produkt. Er et Skibs Stivhed kjendt, da vil denne i Forbindelse med Kjendskab til Skibets Bredde, Dybde, Høide over Vandet og Form dog være tilstrækkelig til, at man skjønsmæssig kan bestemme tilnærmelsesvis Stabilitetens Størrelse ogsaa ved de større Krængningsvinkler. Fig. 24 viser tre Stabilitetskurver for Skibe, der alle har samme Stivhed.

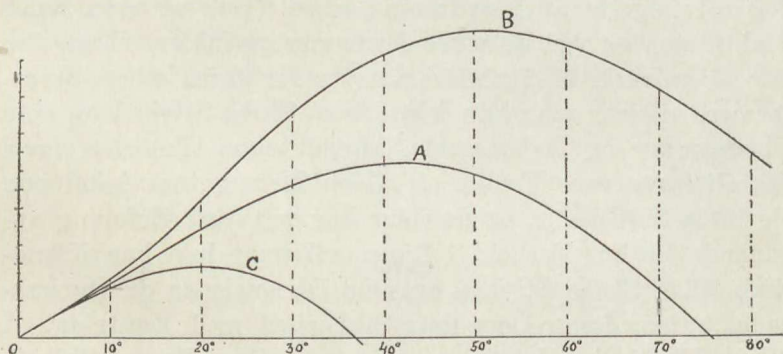


Fig. 24.

Kurven mærket A er for et Skib med almindelig Bredde i Forhold til Dybden og almindelig Høide over Vandet. Kurven mærket B kan da være for et Skib med stor Dybde i Forhold til Bredden eller stor Høide over Vandet i Forhold til Skibets Dybgaaende, eller begge Dele, og Kurven mærket C kan være for et Skib med liden Dybde i Forhold til Bredden eller med liden Høide over Vandet i Forhold til Skibets Dybgaaende eller begge Dele. Det vil bemærkes, at for min-

dre Krængningsvinkler er der ingen eller liden Forskjel paa den Stabilitet, de tre Kurver viser. For de større Krængningsvinkler bliver Forskjellen imidlertid meget stor. Den nøiagtige Stabilitet ved disse Krængningsvinkler kan for et specielt Skib bestemmes som ovenfor vist og den tilsvarende Stabilitetskurve kan da tegnes. Denne vil ligge et Sted mellem Ydergrænserne antydte ved Kurverne B og C i mindre eller større Afstand fra Gjennemsnitkurven A eftersom Skibstypen afviger mindre eller mere fra den for Kurven A forudsatte. De Forbehold, der ved Bestemmelsen af Stabiliteten ved de større Krængningsvinkler maa tages med Hensyn til Lukningen og Tætheden af Aabninger i Overbygninger og Dæk gjør imidlertid, at selv en saadan omstændelig bestemt Stabilitetskurve giver mere og mere usikre Resultater jo større Krængningsvinklen bliver. I Virkeligheden er det nøiagtige Forløb af en Stabilitetskurve efterat Skibet er krænet saa meget, at Dækket er kommet i Vandet heller ikke af større praktisk Betydning. Det er dog selvfølgelig af Betydning i store Træk at vide, hvad Stabiliteten er ved de store Krængningsvinkler. Den, der har Kjendskab til Stabilitetskurver for forskellige Skibsformer, vil let, naar han kjender et Skibs Stivhed og dets Dimensioner og Dybgaaende, kunne tegne tilnærmelsesvis Stabilitetskurvens Forløb op til en Krængningsvinkel paa sig 40 a 50 Grader, og den der har praktisk Erfaring angaaende Skibes Forhold i Sjøen, vil naar han har Kjendskab til et Skibe Stivhed og dets Dimensioner og Dybgaaende, kunne dømme om dets Sikkerhed mod Kantring. I begge Tilfælde er det samme naaet paa Grundlag af Skibets Stivhed, nemlig en for det praktiske Øiemed tilstrækkelig rigtig bedømmelse af Skibets Stabilitetsforhold. Den store Betydning af et Skibs Stivhed ligger netop i, at den giver baade Konstruktøren og Føreren et absolut sikkert Holdpunkt ved Bedømmelsen af, hvorvidt Fartøiets Stabilitet under de tilstedeværende Omstændigheder vil give tilstrækkelig Sikkerhed eller ikke.

Det er allerede i Princippet vist, hvorledes Stivheden kan bestemmes. Hvorledes dette hensigtsmæssig gjøres i

Praksis, vil afhænge af Omstændighederne. Har man en Vægt af tilstrækkelig Størrelse og som let kan flyttes, saa kan man anbringe denne paa det øverste Dæk eller paa et andet Dæk, om det er bekvemmere, helst saa nær Midten af Skibets Længde som gjørlig. Det vil være ønskeligt at have en Vægt, der ved Flytningen kan krænge Skibet mindst et Par Grader og ikke mere end 6 a 7 Grader. En Stabel af ensartede mindre Vægter kan være hensigtsmæssig, idet hver Vægt da ikke behøver at være større end en Mand kan flytte den. Man anbringer da først alle Vægterne i en Stabel paa en saadan Maade, at deres fælles Tyngdepunkt let kan bestemmes. Stabelen behøver ikke nødvendigvis at anbringes midtskibs som vist i Fig. 25 og kan for den Sags Skyld gjerne anbringes i den ene Side af Skibet. Naar den samlede Vægt er saaledes anbragt, noteres Skibets Krængningsvinkel. Derpaa flyttes Vægten eller Vægterne ud i Borde (eller til den anden Side af Skibet, hvis Vægten allerede er anbragt i Borde i den ene Side). Vægten placeres igjen paa en saadan Maade, at Tyngdepunktet bekvemt kan bestemmes. Man maaler da saa nøiagtig som gjørlig Afstanden mellem Tyngdepunkterne i første og anden Stilling, det vil sige, den Afstand, som den samlede Vægt er flyttet over Dækket. Er den flyttede Vægt V Ton og Afstanden, den er flyttet a Fod, saa er Stabiliteten $V \times a$ Fod Ton ved den frembragte Krængningsvinkel.

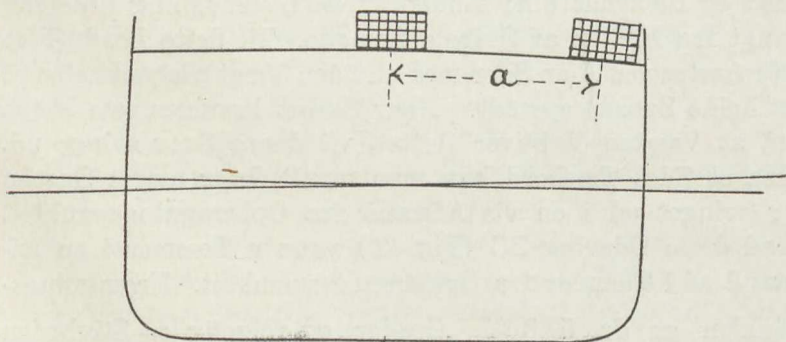


Fig. 25.

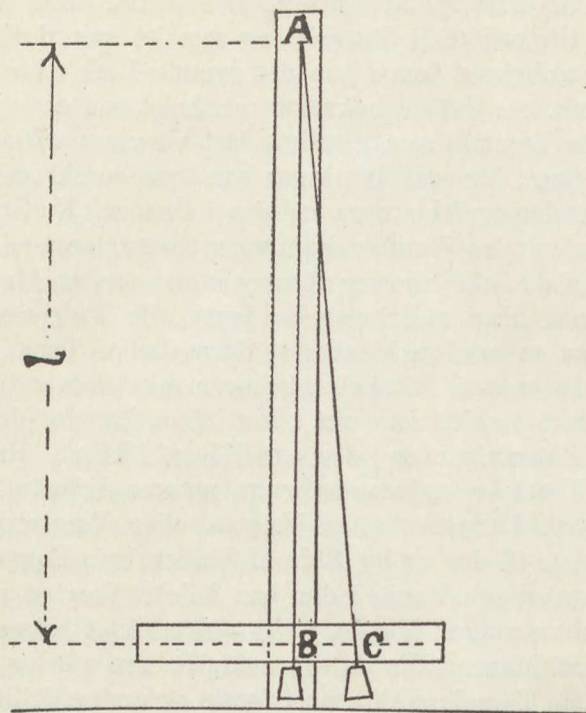


Fig. 26.

Dennes Størrelse maales bekvemt ved, at man stiller et Bord af passende Længde (for Exempel 10 a 12 Fod) op mod et Dækshus eller Enden af en Overbygning ikke for langt fra Midten af Skibets Længde. Til dette Bord (Fig. 26) fæstes ved A en Snor med en liden Vægt tilstrækkelig til at holde Snoren spændt. Naar Skibet krænges som Følge af, at Vægten V bliver flyttet, vil denne Snor svinge ud. Paa et lidet Træbord kan man maale, hvor meget Snoren er svinget ud i en vis Afstand fra Ophængningspunktet. Lad dette Udsving BC (Fig. 26) være n Tommer i en Afstand af l Tommer fra Ophængningspunktet. Krængningsvinklen er da $57.3 \frac{n}{l}$ Grader og følgelig er Stivheden

$\frac{V \times a}{57.3 \times (\frac{n}{l})}$. Er V for Exempel 5 Ton, a 30.5 Fod, l 120 Tommer

og n 7.5 Tommer, saa bliver Stivheden $\frac{5 \times 30.5}{57.3 \times \frac{7.5}{120}}$ eller 42.5

Fod Ton. Man bør helst foretage Krængningen af et Skib, naar det ikke er udsat for Vind eller Strøm, og man bør paase, at Fartøiet ligger absolut frit, saa det for Exempel ikke berører Bunden eller Kai og at Fortøiningerne ikke er saaledes anbragt, at de kan hindre Fartøiets Krængning, naar Vægten bliver flyttet. Desuden bør der ikke under Krængningen forefindes halvfylde Vandtanker af nogen betragtelig Størrelse eller løse Gjenstande, som kan flytte sig som følge af Krængningen og derved gjøre Bestemmelsen af Stivheden unøjagtig.

Ofte kan det hænde, at et Skib har et Par Ferskvands- eller Ballast-Tanker anbragte en paa hver Side af Skibet paa en saadan Maade, at de hensigtsmæssig kan anvendes ved Bestemmelsen af Stivhedens Størrelse. Man fylder isaa-fald en nøjagtig kjendt Vandmængde paa den ene Tank og pumper det derefter over paa den anden, eller man lader det løbe ud og fylder den anden Tank. Afstanden mellem Tyngdepunkterne af Tankerne eller Vandmængden maales og Produktet af denne Distance og Vægten af Vandmængden er da Stabiliteten ved den frembragte Krængningsvinkel, som kan bestemmes paa ovenfor nævnte Maade. Den letteste Maade at foretage Krængningen paa er ofte for Skibe af moderat Størrelse den at løfte en kjendt Vægt ved Hjælp af en almindelig Lossebom. Krængningsvinklen noteres da medens Vægten hænger frit ved den ene Side af Skibet. Derpaa svinges Vægten over til den anden Side, og Forandringer i Krængningsvinklen noteres som ovenfor vist. Naar man har maalt Afstanden mellem Vægtens to Stillinger, kan Stivheden bestemmes som ovenfor beskrevet.

Som tidligere vist er det for større Krængningsvinkler den horizontale Afstand mellem den flyttede Vægts to Stillinger, der maa benyttes ved Bestemmelsen af Stabiliteten. For de Krængninger, som der her er Tale om, der ikke bliver større end 6 a 7 Grader, er Forskjellen mellem den horizontale og den virkelige Afstand mellem Vægtens Stillinger

imidlertid saa liden, at den i Praksis overhovedet ikke lader sig maale, og man kan derfor med tilstrækkelig Nøiagtighed benytte den direkte med almindelige Midler maalte Afstand.

V.

Hvad der bestemmer Størrelsen af et Skibs Stabilitet.

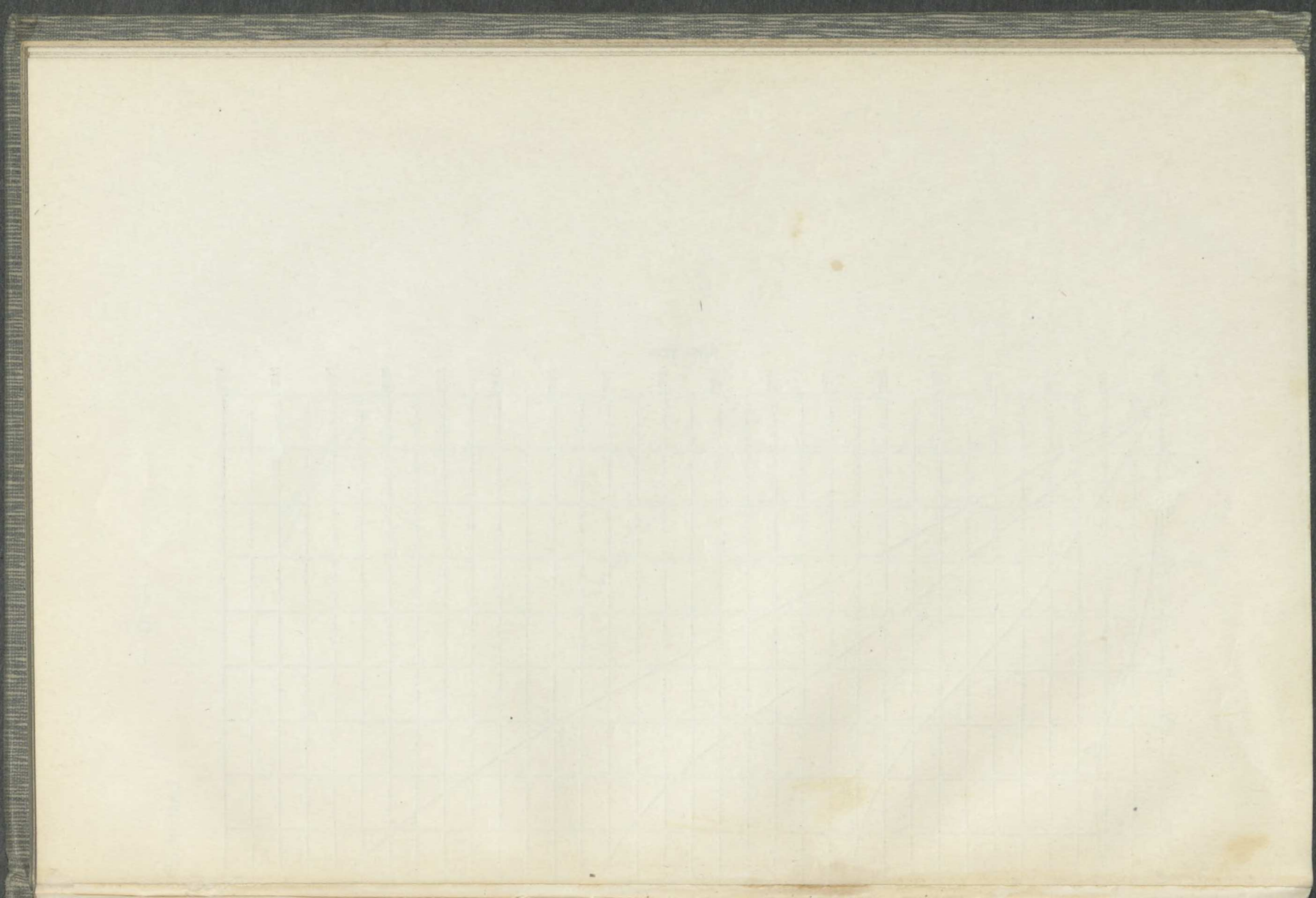
Anbringelsen af Last og Ballast.

Det er i det Foregaaende vist, hvorledes man kan bestemme et Skibs Stabilitet og grafisk anskueliggjøre denne ved at tegne Stabilitetskurven. Det er ligeledes vist, hvilken Indflydelse det har paa en Gjenstands Stabilitet, om en Vægt paa den hæves eller sænkes, om forholdet mellem dens Bredde og Dybde forandres, og om der paa Gjenstanden findes delvis fyldte Vandbeholdere. Er der Spørgsmaal om et Skibs Stabilitet, da bliver det ganske de samme Faktorere, der er bestemmende for dennes Størrelse, som naar det gjælder mindre Gjenstandes Stabilitet. Det er saaledes Anbringelse af de forskjellige Vægter, hvoraf et Skib inklusiv dets Last bestaar, Skibets Form og den Udstrækning, i hvilken der mulig forefindes Rum delvis fyldt med Vand, som bestemmer Størrelsen af Skibets Stabilitet. Dette er ikke saa at forstaa, at Stabiliteten lader sig opdele for Exempel i to Dele, en der skyldes Vægtfordelingen og en der skyldes Skibets Form. En saadan Opdeling er ugjærlig. Er Stabiliteten for Exempel 1000 Fod Ton, saa kan man ikke sige, at nogen Del af disse skyldes Vægtfordelingen og de øvrige Skibsformen. De skyldes i sin Helhed begge disse Faktorere. Vil man derfor nærmere undersøge, hvilken Indflydelse de forskjellige Faktorere har paa Stabilitetens Størrelse, saa kan dette kun ske derved, at man antager, at de øvrige Faktorere forbliver uforandrede, medens man undersøger Virkningen af Forandringen i en af dem. Da et Skibs Stivhed er det faste Holdepunkt i Forbindelse med Spørgsmaalet vedrørende Stabiliteten, er det hensigtsmæssig, saavidt gør-

lig, at benytte Stivheden som Grundlag ved en saadan Undersøgelse.

Fig. 27 fremstiller Stabilitetskurven for et Lasteskib 282 Fod langt, 42 Fod bredt og 27.33 Fod dybt, af almindelig Form med Hytte og Bak og med 20 Fods Dybgaaende. Kurven mærket A viser Stabiliteten, naar Stivheden er 20 Fod Ton, og Kurven mærket D viser den Stabilitet, Skibet vilde have, om det havde en Ladning bestaaende af Bly i sin Helhed anbragt i Lasterummet uden Underlag. Stivheden er da 710 Fod Ton. Kurverne B og C viser Stabiliteten, naar Stivheden er henholdsvis 250 og 480 Fod Ton. De fire Kurver, der saaledes viser Stabilitetsforøgelsen svarende til en Forøgelse af Stivheden med 230 Fod Ton illustrerer den absolut afgjørende Indflydelse, Anbringelsen af Lasten har paa et Skibs Stabilitet. Er Lasten tung som Bly og anbringes i sin Helhed i Bunden af Skibet, bliver Stivheden unødig eller uheldig stor og burde i Praksis reduceres for Exempel ved, at Lasten anbringes ovenpaa et høit Træ-Underlag. Bliver en tung Last anbragt saa høit i Skibet, for Exempel ved at en Del af den anbringes i Mellemdækket, at Stivheden kun er 20 Fod Ton, som for Kurven mærket A, saa bliver Stabiliteten for liden. Kurverne B og C viser derimod en i Praksis rimelig Stivhed og passende Stabilitet. Kurven mærket A kan som sagt vise Stabiliteten, naar en tung Last er anbragt saa høit i Skibet, at Stivheden kun bliver 20 Fod Ton, men den kan ogsaa vise Stabiliteten for en lettere Last, der fylder hele Skibsrummet, idet Stivheden i dette Tilfælde ogsaa kan være 20 Fod Ton. Paa samme Maade kan Kurverne B og C svare baade til en tung Last som Bly anbragt i en vis Høide over Skibets Bund, høiere for Kurven B's Vedkommende end for C's, eller til lettere Laster der fylder mere i Rummet. Stabilitetskurven bliver imidlertid altid den samme, saalænge Totalvægten af Lasten og Høiden af dennes Tyngdepunkt i Skibet forbliver uforandrede.

For de i Fig. 27 viste Kurver er Skibets Dybgaaende konstant, nemlig 20 Fod. Størrelsen af Lasten forbliver derfor uforandret, og Kurverne A, B, C og D viser derfor i



Lastens Indflydelse.

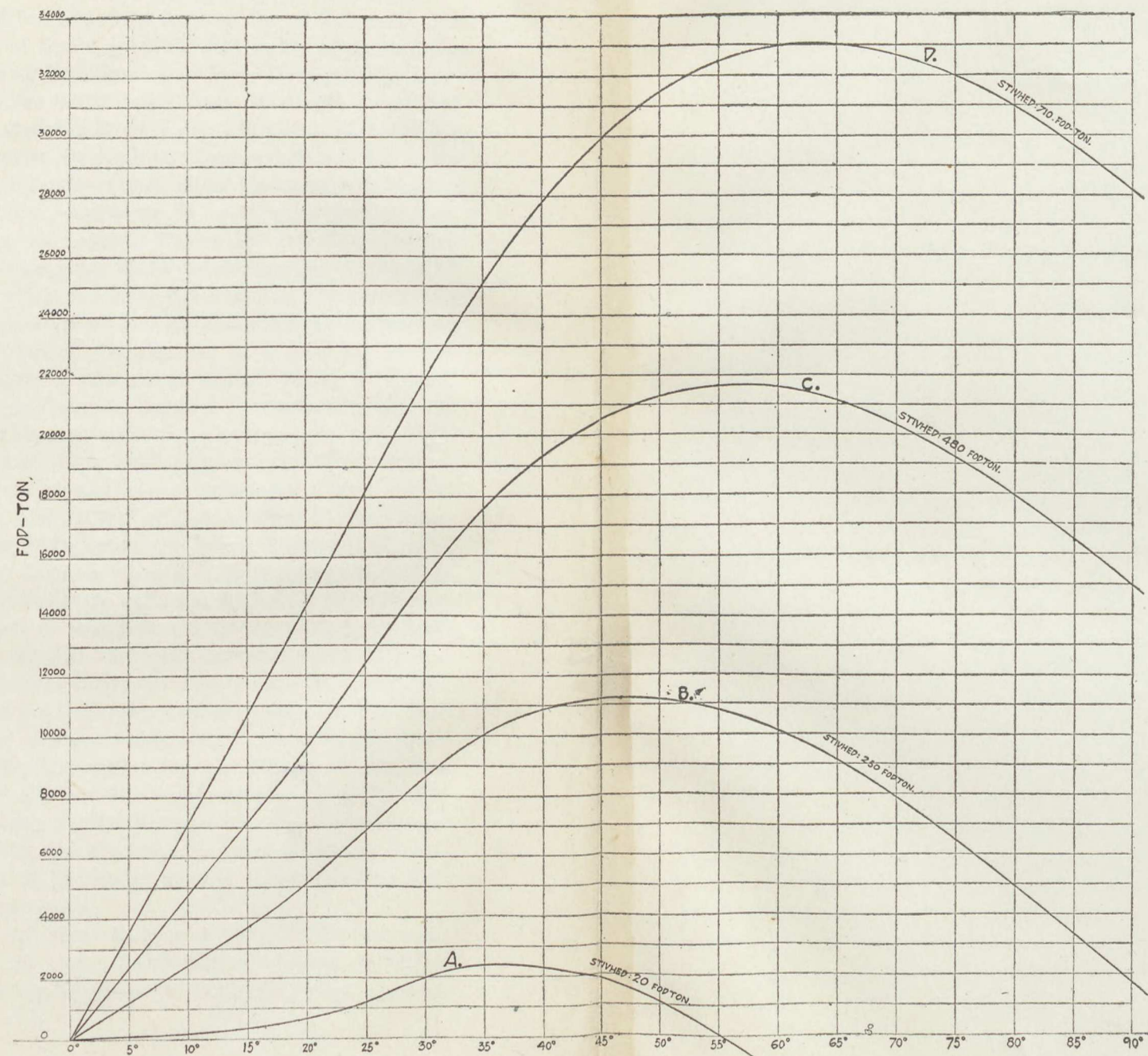


Fig. 27.

Virkeligheden den Indflydelse, som en Forandring i Høiden af Lastens Tyngdepunkt har paa Skibets Stabilitet. Kurven D viser den største Stivhed nemlig 710 Fod Ton som Skibet kan have, naar dets Dybgaaende ikke overstiger 20 Fod. Hæves denne Last for Exempel ved at den anbringes paa et høiere og høiere Træ-Underlag, bliver Stivheden mindre og mindre, indtil den bliver nul. Anbringes Lasten endnu høiere, bliver Skibet rankt, det vil sige, det mangler helt Stabilitet, og fortsætter man med at hæve Lasten, kan praktiske talt en hvilkensomhelst Grad af Rankhed frembringes. Denne Rankhed kan ogsaa frembringes derved, at lettere Last efterat Rummet er fyldt anbringes paa øverste Dæk i større eller mindre Udstrækning eftersom Lasten er lettere eller tungere. Tiltrods for at Fig. 27 viser et overordentlig vidt Felt for Variationer i Stabiliteten som Følge af Lastens Anbringelse, viser den dog saaledes ikke den hele Udstrækning af disse Variationer. Hvorvidt derfor et bestemt Skib med et bestemt Dybgaaende vil være meget stabilt, lidet stabilt, rankt eller meget rankt afhænger helt af den Maade, hvorpaa Lasten anbringes.

At et Skib er ballastet vil kun sige, at det istedetfor Last har en eller anden som Regel i Forhold til Lasten mindre Vægt af et eller andet hensigtsmæssigt Materiale anbragt ombord for at give Skibet enten den fornødne Stivhed eller det fornødne Dybgaaende. Hvad Stabiliteten angaar, saa er det selvfølgelig ligegyldigt, om det er Last eller Ballast, der anbringes. Det er ene og alene Størrelsen af den anbragte Vægt, der er det Afgjørende. Antag at tilstrækkelig Ballast anbringes til at bringe ovennævnte Skib til et Dybgaaende af 13 Fod.

Fig. 28 viser da fire Stabilitetskurver A, B, C og D, der svarer til forskellige Stivheder eftersom Ballasten er anbragt høiere eller lavere eller eftersom et større eller mindre Kvantum af Ballasten er anbragt i Mellemdækket. Kurven A svarer til en meget høit anbragt Ballast, som for Exempel naar Ballasten er saa let, at hele Rummet indbefattet Mellemdækket er fyldt, et Tilfælde som selvfølge-

TEKNISK BIBLIOTEK
Danmarks Tekniske Højskole

Ballastens Indflydelse.

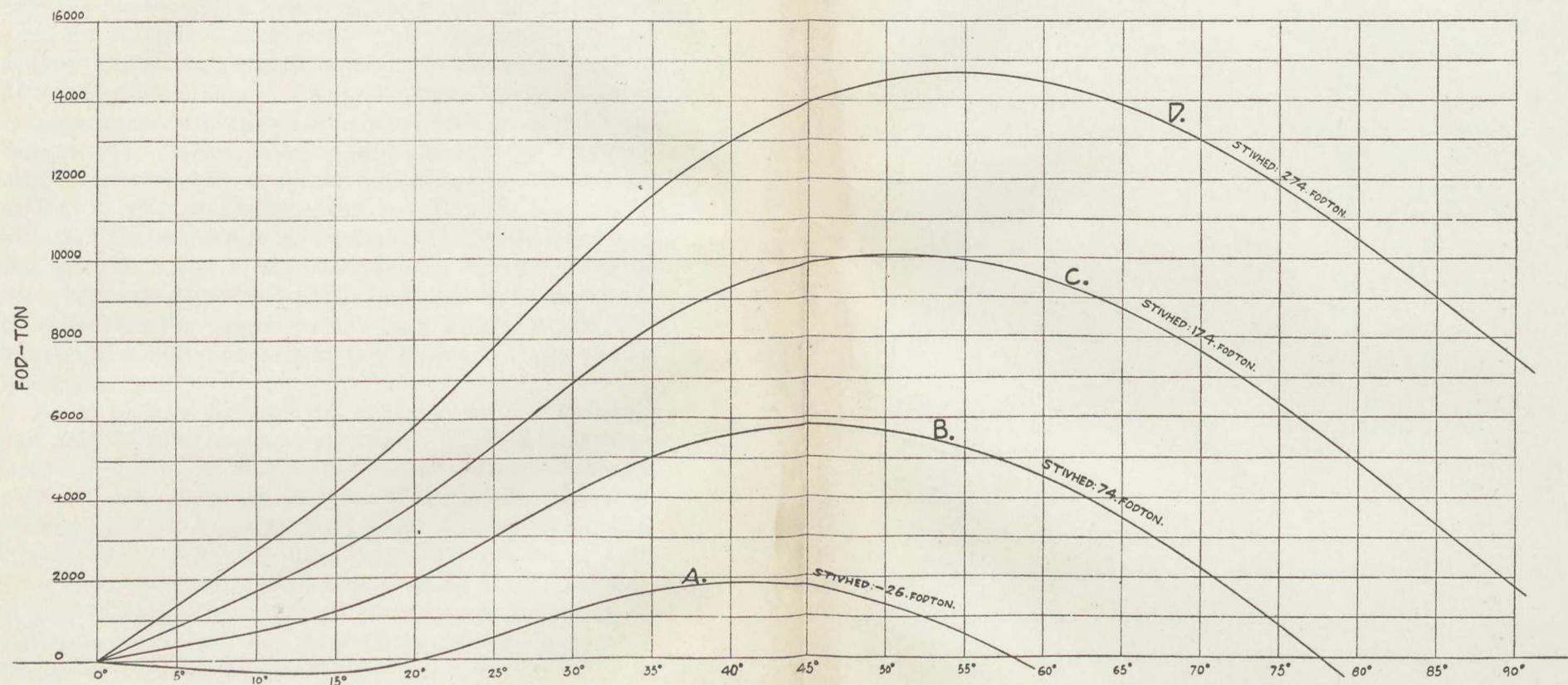
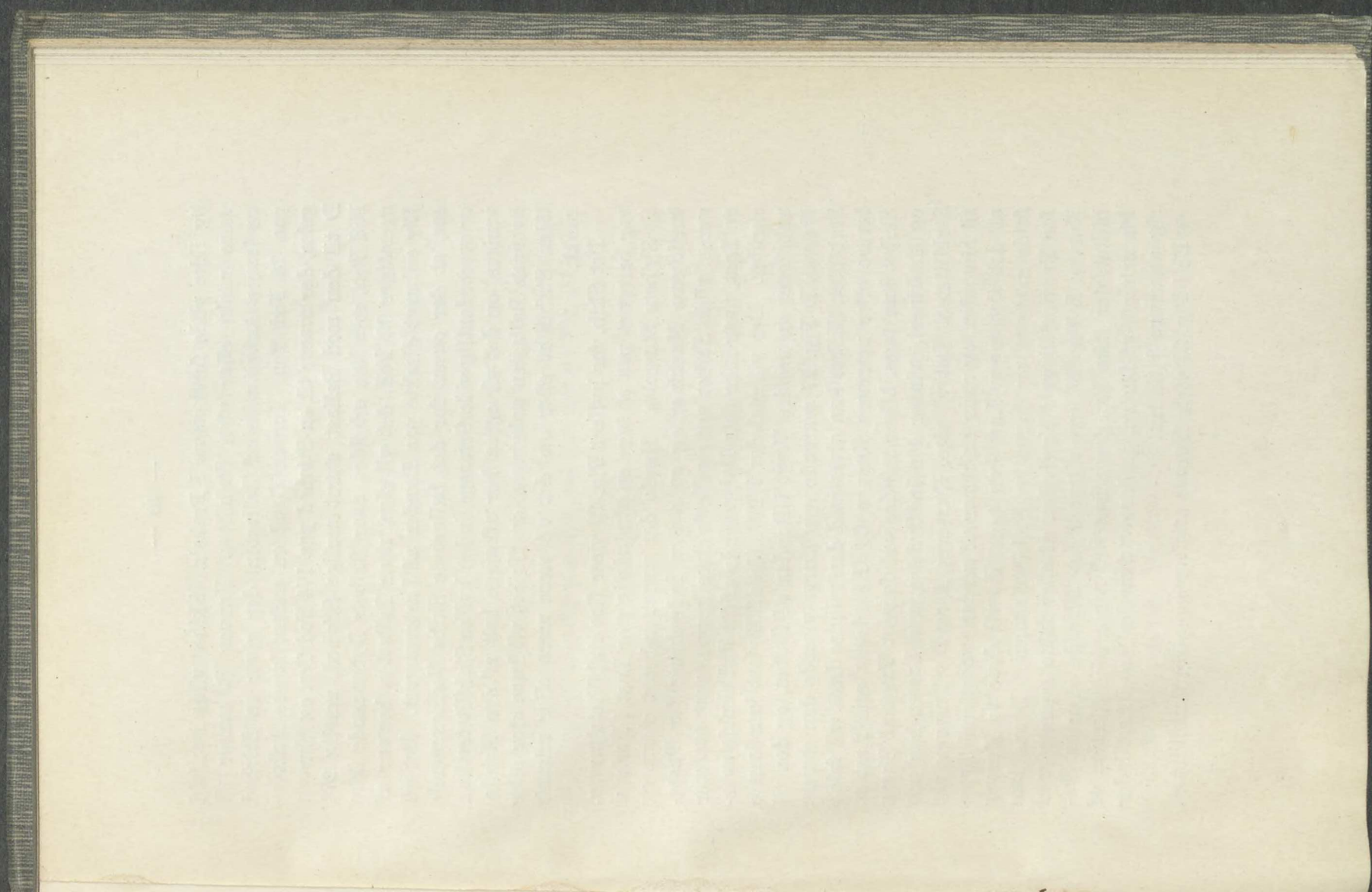


Fig. 28.

Handwritten notes in the bottom right corner:

$\frac{8}{20} = \frac{2}{5}$
 $\frac{5}{20} = \frac{1}{4}$



lig ikke vilde forekomme i Praksis. Skibet vilde isaafald være rankt eller uten Stabilitet. Kurven B svarer til en lavere Anbringelse af Ballasten, der giver en Stivhed paa 74 Fod Ton, Kurven C til en endnu lavere Anbringelse, der svarer til en Stivhed paa 174 Fod Ton og Kurven D til den med Ballast størst mulige Stivhed, nemlig 274 Fod Ton, som kan erholdes, naar Skibets Dybgaaende ikke overstiger 13 Fod, det vil sige, naar Ballasten bestaar af Bly anbragt direkte paa Bunden af Lasterummet. Det vil ses, at der ogsaa for det ballastede Skibs Vedkommende er overordentlig vide Grænser, inden hvilke Stabiliteten kan variere, og det vil ogsaa her afhænge helt af den Maade, hvorpaa Ballasten anbringes, om Skibet vil have stor eller liden Stabilitet eller om det vil være mere eller mindre rankt.

Det Skib, for hvilket Fig. 27 viser fire stabilitetskurver, var beregnet paa at tage en almindelig stor Last i Forhold til Skibets Størrelse. Havde der været anbragt større og kraftigere Maskiner og en større Indredning for Passagerer, vilde Skibet nødvendigvis ikke kunne taget saa stor en Last, naar ikke dets Dybgaaende af 20 Fod skulde overskrides. Der vil saaledes i Tilfælde af Blylast kun kunne anbringes en mindre Vægt i Bunden af Skibet, og den til Kurven D Fig. 27 svarende nye Kurve visende den største Stabilitet, Skibet kan gives med den mindre Last, vil falde lavere eller nærmere Kurven C. Efterhvert som Lasten, Skibet kan tage, bliver mindre ved forøget Vægt af Skrog og Maskineri, svinder den Indflydelse, som Lasten har paa Stabiliteten. Det vil sige, Kurverne A og D vil nærme sig til hinanden, og naar Skibet er af saadan exceptionel Type, at det slet ingen Last kan tage, da vil disse to Kurver falde sammen og danne en Stabilitetskurve. Denne kan for Exempel ligge i Nærheden af eller falde sammen med Kurven B Fig. 27, som altsaa i det Tilfælde viser en Stabilitet, der ikke kan forandres ved nogen Modifikation af Placeringen af Lasten, da der overhovedet ingen Last lader sig anbringe i Skibet.

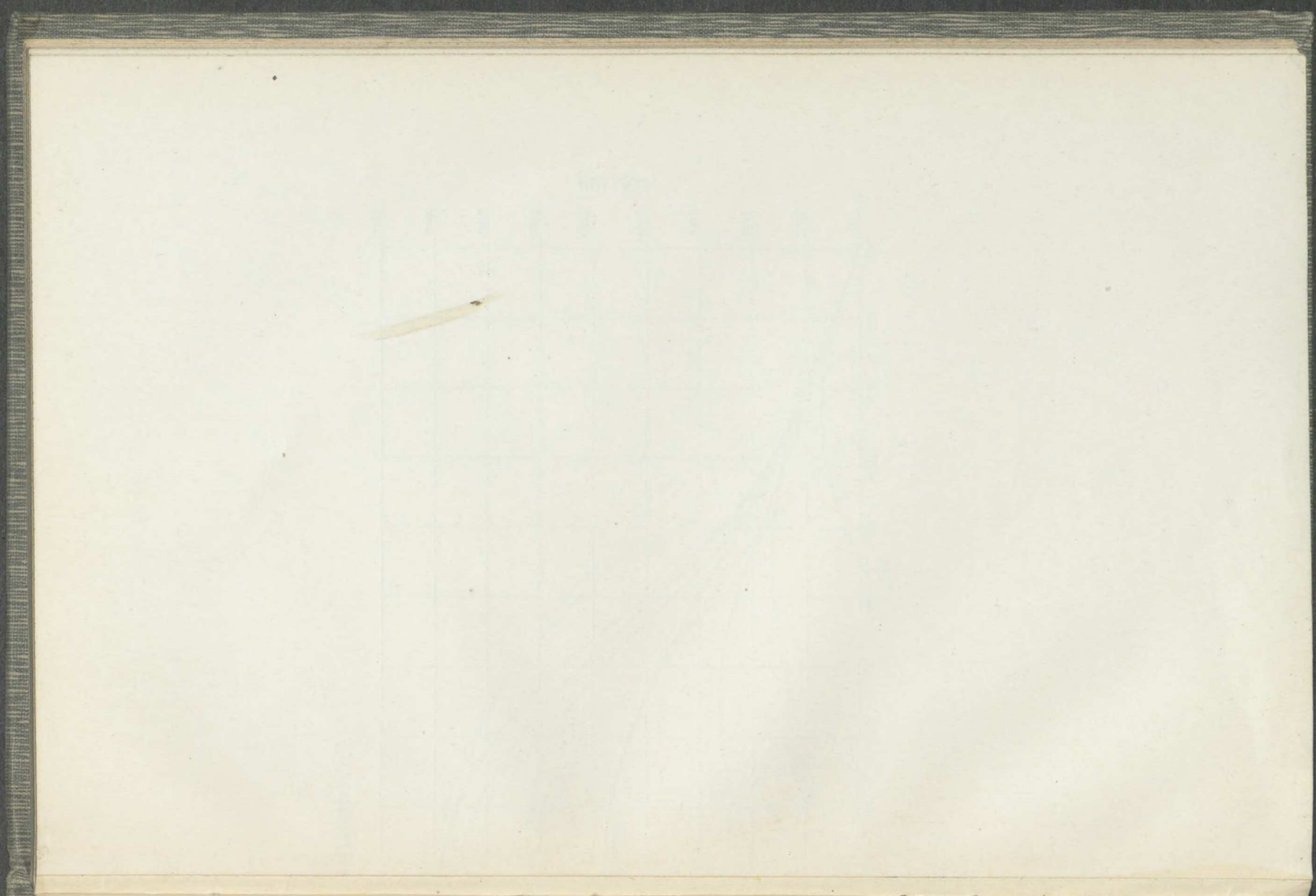
De i Fig. 27 viste Kurver angiver som sagt Stabiliteten,

naar Skibet har en Stivhed af 710, 480, 250 og 20 Fod Ton begyndende med den Kurve, der viser Skibets største Stabilitet naar lastet til 20 Fods Dybgaaende. Kurven C svarer saaledes til en Stivhed, der er 230 Fod Ton mindre end den Kurven D svarer til, Kurven B til en Stivhed 230 Fod Ton mindre end den C svarer til og Kurven A 230 Fod Ton mindre end den Kurven B svarer til. Det vil bemærkes, at Reduktionerne i Stabiliteten ved enhver Krængningsvinkel er ligesom Reduktionen i Stivheden lige stor. Det samme vil sees at være Tilfælde med de i Fig. 28 viste Kurver. Naar Stivheden reduceres, formindskes Stabiliteten jevnt overalt, og det omvendte er Tilfælde, naar Stivheden forøges. For alle Dybgaaende af samme Skib og forøvrig for alle Skibe hvad end Typen er vil Stabiliteten forøges ved en Forøgelse af Stivheden ganske som vist ved Kurverne i Fig. 27 og 28.

Fribord.

For at faa Oversigt over den Indflydelse, som Størrelsen af et Skibs Fribord har paa Stabiliteten er det hensigtsmæssig at fremstille en Del Stabilitetskurver for samme Skib, men for forskjellig Fribord.

Fig. 29 viser nye Stabilitetskurver for det Skib, for hvilket de i Fig. 27 og 28 viste Kurver angiver Indflydelsen af Placeringen af Last og Ballast. Fribordet varierer fra 0.1 til 0.7 af Skibets Dybde. Det vil sige det svarer til Variationer helt fra meget dybt lastet eller overlastet til ballastet eller endnu lettere Tilstand, medens Skibets Stivhed forbliver den samme, nemlig 100 Fod Ton. Det vil af de i Fig. 29 viste Kurver fremgaa, at Størrelsen af et Skibs Fribord har en meget stor Indflydelse paa Stabiliteten. Naar Skibet er saa dybt lastet, at Fribordet kun er 0.1 af Skibets Dybde, saa naar Stabiliteten sit Maximum ved cirka 10° Krængning og forsvinder helt ved cirka 22° Krængning. Øges Fribordet til 0.2 af Skibets Dybde, forøges Stabiliteten overordentlig meget og forsvinder først ved cirka 55° Krængning. Forøges Fribordet til 0.3 af Skibets Dybde, øges Stabiliteten atter meget og den forsvinder da



Fribordets Indflydelse.

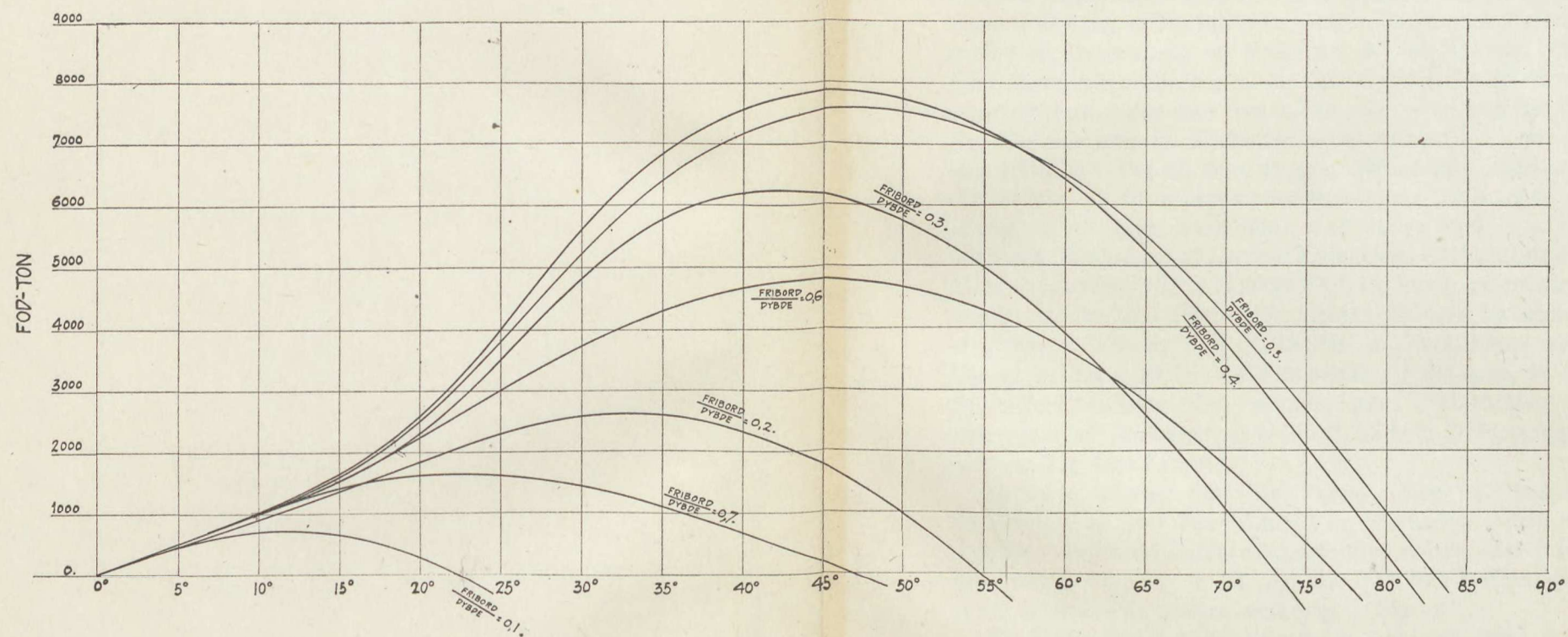


Fig. 29.

først ved cirka 73° Krængning. Forøges Fribordet videre til 0.4 af Skibets Dybde, er der igjen nogen Øgning i Stabiliteten, og den forsvinder da først ved cirka 82° Krængning. Ved en yderligere Forøgelse af Fribordet er der ingen betragtelig Forøgelse i Stabiliteten, og denne har saaledes sit Maximum, naar Fribordet er omtrent Halvdelen af Skibets Dybde. Fortsætter man med at forøge Fribordet, reduceres Stabiliteten derfor. Er Fribordet saaledes 0.6 af Skibets Dybde, er Stabiliteten omtrent som naar Fribordet er 0.3 af Dybden, og er Fribordet 0.7 af Skibets Dybde, naar Stabiliteten allerede sit Maximum ved cirka 20° Krængning og forsvinder helt ved cirka 47° . For alle almindelige Skibsformer vil Forholdet i det væsentlige være som vist i Fig. 29. Det vil sige, at naar Stivheden forbliver den samme saa vil Stabiliteten forøges, naar man øger Fribordet af et lastet Skib eller med andre Ord, naar man reducerer Størrelsen af Lasten. Forøgelsen af Stabiliteten vil foregaa hurtigst ved fuldlastet Skib og bliver efterhaanden mindre, indtil den forsvinder. Naar Skibets Dybgaaende er omtrent ligestor med Fribordet, er Stabiliteten størst. For et ballastet Skibs Vedkommende vil det sees, at naar Stivheden forbliver den samme, øges Stabiliteten, naar Størrelsen af Ballasten øges indtil Skibets Dybgaaende er omtrent lig dets Fribord.

De i Fig. 29 viste Stabilitetskurver svarer som nævnt til en Stivhed af 100 Fod Ton. Var Stivheden større eller mindre vilde Stabiliteten over alt blive større eller mindre som vist i Fig. 27 og 28, og alle Kurverne vilde derfor falde høiere eller lavere end vist i Fig. 29.

Et Skibs Fribord er dets Høide over Vandet. De almindelige Overbygninger paa Skibe saasom Hytte, Bro og Bak er i Virkeligheden en delvis Forøgelse af Fartøiets Høide over Vandet. Saadanne Overbygningers Indflydelse paa et Skibs Stabilitet er derfor ogsaa af samme Karakter som den Indflydelse selve Fribordet øver. Størrelsen af den Virkning en Overbygning øver paa Fribordet er selvfølgelig afhængig af Overbygningens Længde. Praktisk talt kan en Overbygningens Indflydelse paa Stabiliteten siges

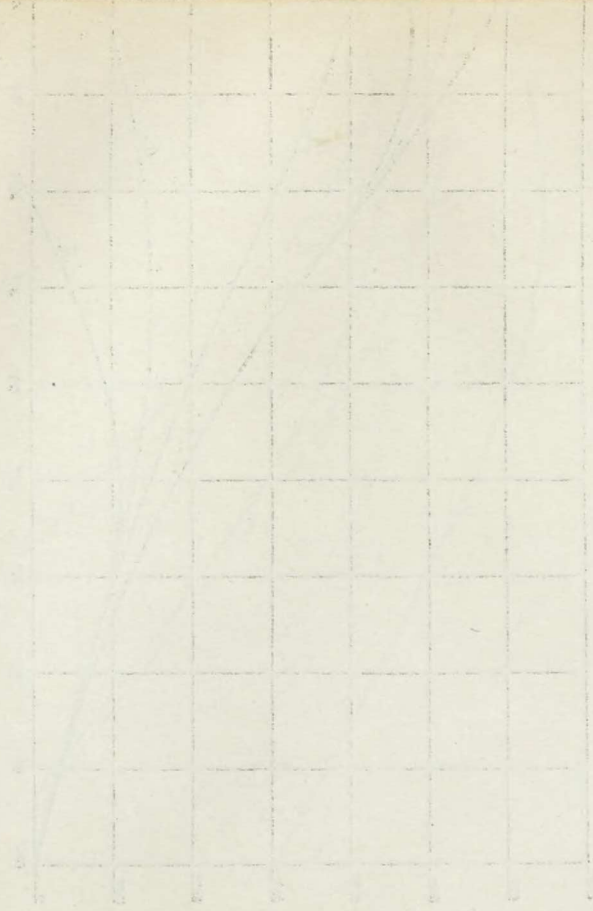
at være den samme som en Forøgelse af selve Fribordet med en Høide, der er betydelig mindre end Overbygningens Høide.

Fig. 30 viser Stabilitetskurver for et Skib 265 Fod langt, 41 Fod bredt og 25.2 Fod dybt. Stivheden er 70 Fod Ton. Kurven A viser Stabiliteten i lastet Tilstand uden Overbygninger og Kurven A₁ i samme Tilstand, men med en 124 Fod lang Hytte og 78 Fod lang Bak. Kurven B viser Stabiliteten i ballastet Tilstand og uden Overbygninger og Kurven B₁ i ballastet Tilstand men med Overbygninger som i ovennævnte Tilfælde. Det vil bemærkes, at Kurverne B og B₁ begge ligger over de tilsvarende Kurver A og A₁. Dette har sin Aarsag i, at Fribordet er større, naar Skibet er i ballastet Tilstand end naar det er i lastet Tilstand (se Fig. 29). Med Hensyn til Overbygningernes Indflydelse saa vil det bemærkes, at denne er forholdsvis større for lastet Skib end for ballastet i Overensstemmelse med, hvad ovenfor er anført angaaende den større Indflydelse som en bestemt Forøgelse af Fribordet har paa et fuldt lastet Skib i Forhold til et ballastet. For et lastet Skib sees Overbygningernes Indflydelse (Fig. 30) saaledes at begynde ved en Krængning paa 15°, hvorimod Indflydelsen for ballastet Skib først begynder ved 32° Krængning. De i Fig. 30 viste Stabilitetskurver forudsætter som sagt, at Stivheden er 70 Fod Ton. Er den større eller mindre, vil alle fire Kurver falde høiere eller lavere. (Se Fig. 27 og 28).

Flydende Last eller Ballast.

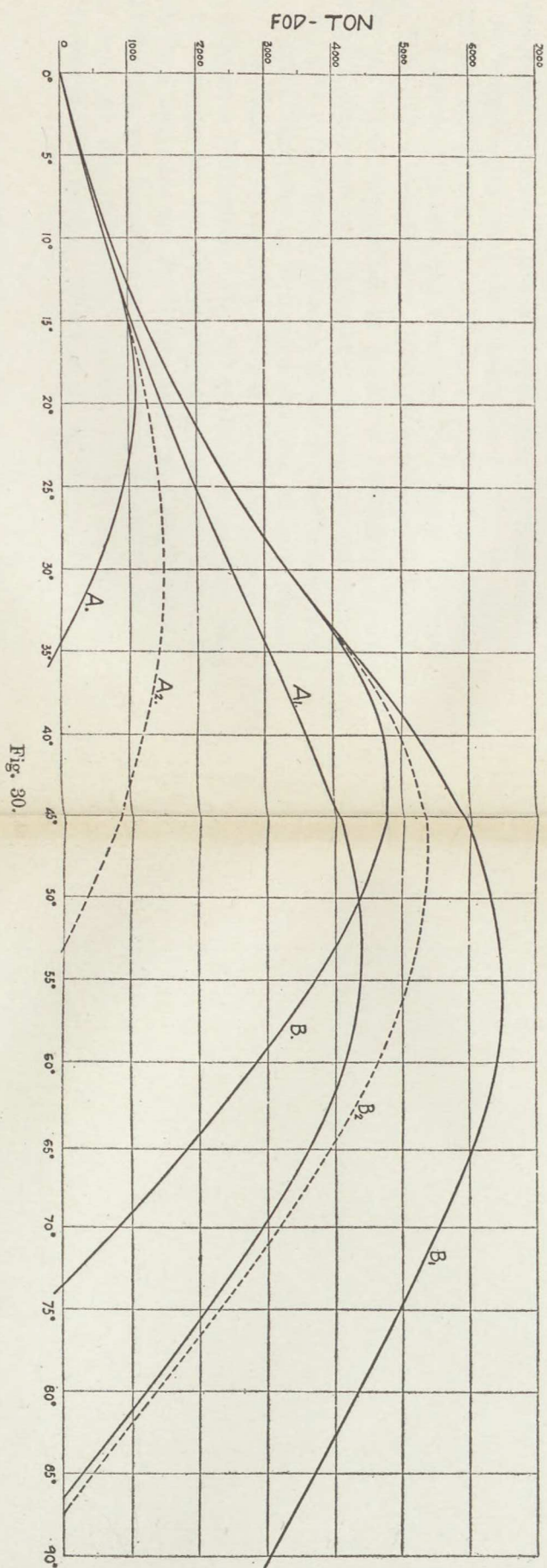
Er flydende Last som for Exempel Olje eller Vandballast anbragt saaledes, at der ikke er nogen eller ialfald ikke nogen større fri Overflade eller med andre Ord saaledes, at Rummene er helt fyldte, saa har saadan Last eller Ballast nøiagtig den samme Indflydelse paa et Skibs Stabilitet som enhver fast Last af samme Vægt, det vil sige, Stabiliteten vil blive forøget eller reduceret eftersom Lasten eller Ballasten bliver anbragt lavt eller høit. Har flydende Last eller Ballast imidlertid en fri Overflade, der tillader

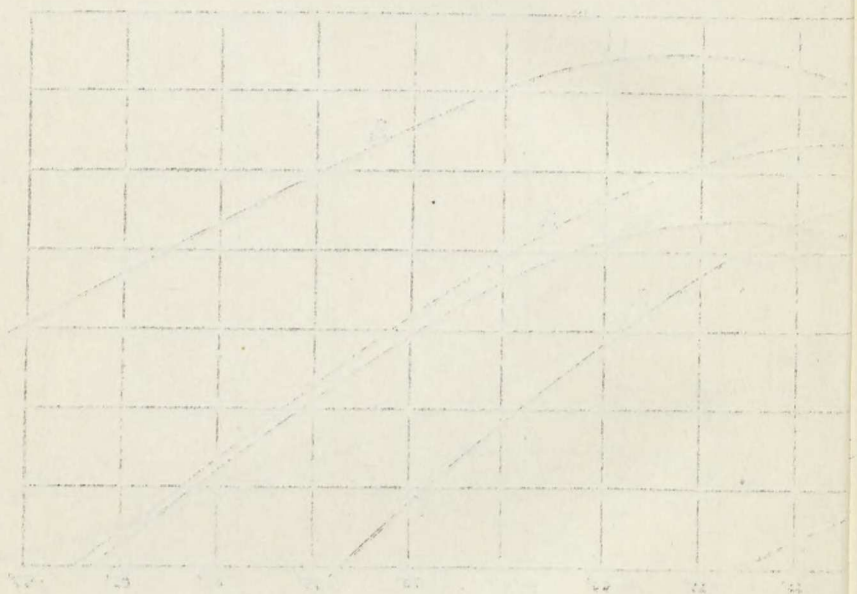
18. 90

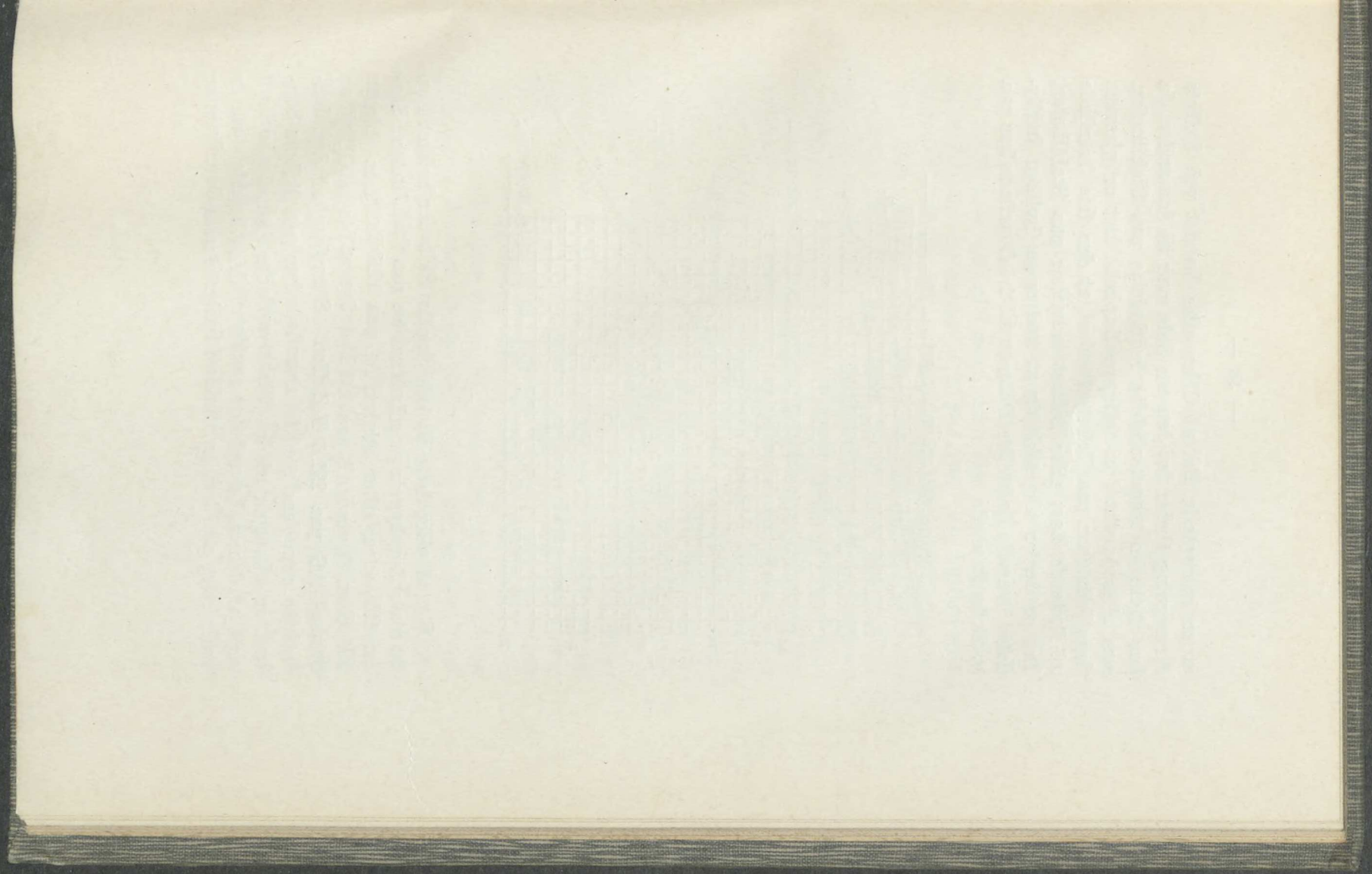


0.0000000000

Overbygningers Indflydelse.







at en betragtelig Del af Oljen eller Vandet ved Skibets Krængning flyder fra den ene Side over til den anden, da har dette en meget uheldig Indflydelse paa Stabiliteten, som allerede vist i et tidligere Kapitel. Det er gennem dens Indvirken paa Skibets Stivhed, at den frie Overflade af flydende Last eller Ballast indvirker paa Stabiliteten. Det er derfor tilstrækkelig at undersøge, hvilken Indflydelse flydende Last eller Ballast med fri Overflade har paa et Skibs Stivhed.

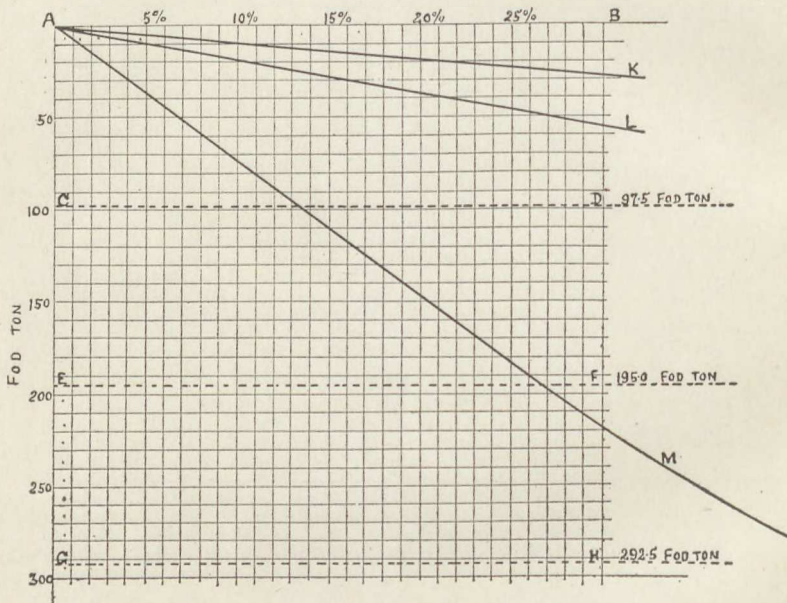


Fig. 31.

Fig. 31 viser dette Forhold for det Skib, for hvilket Fig. 30 viser Overbygningens Indflydelse paa Stabiliteten. Linjen CD svarer til en Stivhed AC paa 97.5 Fod Ton. Linjen EF til en Stivhed AE paa 195 Fod Ton og Linjen GH til en Stivhed AG paa 292.5 Fod Ton. Størrelsen af den Indflydelse, som Vand med fri Overflade har paa Skibets Stivhed, er afhængig af den frie Overflades Størrelse, det vil sige, af dennes Længde og særlig af dens Bredde, men er uafhængig af i hvilken Høide i Skibet denne Overflade er

beliggende. For at illustrere dette kan man for forskellige Længder af Rum vise grafisk den tilsvarende Reduktion i Stivheden. Langs Linjen AB er afsat Tal svarende til den fri Overflades Længde, det vil i Almindelighed sige, det Rums Længde, som er fyldt med Vand. Tallene angiver Rummets Længde i Procenter af Skibets Længde. Ned fra Linjen AB kan da afsættes Reduktionen i Stivheden. Fyldes saaledes delvis et Rum midtskibs af en Længde lig 10 % af Skibets Længde med Vand, saa foranlediger dette en Reduktion i Stivheden af 72 Fod Ton. Var Skibets Stivhed 97.5 Fod Ton, bliver saaledes Reduktionen 74 %, var Stivheden 195 Fod Ton, bliver Reduktionen 37 % og var Stivheden 292.5 Fod Ton, bliver Reduktionen kun 24.7 %. Det vil saaledes sees, at hvis Skibets Stivhed er liden, vil Reduktionen som Følge af Tilstedeværelse af Vand med fri Overflade blive forholdsvis meget større end, naar Skibets Stivhed er større. Er Længden af det Rum, der er fyldt med Vand, 25 % af Skibets Længde, bliver Reduktionen i Skibets Stivhed 182 Fod Ton. Var Skibets Stivhed 97.5 Fod Ton, bliver Skibet saaledes ustabil ved Tilstedeværelsen af en saa stor Længde af Rum midtskibs delvis fyldt med Vand. Var Skibets Stivhed 195 Fod Ton, bliver Reduktionen 93 % og var Stivheden 292.5 Fod Ton, bliver Reduktionen 62 %. Linjen AM Fig. 31 angiver Reduktionen i Stivheden maalt fra Linjen AB for de forskellige Længder af Rum midtskibs med frit Vand i. Var Rummene ved Enderne af Skibet, vilde Reduktionen i Stivheden blive meget mindre paa Grund af Rummenes mindre Bredde. Reduceres Bredden af det Rum, hvori der er frit Vand, reduceres nemlig Virkningen paa Stivheden meget. Linjen AK angiver saaledes Reduktionen i Stivheden, naar Bredden af Rummet med frit Vand i er Halvdelen af Skibets Bredde. Som det vil sees, er Reduktionen under disse Omstændigheder kun en Ottendedel af, hvad den er, naar Rummet har Skibets fulde Bredde. Deles et Rum ved et vandtæt Langskibsskud i Midten, saa bliver der to Rum af den halve Bredde, og Reduktionen i Stivheden bliver derfor to Gange Reduktionen foranlediget ved et Rum af Skibets

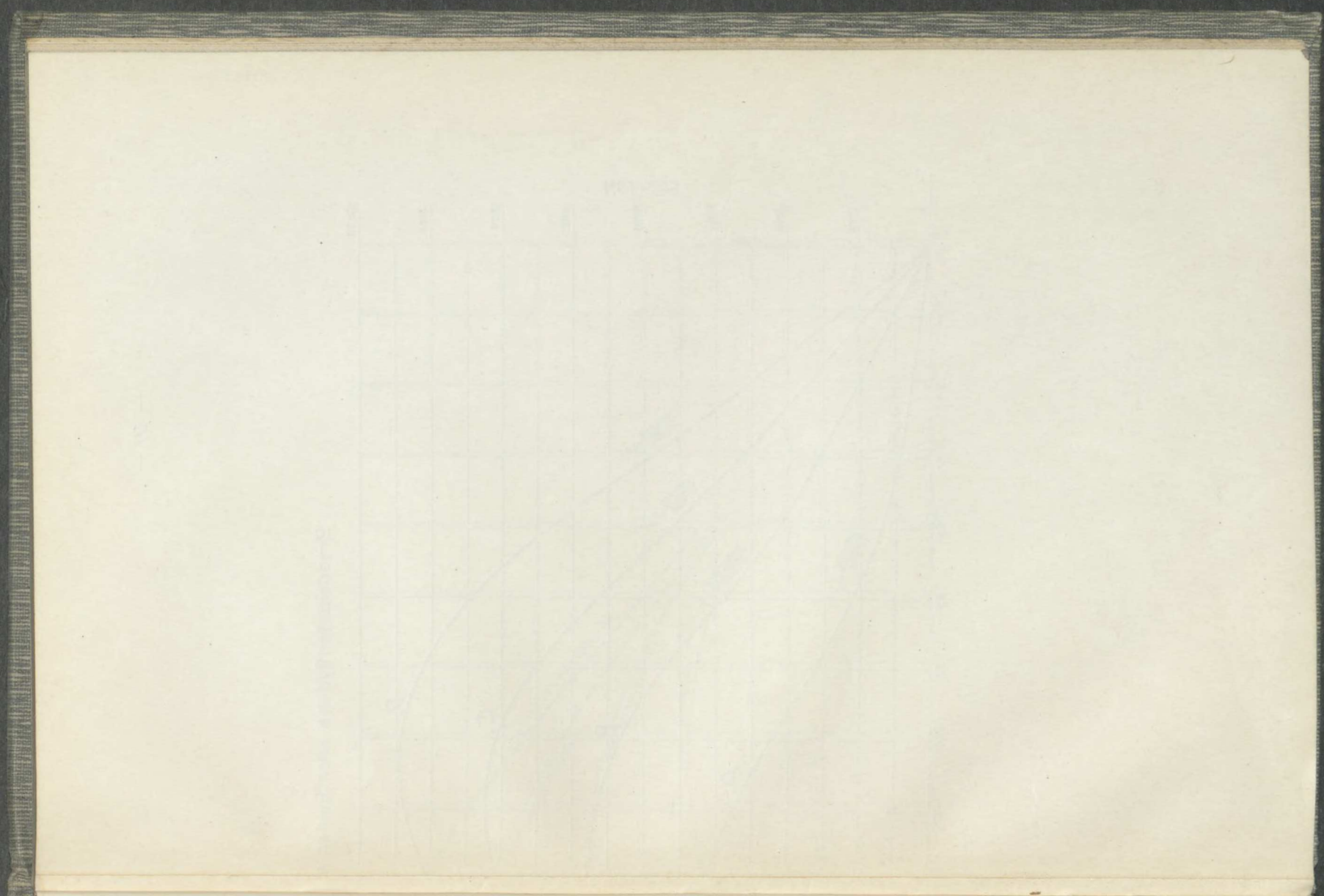
halve Bredde. Det vil sige, Reduktionen i Stivheden formindskes ved Anbringelse af et saadant Skud til en Fjerdedel af, hvad det er, naar Rummet har fuld Bredde. Linjen AL Fig. 31 angiver Reduktionen i Stivheden, naar et saadant Langskibsskud er anbragt. Det vil af Ovenstaaende fremgaa, at den Reduktion i et Skibs Stivhed, som foranlediges ved Tilstedeværelsen af flydende Last eller Ballast forøges i samme Forhold som Længden af den frie Overflade forøges, og at den forøges voldsomt ved en Forøgelse i Bredde af den frie Overflade. Paa den anden Side er Størrelsen af Reduktionen i Stivheden uafhængig af Beliggenheden af den frie Overflade. Selve Mængden eller Totalvægten af den flydende Last eller Ballast har selvfølgelig den samme Virkning paa Stivheden som Anbringelsen af enhver anden Vægt af fast Last eller Ballast i samme Høide. (Se Kapitel 2 og 3). Det er derfor ikke umulig, at Anbringelsen af Vand selv med fri Overflade i den nedre Halvdel af Fartøiet, særlig naar der bliver tilstrækkelig Dybde af Vandet i sin Helhedsvirkning kan have nogen Forøgelse af Skibets Stivhed tilføje, idet Anbringelsen af en saa stor Vægt dybt i Skibet vil kunne forøge Stivheden mere end den frie Vandoverflade vil reducere den.

Bredde.

Forøges Længden af et Skib, saa forøges Stabiliteten tilsvarende. Et Tillæg til Længden af 5 % har derfor ogsaa et Tillæg til Stabiliteten af 5 % tilføje. Forøges et Skibs Længde, Bredde og Dybde, forøges Stabiliteten overordentlig meget. Et Tillæg af 5 % paa Længde, paa Bredde og paa Dybde foranlediger saaledes et Tillæg af 20 % paa Stabiliteten. Baade naar Skibets Længde forøges og naar alle dets Hoveddimensioner forøges, øges Skibets Størrelse, og den Indflydelse dette har paa en flydende Gjenstands Stabilitet, blev redegjort for i Kapt. III. Det er imidlertid af liden praktisk Interesse at undersøge, hvilken Indflydelse en Forøgelse af et Skibs Størrelse har paa

dets Stabilitet. Er Skibet færdigbygget, er man avskaaret fra at erholde den nødvendige Stabilitet ved en Forøgelse af dets Størrelse. Skal Skibet bygges, er det som Regel heller ikke gjørlig at forandre Skibets Størrelse af Hensyn til Stabiliteten. Det er derfor Forholdet mellem Bredden og Dybden, der, hvad angaar Skrogets Dimensioner, er bestemmende med Hensyn til Størrelsen af Skibets Stabilitet. Dette har allerede været berørt i Kapitel III. Det er imidlertid ønskeligt at illustrere paa en oversigtlig Maade den Indflydelse, Bredden af et Skib eller rettere Forholdet mellem Bredden og Dybden har paa et Skibs Stabilitet.

Kurven B Fig. 32 er Stabilitetskurven for omtrent fuldt lastet Tilstand for det Skib, for hvilket Kurverne i Fig. 27 og 28 viser henholdsvis Lastens og Ballastens Indflydelse paa Stabiliteten. Forholdet mellem Skibets Bredde og Dybde er 1.54, og Stivheden er 207 Fod Ton. Gjøres Bredden mindre, saa Forholdet mellem denne og Dybden bliver 1.34, reduceres Stivheden til 52.5 Fod Ton, naar andre Ting forbliver uforandret. Det vil sige, Skibets Længde og Størrelse forøvrig bliver uforandret og Lasten forbliver anbragt i samme Høide i Forhold til Skibets Dybde som for Exempel vil være Tilfælde, naar hele Rummet i begge Tilfælde bliver helt fyldt af Lasten. Kurven A viser Stabiliteten, naar Bredden er reduceret til 1.34 Gange Dybden, og det vil bemærkes, at Stabiliteten bliver betragtelig reduceret ved alle Krængningsgrader op til over 60. Forøges Skibets Bredde fra 1.54 til 1.74 Gange Dybden, saa forøges Stivheden fra 207 til 364 Fod Ton, og Stabiliteten bliver som vist ved Kurven C. Forøges Bredden yderligere til 1.94 Gange Dybden, bliver Stivheden 535 Fod Ton, og Stabiliteten bliver som vist ved Kurve D. Det vil af Kurverne i Fig. 32 sees, at Stabiliteten forøges jevnt for alle almindelige Krængningsgrader for en jevn Forøgelse af Bredde i Forhold til Dybde. Forøgelsen af Stabiliteten er imidlertid kun en Følge af den store Forøgelse af Skibets Stivhed, som Forøgelsen af Bredden har tilfølge. Da Stivheden af et Skib er den Faktor i Forbindelse med Stabiliteten, der lettest under de for-



Breddens Indflydelse naar Lasten er anbragt paa samme Maade.

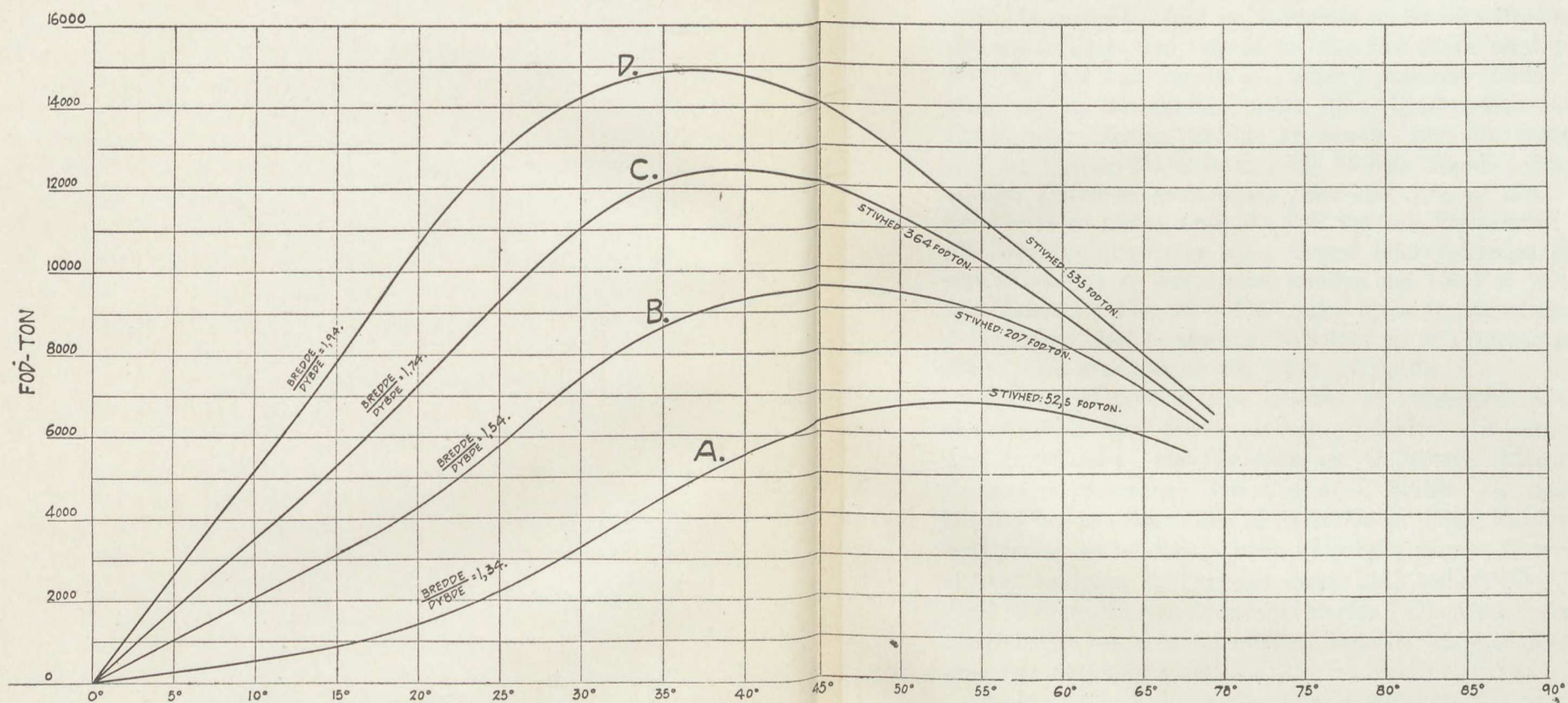


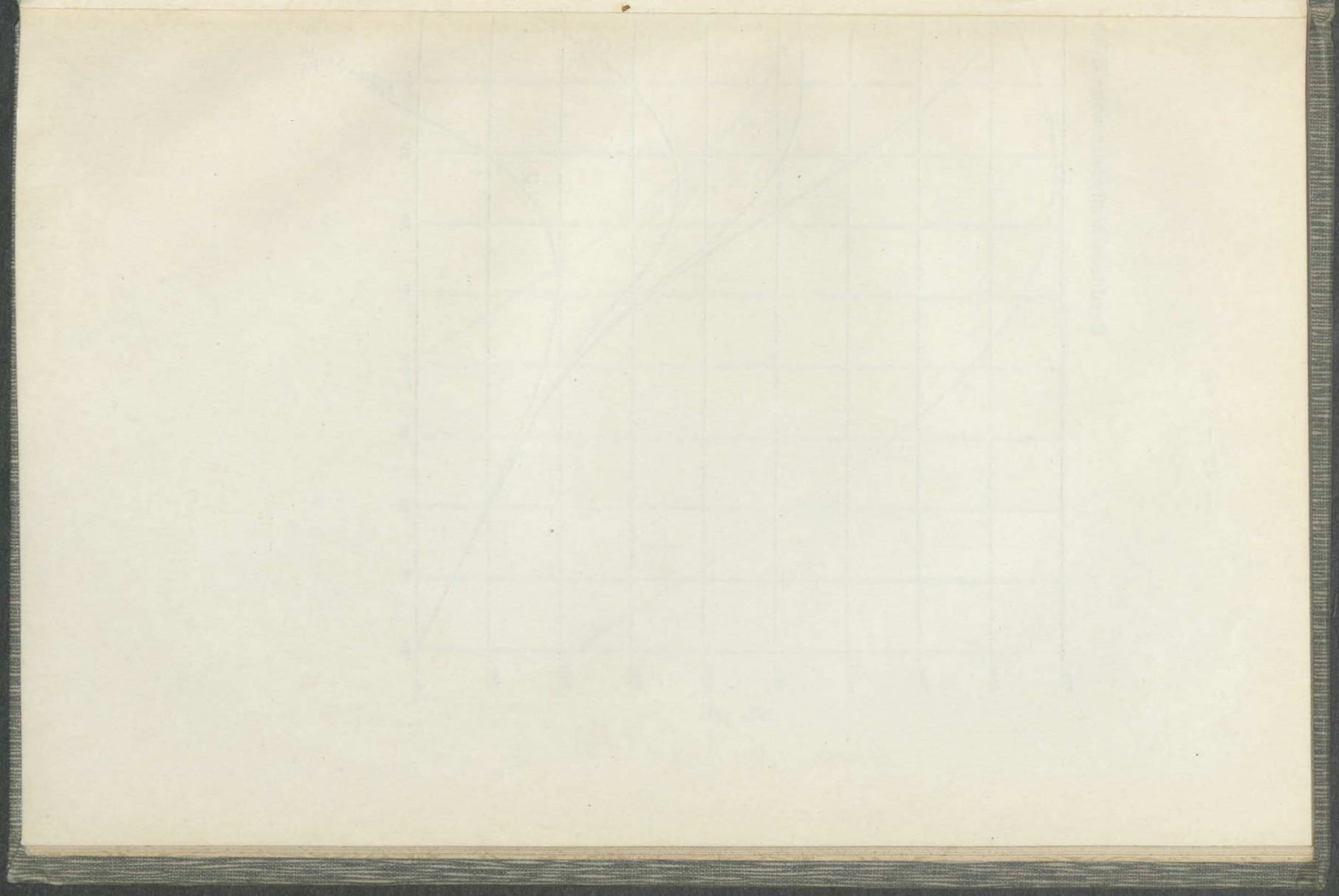
Fig. 32.

skjellige Omstændigheder lader sig nøiagtig bestemme, er det hensigtsmæssig at se, hvilken Indflydelse Bredden har paa Stabiliteten, naar Stivheden forbliver den samme.

Fig. 33 viser fire Stabilitetskurver for de samme Skibe som de, for hvilken Kurverne i Fig. 32 er udarbejdede. Det vil sige, Skibenes Dimensioner er for alle fire Kurver her som i Fig. 32 de samme, men medens Stivheden i forrige Tilfælde forøgedes med en Forøgelse af Skibets Bredde, er den nu forudsat den samme for alle fire Skibe nemlig 100 Fod Ton ved Anbringelse af Lasten i passende Høide. Det viser sig, at Stabiliteten under disse Omstændigheder er størst, naar Skibets Bredde er mindst, idet Kurverne A, B, C og D viser Stabiliteten, naar Skibets Bredde i Forhold til dets Dybde er henholdsvis 1.34, 1.54, 1.74 og 1.94. Var Stivheden en anden end 100 Fod Ton, vil Stabiliteten ved alle Krængningsgrader blive forøget eller reduceret eftersom Stivheden er større eller mindre end 100 Fod Ton, og alle Kurver i Fig. 33 vilde under disse Omstændigheder falde høiere eller lavere end Tilfældet nu er i Overensstemmelse med, hvad der er vist i Fig. 27 og 28.

Stabilitetskurverne for Skibe af bestemte Dimensioner er i det foran anførte benyttet til at vise den Indflydelse, som Lastens og Ballastens Placering, Fribordets Størrelse, frit Vand i Skibet og Skibets Bredde har paa Størrelsen af Stabiliteten. Disse Faktoreres Indflydelse vil imidlertid blive af ganske samme Karakter, af hvad Størrelse og Type det valgte Skib end er. De i Fig. 27 til 33 viste Kurver illustrerer derfor i sin Almindelighed den Indflydelse, de omhandlede Faktorer har paa Størrelsen af et Skibs Stabilitet.

Der er andre Faktorer end de Ovennævnte, der har Indflydelse paa Forløbet af Stabilitetskurven, saasom et Skibs Spring, Bundreis og Formfinhed. De væsentlige Faktorer og de, der alene har praktisk Betydning, er imidlertid Anbringelsen af Lasten eller Ballasten, Fribordets Størrelse, Tilstedeværelsen af flydende Last eller Ballast og Skibets Bredde i Forhold til dets Dybde. Naar den Indflydelse, Forholdet mellem Bredde og Dybde har, her er behandlet



Breddens Indflydelse naar Stivheden forbliver uforandret.

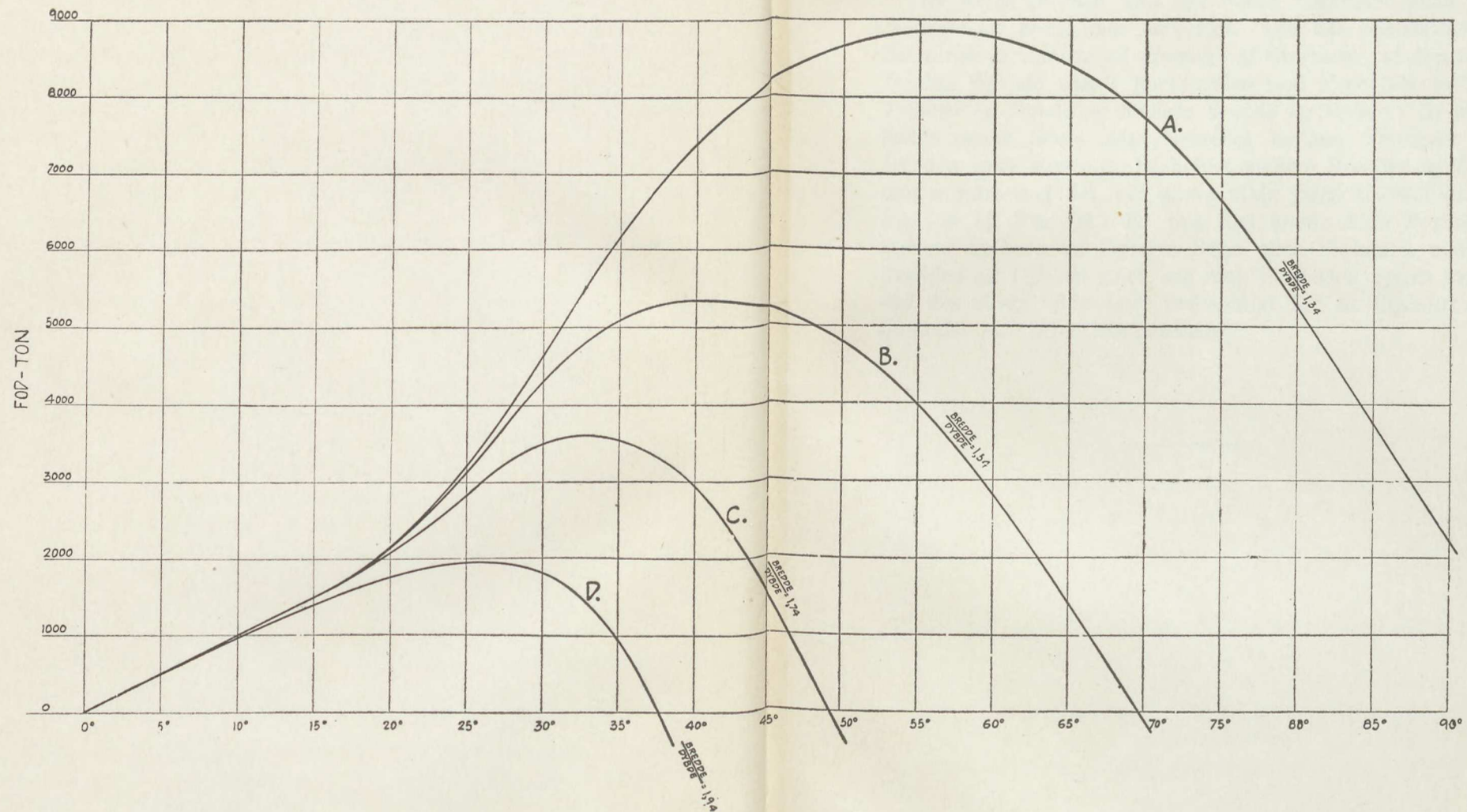
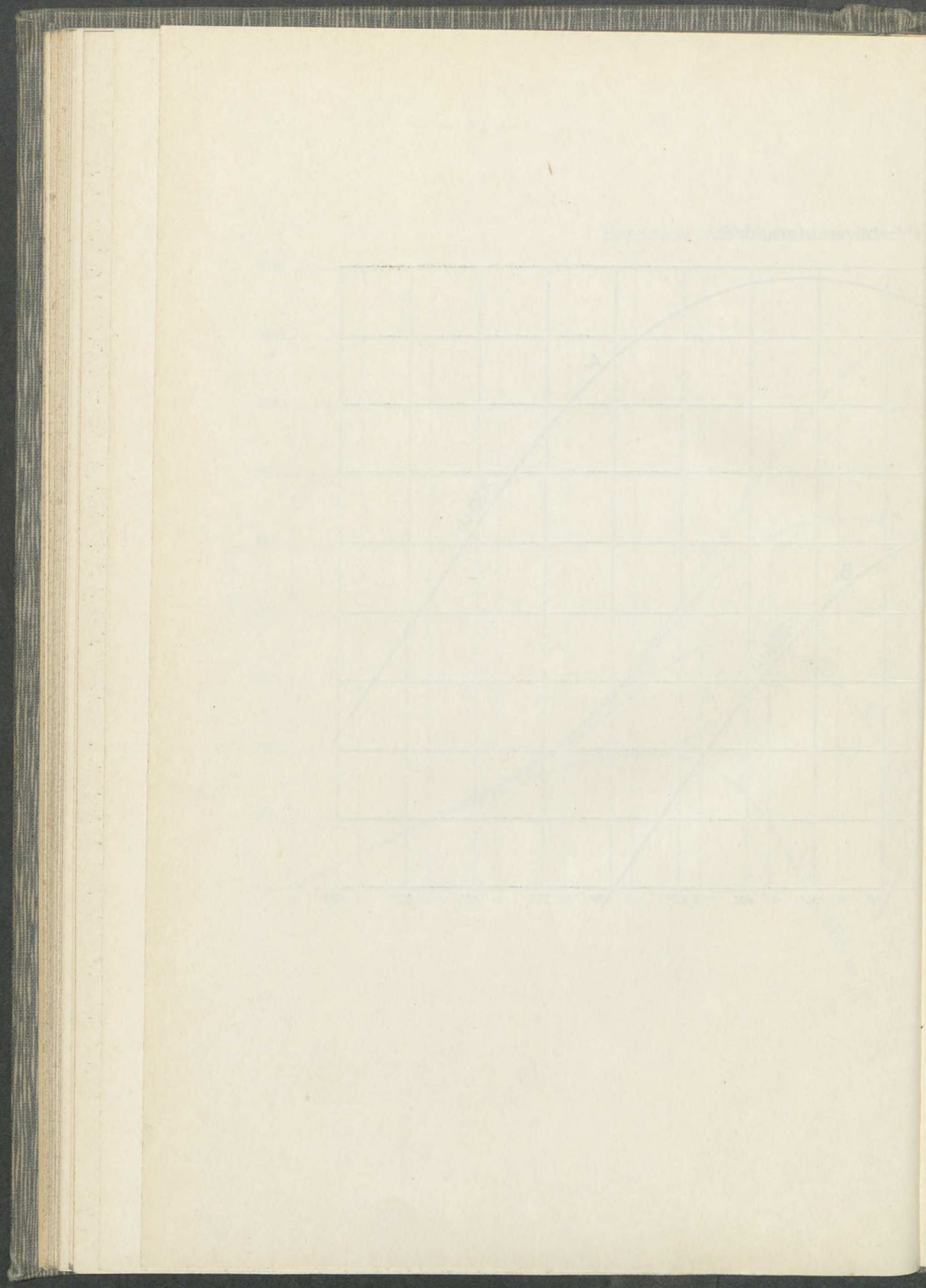


Fig. 33.



sidst, saa er det, fordi denne Faktor er uforanderlig, naar et Skib er bygget, og derfor i Praksis ikke kan benyttes til at regulere Stabiliteten med.

Et Skibs Stivhed kan som foran beskrevet altid forholdsvis let bestemmes nøiagtigt. Om den tilstrækkelige Stabilitet er tilstede vil afhænge af Størrelsen af den forefundne Stivhed seet i Forbindelse med Forholdet mellem Fribord og Dybde og mellem Bredde og Dybde. Er Stivheden meget liden, maa Forholdet mellem Fribordet og Dybden være større og Forholdet mellem Bredden og Dybden mindre end det, det ellers vilde være nødvendigt, se Fig. 29 og Fig. 33. Er paa den anden Side Forholdet mellem Fribord og Dybden liden eller Forholdet mellem Bredden og Dybden stort, saa maa Stivheden gøres større end det ellers vilde være nødvendigt for, at Stabilitetens Størrelse kan blive tilstrækkelig.

VI.

Slingring.

Lad Fig. 34 forestille en større eller mindre Træklods som den vist i Fig. 7 hvilende paa et fast Underlag for Exempel et Bord.

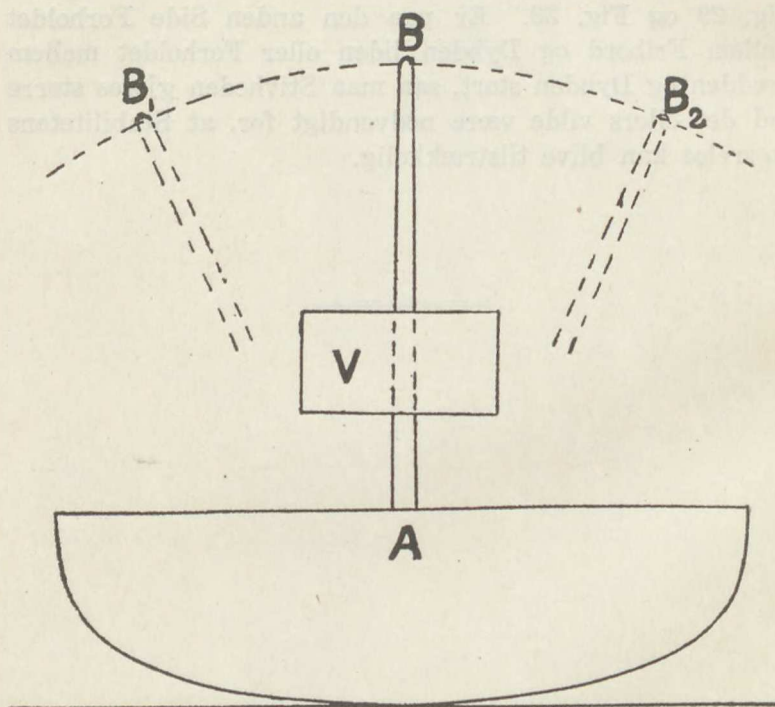


Fig. 34.

Krænger man Klodsen over til Siden til en større Vinkel, og giver man derpaa pludselig slip paa den, vil den, hvis den ikke falder helt over i Krængningsretningen, svinge tilbage til sin oprindelige oprette Stilling. Den vil imidlertid ikke stanse her, men svinge videre til den modsatte

Side af den, hvortil den blev krænget. Derpaa vil den svinge tilbage og igjen ud over den oprette Stilling og saaledes frem og tilbage, medens Udslagsvinklerne bliver mindre og mindre, og Klodsen omsider kommer til Hvile i sin oprindelige Stilling. Sænker man Vægten V paa Stangen AB og sætter derefter igjen Klodsen i Svingninger, vil man finde, at Svingningerne vil foregaa meget hurtigere end Tilfældet var, da Vægten V var anbragt som vist i Fig. 34. Omvendt vil man finde, at hvis man hæver Vægten, saa vil Svingningerne foregaa langsommere. Det er noksaa naturligt, at saa er Tilfælde, thi i det Øieblik man giver Slip paa Klodsen, vil Krægningskraften eller Stabiliteten tvinge denne tilbage til sin oprindelige Stilling, og jo større Stabiliteten er, des hurtigere svinges Klodsen tilbage til denne Stilling. Paa Grund af den Fart, Klodsen opnaar ved Svingningen henimod den oprindelige oprette Stilling, vil den svinge videre, indtil den et Stykke paa den anden Side af sin oprindelige Stilling stanser og af Stabiliteten ved denne Krægningsvinkel tvinges tilbage. Som tidligere vist (Kapt. II) forøges Stabiliteten og Stivheden, naar Vægten V sænkes og reduceres omvendt, naar Vægten hæves. Svingningshurtigheden, det vil sige, Antallet af Svingninger i en given Tid, sig i et Minut, forøges derfor ved en Forøgelse og reduceres ved en Reduktion i Klodsens Stivhed. Hvis Klodsen var gjort af en Form som den vist i Fig. 9, vilde man saaledes ogsaa, da Stivheden derved reduceres, finde, at Svingningshurtigheden vil blive mindre, og det omvendte vil blive Tilfælde, naar Klodsen gjøres af en bredere eller fladere Form. Ønsker man, at Klodsen skal svinge langsomt og længe, bør man ikke gjøre den for bred, hæve Vægten V saa høit som mulig uden at Klodsen helt mister Stabiliteten, og give Klodsen en tilnærmelsesvis Cirkelform. Man vil, hvis man foretager saadanne Svingningsforsøg, ogsaa finde, at en Klods med liden Stivhed har en større Tilbøielighed end en Klods med større Stivhed til at foretage Svingninger til store Krægningsvinkler samtidig med at Bevægelsen foregaa langsommere. Dette er ogsaa naturligt, da der fordres en mindre Kraft til at krænge

Klodsen med den mindre Stivhed. Svingningshurtigheden kunde maales ved, at man angav Antallet af Svingninger i et Minut. Den maales imidlertid som Regel ved, at man istedet derfor angiver det Antal Sekunder, som det tager for Klodsen at svinge fra en Yderstilling lig B_1 til B_2 (Fig. 34) og tilbage til B_1 . Man bestemmer lettest og nøiagtigst denne Tid T ved, at man noterer den Tid det tager for Gjenstanden at gjøre et bestemt Antal Svingninger. T er da denne Tid i Sekunder dividert med Antallet af foretagne Svingninger. Hvis man foretog Svingningsforsøg med Klodser af forskjellig Størrelse, men med samme Stivhed, vilde man finde, at de største Klodser vilde svinge noget langsommere end de mindre. Svingningstiden øges derfor ved en Forøgelse af en Gjenstands Størrelse. Hvis man noterer saavidt gjørlig Tiden for en enkelt Svingning ved forskjellige Tidspunkter efterhvert som Svingningerne reduceres, vil man finde, at den er prakisk talt den samme til ethvert Tidspunkt, altsaa hvad enten Svingningsvinklerne er store som ved Bevægelsens Begyndelse eller smaa som ved Bevægelsens Slutning. Lader man Klodsen Fig. 34 svinge uden at røre den, vil den som sagt efterhaanden svinge til mindre og mindre Vinkler og tilsidst helt ophøre at svinge. Hvis man istedetfor at lade Klodsen svinge frit giver den et lidet Stød i Bevægelsesretningen for Exempel ved Toppen af Stangen AB lige efter at den har naaet en af Yderstillingerne for Exempel B_1 , saa vil Resultatet blive, at Svingningen forøges, og Klodsen vil paa den anden Side af den oprette Stilling svinge længere end til B_2 . Gjentager man Stødet hver Gang Stangen lige er naaet til B_1 , vil Følgen blive, at man ved et ubetydeligt Stød, givet i det rigtige Øieblik og med Mellemrum svarende til Svingningstiden T , efterhaanden kan forøge Klodsens Svingning saa meget, at den endog tilslut vælter helt over paa Siden.

Det væsentlige af Interesse i Forbindelse med en Gjenstands Svingning paa fast Underlag er altsaa følgende:

1. Svingningshurtigheden bestemmes paa Grundlag af den Tid T , der gaar med til at foretage en Svingning fra den ene Side til den anden og tilbage igjen.

2. Svingningshurtigheden øges og Svingningstiden T reduceres derfor, naar Stivheden øges, og det omvendte er Tilfældet, naar Stivheden reduceres.
3. Svingningstiden T forøges ved en Forøgelse af Gjenstandens Størrelse, forudsat at Stivheden er den samme.
4. Gjenstande med liden Stivhed svinger lettere end Gjenstande med større Stivhed til store Svingningsvinkler.
5. Svingningsvinklernes Størrelse reduceres efterhvert, naar Gjenstanden overlades til sig selv, men Svingningstiden forbliver praktisk talt den samme for de smaa som for de store Svingningsvinkler.
6. Man kan med gjentagen Anvendelse af en mindre Kraft i den rigtige retning og i det rigtige Øieblik forøge Svingningen.

Det lille Apparat kaldet en Metronome, som benyttes til at angive Tempoet i Musik, illustrerer paa en udmærket Maade, hvad der ovenfor er anført angaaende en Gjenstands Svingning. I dette Apparat er Gjenstanden hængt op som et Pendul istædet for at svinge paa et fast Underlag, og en lille metal Vægt er anbragt paa en vertical Stang saaledes, at man ved dens Hævning eller Sænkning kan forøge eller reducere Svingningstiden. Ved et lidet Tryk af en staal Fjær i det rette Øieblik holdes Bevægelsen igang i længere Tid.

Gaar man over til at betragte Svingning af flydende Gjenstande, saa vil selvfølgelig for den samme Gjenstand Stabiliteten og Stivheden blive anderledes, end naar Gjenstanden hviler paa et fast Underlag. Hvis man imidlertid lader Klodser som de vist i Fig. 17 og 19 svinge flydende, saa vil man finde, at hvad der ovenfor er anført for Gjenstande, der svinger paa et fast Underlag, ogsaa gjælder fuldt ud for flydende Gjenstande. Svingningstiden T vil være større eller mindre, eftersom Stivheden er mindre eller større. Svingningstiden T vil være større for de større Gjenstande, forudsat Stivheden er den samme. Store Svingningsvinkler vil lettere opnaaes for Gjenstande med liden end for Gjenstande med stor Stivhed. Er en flydende Gjenstand sat i Svingninger vil disse gradvis dø

hen, men Svingningstiden vil blive praktisk talt den samme, hvad enten Svingningsvinklen er stor eller liden. Ved rigtig Anvendelse af en ubetydelig Kraft kan Gjenstanden bringes til at kantro. Flydende Klodser som de vist i Fig. 17 og 19 er bekvemme til at foretage Svingningsforsøg med og til at illustrere, hvorledes Svingningerne foregaar. Gaar man fra saadanne flydende Forsøgsgjenstande over til virkelige Fartøier, saa vil man selvfølgelig finde, at der paa Grund af Gjenstandenes Størrelse vil være en Del Vanskeligheder ved vilkaarlig at fremkalde Svingnings- eller Slingringsbevægelse. At sætte et mindre Fartøi som for Exempel en Robaat i en slingrende Bevægelse volder dog som bekendt ingen særlige Vanskeligheder. Et større Fartøi kan imidlertid ogsaa i stille Vand sættes i en slingrende Bevægelse for Exempel derved, at et større Antal Mennesker løber frem og tilbage over Dækket i et hurtigere eller langsommere Tempo eftersom Skibets Stivhed er større eller mindre. Den letteste Maade at sætte et større Fartøi i en slingrende Bevægelse er imidlertid at lægge det ud, hvor det faar lidt Sjø eller Vind paa tvers. Det vil da af sig selv begynde at slingre, og man kan derefter foretage Observationer med Hensyn til Bevægelsen.

Slingringstiden T kan bestemmes derved, at man noterer det Antal Sekunder t , der medgaar til at foretage et givet Antal n hele Svingninger, det vil sige, fra største Krængning til Styrbord til største Krængning til Bagbord og tilbage til største Krængning til Styrbord. Slingringstiden T er da $\frac{t}{n}$ Sekunder. Hvis der saaledes medgaar 150 Sekunder til 10 hele Slingringer, saa er Skibets Slingringstid 15 Sekunder.

Foretager man Slingringsobservationer for samme Skib, men med forskjellig Stivhed, vil man finde, at Slingringshurtigheden øges, det vil sige, Slingringstiden reduceres ved en Forøgelse af Stivheden og reduceres omvendt ved en Reduktion af Stivheden. Foretager man saadanne Slingringsobservationer for Skibe af forskjellig Størrelse, men med samme Stivhed, vil man finde, at Slingringshurtigheden vil være mindre og Slingringstiden derfor større for det større Skib end for det mindre.

Med Hensyn til Slingringsvinklernes Størrelse saa vil man i Almindelighed finde, at et Skib med liden Stivhed har en større Tilbøielighed end et Skib med større Stivhed til at slingre til store Krængningsvinkler.

Har man Anledning til at foretage Observationer, naar Slingringsvinklerne ved Yderstillingerne gradvis forøges eller reduceres, saa vil man finde, at Svingningstiden er praktisk talt den samme, hvad enten Slingringsvinklen ved Yderstillingerne er stor eller liden. I første Tilfælde er derfor Skibets Bevægelse under en enkelt Svingning hurtigere end i sidste, særlig i det Øieblik, Skibet befinder sig i den vertikale Stilling.

Det er Bevægelsen i Sjøen, der foraarsager, at Skibet begynder at slingre. De ofte forholdsvis smaa Bevægelser af Vandet træder saaledes ved et større Fartøis Slingring istedetfor de ovenfor omtalte mindre Stød, hvorved man kan sætte en mindre flydende Gjenstand i Svingninger. I almindelighed vil Sjøens Bevægelser forme sig som en Række ensartede Bølger, der hver især foraarsager et lidet Tryk paa Fartøiet i en bestemt Retning. Hvis det hænder, at Skibet bliver udsat for disse Bølgetryk med et regelmæssig Tidsmellemrum, svarende til Skibets Slingringstid, saa vil Slingringsvinklen ved Yderstillingerne blive forøget mere og mere, indtil Skibet maaske endogsaa helt kantrer. En saadan Række af Bølgetryk svarer nøie til de ovenfor beskrevne Stød, givne til en svingende Gjenstand med Tidsmellemrum svarende til Gjenstandens Svingningstid, og hvorved Gjenstanden kan bringes til at kantro. Det er imidlertid sjældent, at Sjøens Bevægelser falder saa nøie sammen med Skibets, at Slingringen stadig forøges. I Almindelighed vil Tiden mellem de gjentagne Bølgetryk ikke falde helt sammen med Slingringstiden. Bølgetrykket vil da i det ene Øieblik have en Tendens til at forøge Slingringen og i det næste en Tendens til at reducere den. Resultatet af dette bliver, at et Skibs Slingring som Regel foregaar paa den Maade, at Slingringsvinklen i Yderstillingerne i nogle Minutter forøges for derefter i de følgende Minutter at blive reduceret. At saa er Tilfælde vil ogsaa

være enhver bekendt, der har taget Slingringsobservationer paa et Skib i Sjøen.

Et færdigbygget Skibs Slingringstid kan praktisk talt kun forandres derved, at Skibets Stivhed forandres, og denne kan igjen praktisk talt kun forandres derved, at Lasten eller Ballasten anbringes i større eller mindre Høide i Skibet. Vil man saaledes gjøre Slingringshurtigheden mindre, maa man anbringe Lasten eller Ballasten høiere oppe.

Ligesom en forholdsvis mindre Kraft gjentagende anvendt i den rigtige Retning og i det rigtige Øieblik kan forøge Slingringsvinklens Størrelse, saaledes kan ogsaa en mindre Kraft gjentagende anvendt i den modsatte Retning og i det rigtige Øieblik bringe Slingringsvinklen til at formindskes. Det er som ovenfor anført Stabiliteten, der, naar et Skib bliver krænget over, driver det tilbage med saa stor Fart, at det fortsætter til den anden Side ud over den oprette Stilling. Stabiliteten er saaledes i Virkeligheden Hoveddrivkraften ved Slingringsbevægelsen, og de mindre Tryk for Exempel fra Bølgeslag, er kun nødvendige til at begynde, opretholde eller forøge Slingringen. Slingringen foregaar saaledes i Virkeligheden paa den Maade, at Stabiliteten som Følge af de ovennævnte periodiske Tryk faar en liden Forøgelse ved hver Krængning. De Kræfter, der driver Skibet til Slingring øges derved efterhvert, og Resultatet er, at Slingringen bliver forøget. Staaer en Person i en mindre Robaad og træder over til den ene Side, krænges Baaden. Lader han da sin Vægt hurtig virke paa den anden hævede Side af Baaden, svinger denne tilbage, og anbringer han nu stadig sin Vægt paa den hævede Side, vil Baaden sættes i stadig øgede Svingninger, idet han ved sin Bevægelse stadig øger den Stabilitet, der svinger den tilbage til sin oprette Stilling. Hvis han nu vil stanse Slingringen, behøver han kun at lade sin Vægt altid virke i den Side af Baaden, der er nedtrykt. Derved vil han nemlig stadig reducere Stabiliteten eller de Kræfter, der tvinger Baaden tilbage til den oprette Stilling. Hvor det gjælder større Fartøier, kan den tilsvarende Bevægelse frembringes

ved at flere Personer som ovenfor nævnt løber frem og tilbage over Dækket i et vist Tempo i Forhold til Skibets Slingringstid. Anbringer Personerne sig først i den ene Side af Skibet, vil dette foraarsage en mindre Krængning. Løber de derefter hurtigt over til den anden Side, krænger Skibet til den Side, og Slingringen vil nu forøges, naar Løbningen foregaar som følger. Medens Skibet krænges for Exempel til Styrbord, løber Personerne fra Dækkets Midte og til Bagbord Side, og medens Skibet vender tilbage til den oprette Stilling, løber Personerne til Midten af Dækket og fortsætter derpaa til Styrbord Side, medens Skibet svinger til Bagbord. Fortsættes paa denne Maade, vil Personernes Vægt altid være paa den Del af Dækket, der i Øieblikket bliver hævet og vil derved stadig øge Stabiliteten, og Følgen heraf er en Forøgelse af Slingringen. En Formindskelse af Slingringen opnaar man ved at lade Personerne løbe saaledes frem og tilbage over Dækket, at de altid befinder sig paa den sænkede Del af Dækket. Hvis man istedetfor Personer bevægede en eller anden tung Gjenstand over Dækket, vilde Virkningen selvfølgelig blive den samme forudsat, at Vægten og Bevægelsestempoet var de samme. Man kan altsaa paa denne Maade fremstille et Apparat, hvorved man kan reducere et Skibs Slingring, og dette er ogsaa blevet gjort. Den Vægt, der anvendes, behøver ikke at være saa særlig stor, naar Skibets Stivhed ikke er meget stor, men det er vanskelig at erholde et passende Bevægelsestempo, der automatisk regulerer sig efter Slingringstempoet. Saa-danne Apparater har derfor ingen praktisk Udbredelse faaet. Istedetfor en fast Vægt, der maa bevæges med mekaniske Midler, kan man imidlertid anvende Vand, der af sig selv i særlige dertil indredede Tanker flyder til den nedkrængede Side af Skibet. Ved at have en regulerbar Forbindelse mellem de to Sider af en saadan Tank, kan det arrangeres saaledes, at Vandet altid flyder paa den forønskede Maade. Adskillige særlig større Passagerdampere har saadanne Installationer, hvorved den regulære tverskibs Slingring kan reduceres meget. En anden Maade at reducere Slingring paa er ved Hjælp af et saakaldt Gyroskop. Dette

bestaar af et tungt horizontalt Hjul, der holdes i en meget hurtig roterende Bevægelse. Den Modstand et saadant Hjul øver mod Krængning virker som en Bræmse paa Skibets Slingring, idet den til enhver Tid virker imod Skibets slingrende Bevægelse. Saadanne Apparater har ogsaa været anvendt i enkelte Krigs- og Passagerskibe. Det Middel, der i Praksis har været mest anvendt til at reducere Skibes Slingring, er dog de saakaldte Slingrekjøle. Disse bestaar af Langskibsfinner anbragt udvendig paa Skibet saaledes, at de under Slingring ved Bevægelsen gennem Vandet yder en betydelig Modstand. De anbringes over en 25 à 30 % af Skibets Længde midtskibs. De vilde være mest effektive paa Skibets Sider nær Vandets Overflade, men af praktiske Hensyn anbringes de som Regel i Rundingen i Slaget. Den Modstand de yder virker altid imod Skibets Bevægelse, og er størst, naar denne er Maximum, det vil sige, i det Øieblik da Skibet under Slingringen er i den oprette Stilling, og Størrelsen af Modstanden staar i Forhold til Slingrekjølenes Areal. Ingen af ovennævnte Apparaters Anvendelse har nogen betragtelig Indflydelse paa Skibets Slingringstid. De reducerer alle kun Størrelsen af den regulære Tverskibs-Slingringsvinkel.

VII.

Størrelsen af den Stabilitet et Skib bør have.

Naar et Skibs Stivhed og endnu mere naar dets Stabilitetskurve er bestemt, ansees ofte hele Stabilitetsspørgsmaalet for at være løst. Saa er imidlertid meget langt fra at være Tilfældet. Er der Spørgsmaal om den nødvendige Sikkerhet mod Kantring er tilstede, saa er Bestemmelsen af Stabilitetskurven igrunden kun tilstrækkelig i det Tilfælde, hvor Skibet flyder i helt stille Vand og uden at kunne blive udsat for Paavirkning af Vind eller andre forstyrrende Kræfter. Hvis Stabilitetskurven under disse Omstændigheder i det Hele taget viser nogen Stabilitet, saa vil Skibet forblive opret. Det er imidlertid ikke i stille Vand alene, at det er paakrævet, at et sjøgaaende Skib er stabilt, og det er i og for sig ikke givet, at et Skib vil være stabilt i Vand, der er i Bevægelse, fordi det er stabilt i stille Vand. Som ovenfor forklaret er det for Exempel muligt for et Skib at have endog meget rigelig Stivhed og Stabilitet forøvrig i stille Vand og dog kantre, naar det kommer ud, hvor der er lidt Sjø, nemlig i det Tilfælde, at Vandets Bevægelse er saadan, at den foraarsager stadig øget Slingring. Skibet kan under disse Omstændigheder kantre uden at der forøvrigt tilstøder det noget, som for Exempel at der sker Skade paa Skroget eller kommer Vand paa Dækket eller i Rumet, og det er muligt og maaske sandsynligt, at saadan Kantring er hændt i mere end et Tilfælde. Ligeledes er det ikke uden videre givet, at fordi et Skib er stabilt i stille Vand, det ogsaa vil være stabilt, naar det befinder sig paa Siden af eller paa Toppen af en mægtig Ocean-Bølge. Der er imidlertid ogsaa mange andre Omstændigheder, der gjør, at den Stabilitet, der er tilstrækkelig i stille Vand, ikke ogsaa vil være det i aaben Sjø. Skibet er i det sidste Tilfælde udsat for at faa mindre eller større Vandmasser paa

Dækket, og dette kan paa flere Maader reducere Stabiliteten. For det første formindskes Stivheden ved, at en Vægt af en saadan Vandmasse anbringes saa højt oppe. For det andet reduceres Stivheden, fordi Fribordet paa Grund af den øgede Vægt paa Skibet reduceres. For det tredie reduceres Stivheden derved, at der paa Skibet forefindes Vand med fri Overflade. For det fjerde kan Vandet løbe over til Siden af Dækket og derved foraarsage større eller mindre Krængning. Foruden Faren ved at faa Vandmassen ombord, kan Skibet blive udsat for et stort Vindtryk, der kan krænge det over og mulig foraarsage Kantring. Det vil herav fremgaa, at det paa ingen Maade er givet, at et Skib vil være i Besiddelse af tilstrækkelig Stabilitet, fordi det ifølge sin Stivhed og Stabilitetskurve for stille Vand skulde være det. Spørgsmaalet bliver da, hvormegen Stabilitet, der er nødvendig, for at Skibet kan være stabilt under de Omstændigheder, hvor Sikkerhed mod Kantring maa være tilstede. Dette er et praktisk Spørgsmaal, og uden dets tilfredsstillende Besvarelse er Kjendskab til Stivhed og Stabilitetskurver værdiløs. Desværre er en kategorisk Besvarelse af Spørgsmaalet udelukket. Hvorvidt et Skib vil eller vil ikke være i Besiddelse af tilstrækkelig Stabilitet, vil afhænge af mange Omstændigheder, saaledes blandt andet af den Sjø og Vind, det kan blive udsat for, af den større eller mindre Forskyvning, der mulig kan finde Sted af Lasten, af mulig Overisning etc. Det er derfor yderst vanskelig at fastsætte nogen almindelig Regel for den minimums Stabilitet, som et Skib bør have, og i Praksis bliver det overladt til Skibets Fører i hvert enkelt Tilfælde at afgjøre, hvad der er tilstrækkelig Stabilitet, alle Hensyn taget i Betragtning. Det kunde heraf synes at fremgaa, at Beregningen af Stivhed og af Stabilitetskurver er af meget tvilsom Værdi. Naar dette alligevel ikke er Tilfælde, saa er grunden den, at det erfaringsmæssig har vist sig, at et Skib, der har en rimelig Stivhed og en rimelig Stabilitet ved de større Krængningsgrader, virkelig, naar det bliver sjømandsmæssig behandlet, ogsaa vil have den nødvendige Stabilitet under de almindelige omskiftende Forhold paa det aabne udsatte Hav. Det

er i Virkeligheden Kjendskab til et Skibs Stivhed og til dets Stabilitetskurve, der i Forbindelse med Sjømandserfaring angaaende saadant Kjendskabs Anvendelse skaber Sikkerhed mod Kantring. Naar heldig Seilads har kunnet foregaa fra de tidligste Tider og vedblivende i de fleste Tilfælde foregaa uden noget Kjendskab til Stivhed og Stabilitetskurver, saa er Grunden den, at en erfaren og dygtig Sjømand ubevist lader sig lede af disse Faktorere ved sin Vurdering af et Skibs Sikkerhed mod Kantring. Den omtrentlige Størrelse af Stivheden faar han mer eller mindre instinktmæssig Kjendskab til gennem Skibets smaa Krængninger, foraarsaget ved Anbringelse af eller Bevægelse af Last eller andre Vægter ombord eller ved Virkningen af Vind eller Sjø. I Henhold til hvad der foran er anført, vil disse Bevægelser nemlig blive hurtigere eller langsommere og mindre eller større eftersom Stivheden er større eller mindre. En Sjømand vil som Regel ogsaa paa Grundlag af sin Erfaring ved en mere eller mindre overfladisk Inspektion af et Skibs Bredde og Dybde og Anbringelsen af Lasten eller Ballasten kunne afgjøre, om den fornødne Stivhed er tilstede. Om den nødvendige Stabilitet er tilstede ved de større Krægningsvinkler afgjør han i Henhold til sit Kjendskab til Fribordet.

Paa Grundlag af et Skibs Stabilitetskurver, for Exempel de, der blev vist i Fig. 27, 28 og 29, kunde man fastsætte Størrelsen af en Minimums-Stabilitet for et Skib paa den Maade, at der fastsættes en Minimums-Stivhed og desuden en Minimums-Stabilitet ved for Exempel 30° Krægningsvinkel. Sig at man sætter Minimums-Stivheden til $\frac{1 \times b \times b}{6000}$ Fod Ton, idet l er Skibets Længde og b dets Bredde i Fod og Minimums-Stabiliteten ved 30° Krængning til $\frac{1 \times b \times b}{150}$. Stivheden bør da under ingen Omstændigheder være mindre end $\frac{1 \times b \times b}{6000}$ og den maa, naar Stabiliteten ved 30° Krængning ellers vilde blive forliden, forøges saa meget, at Stabiliteten ved denne Krægningsvinkel ikke bliver mindre end $\frac{1 \times b \times b}{150}$. Af de i Fig. 29 viste Stabilitetskurver vil det

fremgaa, i hvilke Tilfælder det er, at Minimumsgrænsen for Stivheden maa forøges, for at man kan erholde tilstrækkelig Stabilitet forøvrig. Er Fribordet passende, vil det saaledes sees, at Stabiliteten ved 30° Krængningsvinkel vil være tilstrækkelig, naar Stivheden er det. Er paa den anden Side Fribordet lidet for Exempel under 0.2 af Skibets Dybde, eller er Skibets Dybgaaende lidet for Exempel under 0.4 af Skibets Dybde, saa maa Stivheden forøges, for at Stabiliteten ved 30° Krængning kan blive tilstrækkelig. Har man altsaa Kjendskab til Stivheden, og er Stabilitetskurverne ved Haanden, kan man undersøge, om den nødvendige Minimumsstabilitet er tilstede. Dels har man imidlertid sjelden i det enkelte Tilfælde de nødvendige Stabilitetskurver, og dels bliver det allikevel da et erfaringsmæssig Skjønsspørgsmaal, hvilken Størrelse Minimumsstabiliteten bør have. Under disse Omstændigheder kan man praktisk talt naa en ligesaa betryggende Bedømmelse af Spørgsmaalet om Minimumsstabiliteten paa Grundlag af nøiagtig Kjendskab til Stivheden og en direkte skjønsmæssig Bedømmelse af den Indflydelse de andre Faktorere, væsentlig Skibets Fribord og Bredde har paa Stabiliteten. Nogen Fortrolighed med Skibes Stabilitetsforhold vil kunne gjøre en skjønsmæssig Bedømmelse af den Indflydelse, Fribordets Størrelse bør have paa Minimumsgrænsen for Stabiliteten forholdsvis meget paalidelig. Er Skibets Fribord eller dets Dybgaaende lidet i Forhold til dets Dybde, maa altsaa Stivheden være større end ellers nødvendig, om den fornødne Sikkerhet skal være tilstede. Det samme gjælder, som det vil sees af Kurverne vist i Fig. 33, ogsaa naar Skibets Bredde er stor i Forhold til dets Dybde.

Af hvad der tidligere er anført, vil det fremgaa, at naar der nedenfor antydes en Minimumsstivhed som værende passende for de forskjellige Størrelser af Skibe, saa er det ikke saa at forstaa, at mindre ikke i det enkelte Tilfælde kan være nok, og at mere ikke er nødvendig i andre. Reglen er kun antydet for at give de, der ikke selv erfaringsmæssig kan afgjøre, hvilken Stivhed der er tilstrækkelig, Kjend-

skab til den omtrentlige Størrelse af den Minimumsstivhed, der i Praksis har vist sig passende. Det er nødvendig ved en Undersøgelse af Spørgsmaalet om, hvilken Stabilitet Skibe bør have, at behandle Dampere og alle andre Skibe fremdrevet med mekaniske Midler og Seilskibe hver for sig.

Dampere.

For afmindelige sjøgaaende Laste- og Passagerdampere vil følgende Stivhed som Regel være omtrent et passende Minimum, nemlig

$$\frac{l \times b \times b}{6000} \text{ Fod Ton,}$$

hvor l er Skibets Længde og b dets Bredde i Fod. For mindre Dampere bør Stivheden, særlig hvis Fribordet er lidet i Forhold til Skibets Dybde i Almindelighed, være noget større end den ovenfor antydede Regel vilde give, idet mindre Fartøier lettere end større bliver udsat for forholdsvis store krængende Kræfter af Sjø og Vind. Paa den anden Side vil mindre Stivhed end den ovenfor antydede ofte være tilstrækkelig, naar Fribordet er stort i Forhold til Skibets Dybde.

For ethvert almindeligt Skib, der ikke er beregnet paa kun at føre en bestemt Slags Last, maa der kunne træffes saadanne Foranstaltninger, at tilstrækkelig Stabilitet altid er tilstede. Af de i Fig. 27 viste Kurver fremgik det, at Lastens Anbringelse har en saa overordentlig stor Indflydelse paa Stabilitetens Størrelse, at den er helt afgjørende for, om Skibet vil være stabilt eller ikke. Det kunde synes ønskeligt, at konstruere et Skib saaledes, at Lasten kunde anbringes paa en hvilkensomhelst Maade uden at man risikerede, at Skibet blev ustabilt. Dette er imidlertid desværre i Praksis umuligt, da et saadant Skib vilde være saa urimelig bredt og uhensigtsmæssig i andre Henseender, at det vilde være uanvendeligt i almindelig Fragtfart. En rimelig Anbringelsesmaade for Lasten maa derfor forudsættes.

Last.

Man bør saaledes for Exempel kunne gaa ud fra, at en tung Last ikke i sin Helhed og heller ikke for ssørste Parten anbringes oppe paa et Mellem-dæk. Paa den anden Side er det hensigtsmæssig, at Lasteskibe gives en saa stor Stivhed, at der er Adgang til at tage en fra et Stabilitetssynspunkt set, noget mindre heldig Last. For et almindeligt Skib vil en Last som er tilstrækkelig tung til at bringe Skibet ned til den dybeste Lastelinje, og som tager tilstrækkelig Plads til at fylde hele Lasterummet, være den heldigste. Er Lasten af samme Vægt, men fyldende mindre, saa vil den øverste Del af Rummet nemlig kunne lades tom, hvorved Lastens Tyngdepunkt bliver sænket og Stabiliteten derfor større end i ovenfor nævnte Tilfælde. Er Lasten paa den anden Side lettere, det vil sige, den fylder hele rummet, men bringer ikke Skibet ned til dybeste Lastelinje, saa er der altsaa Anledning til at tage Ballast under Lasten, indtil Skibet kommer ned til dybeste Lastelinje. Tyngdepunktet af den samlede Last inklusive Ballasten vil da ogsaa være længere nede end i ovennævnte Tilfælde, og Stabiliteten vil derfor være større. Mange ældre Skibe er ikke stabile med en Last, der bringer Skibet til dybeste Lastelinje og samtidig fylder hele rummet. Der maa derfor, naar der tages Last af saadan Art, anbringes Ballast under den, hvorved Mængden af den Last, der ellers kunde føres, reduceres. Alle mere moderne Lastedampere er som Regel stabile med fuld Last, der fylder hele Rummet. For at kunne være dette gjøres de af større Bredde i Forhold til Dybden end de ældre (se Fig. 32). En Del Dampere som for Exempel de, der er beregnet paa ofte at tage Trælast, er endogsaa stabile med en meget stor Dækslast. Følgen af at Dampere gjøres af saadan Konstruktion, at de er stabile med let Last, uten at Ballast behøver at anbringes, er, at de, som det vil fremgaa af Kurverne vist i Fig. 27, faar en unødigt stor Stabilitet, naar de tager en tung Last som for Exempel Malm, medmindre denne anbringes paa et høit Underlag, hvad saa godt som aldrig er Tilfælde. At et Lasteskib har en unødigt stor Stabilitet og Stivhed foraarsager en Del

unødvendige Paakjendinger paa Skroget og gjør, som det vil fremgaa af Kapitel VI, Opholdet ombord mindre behagelig for Besætningen, men ellers har det ingen særlig farlige Følger. Bliver et Skib udelukkende anvendt i en bestemt Fart med tung Last, saa er det fra et Stabilitetssynspunkt ønskeligt at konstruere Fartøiet saaledes, at Stivheden er moderat i lastet Tilstand. Det vil sige, at Bredden gjøres mindre i Forhold til Dybden eller at Lasten anbringes høiere ved Anvendelse af Underlæg eller i Skibet indebyggede Binger.

Har et Skib et stort Fribord i Forhold til Dybden, vil det af de i Fig. 29 viste Kurver fremgaa, at Stabiliteten vil være stor i Forhold til Stivheden. Er saaledes Fribordet tilstrækkelig, kan det hænde, at et Skib kan være sikker imod skjæbnsvanger Kantring tiltrods for, at det overhovedet ingen Stivhed har. Lad Kurven A Fig. 35 være den i Fig. 29 viste Stabilitetskurve for et Fribord paa 0.3 af

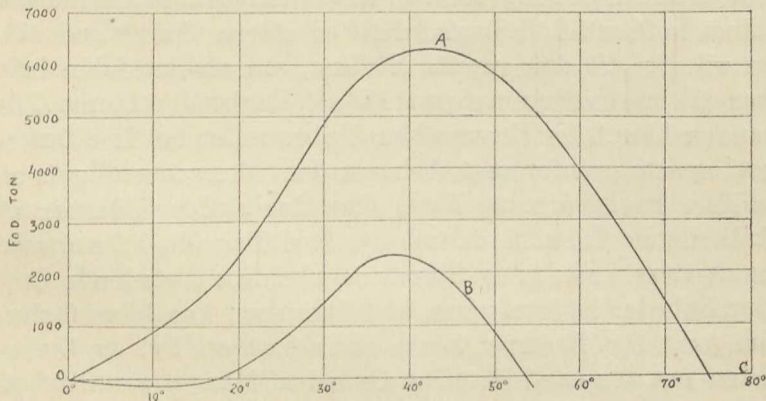


Fig. 35.

Skibets Dybde. Den til denne Stabilitet svarende Stivhed var, som det vil sees af Kapitel V, 100 Fod Ton. Reduceres denne Stivhed for Exempel ved, at Lasten anbringes høiere i Skibet, bliver Stabiliteten mindre, som det vil sees af Kurven i Fig. 27. Reduceres Stivheden saa meget, at den bliver mindre end Nul, saa vil Skibet ikke kunne holde sig opret og vil krænge noget til Siden, men paa Grund af det rigelige Fribord, stanser Krængningen ved en mindre Vin-

kel, og Skibet kan da siges at være stabilt i denne krængede Stilling.

Kurven B Fig. 35 viser det Tilfælde, hvor Stivheden er reduceret til lidt mindre end Nul, nemlig til $\div 10$ Fod Ton. Som det vil sees, falder Stabilitetskurven paa fra 0 til 17^0 Krængning, nedenfor Linje O C, hvilket betyder, at Skibet her er ustabilt. Det falder altsaa over indtil Krængningsvinklen 17^0 er naaet, men der bliver det liggende, og der er ingen Fare for yderligere Krængning forudsat, at Stabiliteten for videre Krængning bliver tilstrækkelig stor. Paa Grund af at Stivheden er saa liden, vil en forholdsvis liden Vægts Flytning ombord eller en forholdsvis svag Paa-virkning af Vind eller Sjø imidlertid kunne foraarsage en større Krængning. Foregaar en saadan Krængning til samme Side som Skibet allerede krænger til, sig til Styr-bord, saa vil det, naar den flyttede Vægt flyttes tilbage, eller hvor Paa-virkning af Vind eller Sjø ophører, svinge tilbage til sin Stilling ved 17^0 Krængningsvinkel. Krænges Skibet imidlertid til Bagbord til en større Vinkel end 17^0 , det vil sige til den oprette Stilling, saa vil det falde helt over til en Krængning paa 17^0 til Bagbord. Denne Tilstand er kjendt for Exempel for Skibe med en høj Træ-Dækslast, og som ovenfor sagt, behøver den ikke nødvendigvis at medføre nogen direkte Fare. Paa den anden Side bør et Skib i denne Tilstand, det vil sige med Slagside, ikke ansees for at være i sjødygtig Stand, da uheldige tilstødende Omstændigheder let kan gjøre, at Situationen kan blive farlig, som naar for Exempel Sjøen slaar bort en Del af Dækslasten paa den ene Side. Paa Grund af Mangel paa Stivhed vil Skibet derved krænge voldsomt til den modsatte Side og mulig kantre helt.

Det maa selvfølgelig være Forudsætningen, at al Last i et Skib er saaledes anbragt, at ingen væsentlig Del af den kan flytte sig ved Skibets Bevægelser i Sjøen. En saadan Flytning til Siden under Skibets Krængning vil nemlig kunne faa uheldige Følger derved, at den foraarsager yderligere Krængning eller endog Kantring. Af hvad der er forklaret i et tidligere Kapitel, vil Virkningen af en saadan

Flytning afhænge af Størrelsen af den flyttede Lasts Vægt og af den Afstand, den er flyttet. Kjender man saaledes denne Vægt og Afstand, kan man let beregne den Krægningsvinkel, Flytningen vil frembringe. Almindelig Last bør imidlertid som ovenfor sagt være stuvet saaledes, at den ikke flytter sig. Visse Arter af Last, saasom Korn og Frø i Almindelighed og i mindre Grad Kul, er i denne Henseende vanskelige Laster, fordi det ikke godt lader sig gjøre absolut at forhindre Forskydning ved Skibets Krængning. Er Rummet helt fuldt, som det undertiden er med Kul, da kan ingen Forskydning finde Sted, men er Rummet ikke helt fyldt, da vil Lasten kunne forskyve sig til den Side, Skibet er krænget til, mere eller mindre eftersom det tomme Rum er større eller mindre. Bestaar Lasten af Korn eller Frø, der synker endel sammen efter indtagning, saa kan der, selv om Rummet er helt fyldt ved Afgang fra Havn, opstaa et tomt Rum ovenover Lasten, medens Skibet er i Sjøen. Det er derfor i saadanne Tilfælde, som forøvrig altid, naar der er eller kan opstaa et tomt Rum over Last, der kan forskyde sig, nødvendigt, at der anbringes solide langskibsgaaende Skudder i Lasterummene, der forhindrer Forskydning. Saadanne Laster er uheldige fra et Stabilitetssynspunkt, thi for det første fylder de omtrent Skibet, og dette har derfor som Regel liden Stivhed til at begynde med, og naar nogen Forskydning af Lasten kan finde Sted, er der altid en Tendens for denne til at øges. En saadan Bevægelse af Lasten kan undertiden tiltrods for alle Foranstaltninger, foraarsage Kantring eller gjøre, at Skibet ikke bliver manøverdygtigt og derfor udsættes for den fulde Kraft af brydende Sjøer. Nød-

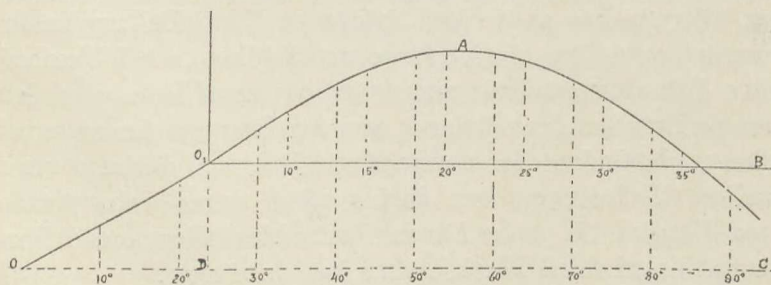


Fig. 36.

vendigvis behøver dog et Skib ikke at kantre, fordi Lasten forskyder sig. Dette behøver nemlig ikke at have anden Følge end, at Fartøiet faar en større eller mindre permanent Krængning eller Slagside, og i denne Stilling kan det være helt stabilt.

Lad $O A$ Fig. 36 være Stabilitetskurven for et Skib med Lasten stuvet ligelig i begge Sider af Skibet. Forskyder Lasten sig saaledes, at Skibet faar en permanent Krængning paa 23° , saa vil Stabilitetskurven istedetfor at være $O A$, blive $O_1 A$, og Stabiliteten bliver at regne fra $O_1 B$ istedetfor fra $O C$. Forskydningen af Lasten, som er repræsenteret ved Produktet af Vægten af den Del af Lasten, der har forskudt sig og Afstanden, over hvilken Forskydningen har fundet Sted, svarer til $D O_1$ Fig. 36. Den oprindelige Stabilitet reduceres derfor med denne Størrelse.

Som det heraf vil fremgaa, behøver det, at et Skib har Slagside, ikke at tilkjendegive nogen Mangel paa Stabilitet. Paa den anden Side er det klart, at Slagside kan være foraarsaget af Mangel paa Stabilitet. Hvorvidt en forekommende Slagside er foraarsaget ved Flytningen af en Vægt (ulige Fordeling af Lasten) eller ved Mangel paa Stabilitet, kan afgjøres derved, at Skibet bringes i den oprette Stilling ved Flytning af en tilstrækkelig stor Vægt. Forbliver Skibet i denne Stilling, var det stabilt, og falder det over til den ene eller den anden Side, var Slagsiden foraarsaget ved Mangel paa Stabilitet. Det Afgjørende er saaledes, om Skibet kan eller ikke kan forblive i den oprette Stilling.

En Del Arter af Last, som for Exempel visse Slags Erts, er saa tung og giver som Følge deraf Skibet saa stor Stivhed, og ligger saa fast dybt i Skibet, at de ikke forskyder sig, tiltrods for, at de kun fylder en liden Del af Lasterummet, og de kan derfor føres med fuldkommen Sikkerhed uden Extraforanstaltninger. Andre Arter af Erts, eller den samme Erts i anden Tilstand, som for Exempel finere knust eller med mindre eller større Fugtighed, kan derimod være farlige. Erfaringen bør derfor altid være bestemmende med Hensyn til, naar Langskibsskudder eller andre Foranstaltninger mod Forskydning bør anbringes.

Den Last, der lettest forskyder sig, er selvfølgelig en flydende Last, som for Exempel Olje, der flyder løs i Lasterummene. Som foran anført afhænger dens uheldige Indflydelse paa Stabiliteten af Størrelsen af Lasterummet særlig Bredden af Oljens frie Overflade. I Praksis anbringes der i Skibe, der fører Oljelast, Expansionsrum ovenover det almindelige Lasterum, og Oljelasten fylder disse Rum omtrent i deres halve Høide. Ved dette Arrangement bliver selve Lasterummet altid holdt helt fyldt, og Lastens frie Overflade holdes indenfor Grænsen af Expansionsrummets Dimensioner. Som Regel er Bredden af dette Rum under Halvdelen af Skibets Bredde, og desuden er det delt med et vandtæt langskibsgaaende Skud i Midten, saa Bredden af den frie Overflade bliver under en Fjerdedel af Skibets Bredde. Derved bliver den frie Overflade uden praktisk Betydning i Forbindelse med Skibets Stabilitet, og en flydende Last er under disse Omstændigheder fra et Stabilitetssynspunkt ikke farligere end almindelig Last.

Visse moderne Lasteskibe har en fra et Stabilitetssynspunkt mindre heldig Form over Vandet, idet Skibssiden i mere eller mindre kort Afstand over dybeste Lastelinje falder stærkt ind enten med en gradvis rundet Form eller med en skraa, plan Flade, hvorved den effektive Bredde af Skibet i Dækkets Høide reduceres. I de fleste saadanne Tilfælde har Skibet heller ingen Spring eller maaske endogsaa negativ Spring eller lavere Fribord ved Enderne af Skibet end midtskibs. Begge disse Aarsager gaar i Retning af en Reduktion af Fribordet og derfor af Stabiliteten under Forudsætning af, at Stivheden er den samme som for et almindeligt Skib. Det farlige ved dette Forhold er, at Skibets Fører med sin Erfaring fra andre Skibe kan blive vildledet med Hensyn til Stabilitetens Størrelse. Han vil nemlig let være tilbøielig til at slutte, at naar Stivheden er af den Størrelse, som han tidligere har hat Erfaring for var tilstrækkelig, da vil ogsaa Skibet af den nye Type være ligesaa sikkert som de tidligere. Dette er imidlertid ikke Tilfældet. Stivheden af den her omhandlede Skibstype kan

Form.

nemlig være ret stor og langt større end, hvad der er tilstrækkelig for et almindeligt Skib, og dog kan Skibet ved en lidt større Krængning i Sjøen, hurtig naa et Punkt, hvor der ingen Stabilitet er, og hvor Kantring derfor finder Sted. Der har ogsaa i Virkeligheden været adskillige Tilfælde, hvor Skibe af de her omhandlede Typer er kandrede paa Grund af Førerens manglende Kjendskab til dette Forhold.

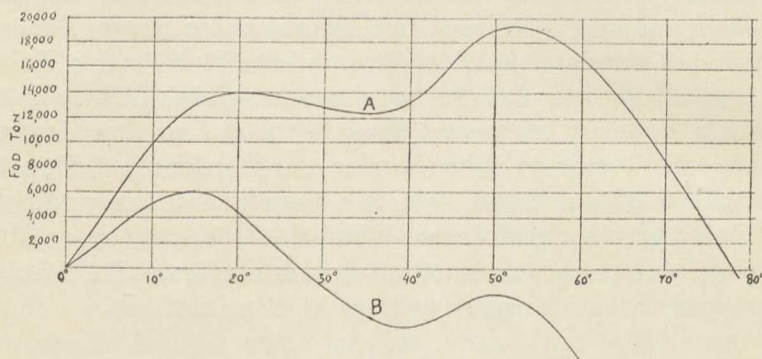


Fig. 37.

Fig. 37 viser to Stabilitetskurver for et Skib med Skibssiden indfaldende med rund Form straks over dybeste Lastelinje og uden Spring. Stivheden for Kurven A er 840 Fod Ton og for Kurven B 350 Fod Ton. Den ualmindelige og uheldige Nedbøining af Stabilitetskurverne er en direkte Følge af Afvigelsen fra den normale Skibsform. Den til Kurven B svarende Stivhed er mere end tilstrækkelig for et Skib af normal Form, men den er utilstrækkelig i et Tilfælde som det her omhandlede. Under saadanne Omstændigheder er det derfor nødvendigt, at Skibet gives en saa extra stor Stivhed, at det, tiltrods for den uheldige Form, erholder tilstrækkelig Stabilitet ogsaa ved de større Krængningsvinkler.

Med Hensyn til Skibsformens Indflydelse paa Stabiliteten saa er det praktisk talt kun Formen i Nærheden af Lastelinjen, som er af Betydning, naar man kun tager i Betragtning Spørgsmaalet om Fartøiets Sikkerhed mod Kantring. Bundens Form har væsentlig kun nogen Indflydelse paa Stivhe-

dens Størrelse, som jo altid kan reguleres ved Lastens eller Ballastens Anbringelse.

Moderne Dampere har som Regel langt større Stabilitet i ballastet Tilstand end nødvendig, dels paa grund av den store Ballastmængde, som trænges for at bringe Skibet til et passende Dybgaaende, og dels fordi Ballasten væsentlig anbringes dybt nede i Skibet i Form af Vand i den dobbelte Bund. Derved erholder Skibet en unødigt stor Stivhed, og da Dybgaaende og Fribord som Regel er rigelig, bliver ogsaa Stabiliteten ved de større Krængningsvinkler mere end nødvendig. Den i enkelte Tilfælde overordentlig store Stivhed er uheldig, og den bliver derfor undertiden reduceret derved, at en Del af Vandballasten anbringes i dybe Tværskibstanker, i Tanker i Mellemdækket eller i Tanker ved Skibssiden. Den ovenfor antydede Minimumsstivhed for et lastet Skib vil i de fleste Tilfælde ogsaa være tilstrækkelig for en Damper i ballastet Tilstand, men i Praksis vil Stivheden som sagt næsten altid være mange Gange større.

Ballast.

Det bør altid være Forudsætningen, at alle Rum, der benyttes til Vandballast, er helt fyldte. Der bør overhovedet ikke i et Skib være Rum af nogen betragtelig Størrelse delvis fyldt med flydende Last eller Ballast. Den overordentlig store Indflydelse større Overflader af frit Vand har paa Skibets Stivhed, blev omtalt i Kapitel V. Den sikreste og simpleste Maade at undgaa Faren ved disse er derfor at sørge for, at de ikke findes i et Skib. Erfaringsmæssig er det ogsaa yderst vanskelig med Sikkerhed at bedømme Virkningen paa Stabiliteten af frie Overflader af Vand. Er Bredden af disse meget liden i Forhold til Skibets Bredde som for de fleste Ferksvandsbeholdere, saa er deres Indflydelse dog saa liden, at de er uden praktisk Betydning. Rum beregnet paa Vandballast er imidlertid ofte af saa stor Bredde, at deres Fyldning med Vand reducerer Skibets Stivhed i meget stor Udstrækning, og bortset fra Forskydning af Lasten, er der neppe nogen anden Aarsag, der saa ofte som en uheldig Fyldning af Vandballastrum, foraarsager Kantringsuheld. Hvad der særlig bidrager til

*Vand med
fri
Overflade.*

dette er, at en saadan Fyldning i Almindelighed foretages for at bibringe Skibet større Stabilitet, altsaa naar det netop i Forveien har liden Stabilitet, og at den ofte foretages paa et Tidspunkt, da det paa Grund af Fare ansees for ønskeligt at øge Stabiliteten, altsaa paa et Tidspunkt, da det vil være særlig farlig at faa den reduceret. Dybe Tanker vil som Regel være delt med et Langskibsskud i Midten, og Virkningen af Vandets frie Overflate, naar et saadant Rum er delvis fyldt, er derfor betydelig mindre, end om et saadant Skud ikke fandtes, men kan paa den anden Side dog være tilstrækkelig til at gjøre Skibet ustabilt, hvis det i Forveien har liden Stabilitet. I den dobbelte Bund er der som Regel ingen vandtæt Langskibsdeling af Rummet i Midten, og Bredden af den frie Vandoverflade, naar Rummet er delvis fyldt, er derfor som Regel stor i Forhold til Skibets Bredde, og Virkningen paa Skibets Stivhed bliver derfor ogsaa stor. Der skal saaledes ofte i visse Skibe kun Fyldningen af en moderat Længde af den dobbelte Bund til for at gjøre saadanne Skibe ustabile. Af hvad der foran er anført, som ogsaa af andre Grunde, bør det være Regelen, at Vandballastrum aldrig fyldes i Sjøen, naar der kan være nogen Tvil med Hensyn til Skibets Stivhed.

Som foran forklaret er den frie Overflade i lastede Tank-skibe af saa liden Bredde, at den ikke reducerer Skibets Stabilitet i nogen betragtelig Grad. Under Indtagningen eller Udpumpningen af flydende Last vil den frie Overflade imidlertid være af meget større Bredde, end naar Skibet er fuldt lastet. Hvis kun en Tank paa den ene Side af det vandtætte Langskibsskud fyldes af Gangen, saa vil Bredden af den frie Overflade være lig Skibets halve Bredde, men selv denne Bredde vil have betragtelig Indflydelse paa Skibets Stabilitet, og i Almindelighed maa en Tank paa hver Side af Langskibsskuddet fyldes samtidig, hvilket selvfølgelig fordobler Virkningen af den frie Overflade paa Skibets Stabilitet. Det kan af Grunde, som ikke vedrører Skibets Stabilitetsforhold være uheldigt kun at fylde et Par Tanker, der er beliggende en paa hver Side af Langskibsskuddet, naar Skibet forøvrigt er tomt. Paa den anden Side kan det

af Stabilitetshensyn være meget uheldigt at fylde flere Tanker af Gangen. Da Tankskibe først blev indført, var man ikke opmærksom paa dette Forhold, og flere Kantringer fandt Sted under Indtagningen af Lasten. Det er derfor nødvendigt, særlig hvis Skibet ikke er forsvarlig for-
tøiet, saa Kantring er umulig, at der vises den største Forsigtighed ved Fyldningen og Tømningen af Tankerne. Hvorledes Tankerne hensigtsmæssigst fyldes eller tømmes, vil i hvert Tilfælde afhænge af Skibets Længde og dets Stivhed. Er Længden stor og Stivheden liden, er større Forsigtighed paakrævet, end naar det omvendte er Tilfælde. Det rigtigste vil være at Byggerne af et Tankskib giver Føreren skriftlig Veiledning angaaende Fyldningen og Tømningen af Tankerne. Da Fartøiet ligger i Havn under Indtagningen og Udpumpningen af Lasten, bør Byggernes Opgave i et saadant Tilfælde være tilstrækkelige til at forhindre Uheld, da det er gjørligt paa Forhaand at have fuld Oversigt over de forskellige Omstændigheder, som kan komme til at foreligge.

Det maa i Almindelighed forudsættes ved Undersøgelsen af et Skibs Stabilitet, at Fartøiet er ubeskadiget og ubelemret af Vand paa Dækket. At forlange, at et Skib skal være stabilt ogsaa i beskadiget Tilstand, er i ethvertfald for et Lasteskib at stille for store Fordringer og vilde i de fleste Tilfælde være mere eller mindre hensigtsløst, idet den Skade, der vilde kunne foraarsage Kantring, i Reglen, om Kantring ikke fandt Sted, vilde foraarsage direkte Sænkning. Virkningen af en Skade, der foraarsager, at et Rum i et Skib bliver delvis fyldt med Vand, er praktisk talt ganske den samme som Virkningen af et paa anden Maade med Vand delvis fyldt Rum. Er der Last eller andre Gjenstande i det Rum, hvortil Vandet har faaet Adgang, saa vil Virkningen af den frie Overflate paa Stabiliteten blive reduceret i Forhold til den Udstrækning, hvori de i Rummet værende Dele fylder dette og derved delvis forhindrer Vandets Indtrængen. Er der for Exempel Kul i vedkommende Rum, saa vil der kun flyde ind cirka

*Vand paa
Dæk og i
Rum.*

Halvdelen af det Vand, der ellers kunde være i Rummet, og Virkningen af dets frie Overflate paa Skibets Stabilitet vil kun blive cirka Halvdelen af det, den ellers vilde være blevet. Dette, at der som Regel er mere eller mindre Last i Rummene, gjør, at Lasteskibe ofte ikke saa let som Passagerskibe straks kantrere efter en erholdt Skade. Virkningen af tilfældig Vand paa Dækket af et Skib kan, som tidligere anført være meget uheldig for dets Stabilitet. I Virkeligheden er dog Tilstedeværelse af Vand paa Dækket ikke altid saa farlig, thi det vil som Regel straks foraarsage Krængning og derved forsvinde, hvorefter Skibet svinger tilbage til den normale oprette Stilling. Hvor der findes større Brønde i et Skib med høi Skanseklædning, kan deres Fyldning med Vand dog foraarsage saa stor Krængning, at der kan blive Fare for Kantring. Skibe med saadanne Brønde bør derfor i Forveien sikres rigelig Stabilitet. Det er hændt, at et Skibs Fører har delvis fyldt Agtertrummet eller endogsaa en Brønd paa Dæk med Vand for at skaffe Skibet større Dybgaaende. Af hvad der foran er anført, vil det fremgaa, at dette altid kan komme til at blive et resikabelt Foretagende. Det kan hænde, at Skibets Stivhed i ballastet Tilstand er saa stor, at der bliver tilstrækkelig igjen selv efter en saadan Anbringelse af en større Mængde af Vand med fri Overflade i Rummet eller paa Dæk, men det kan ogsaa hænde anderledes. Vand paa Dækket vil selvfølgelig reducere Stabiliteten meget mere end det tilsvarende Kvantum i Rummet, men paa den anden Side saa vil det ogsaa, om Skibet blive ustabilt, løbe bort ialfald delvis, og derved maa ske foraarsage, at Fartøiet igjen retter sig. Hvad der gjør en Praksis som en delvis Fyldning af et Rum eller en Brønd med Vand yderligere farlig er, at det ofte gjøres netop, naar Veirforholdene er uheldige. Saadanne Foranstaltninger bør derfor sees paa som en Nødhjælp, som alene de i Øieblikket foreliggende andre Farer maaske kan retfærdiggjøre Brugen af. Visse Skibe har ofte en Brønd uden Endeskudder, saa at Vand, der mulig kommer i Brønden, kan løbe til begge Sider ind under Overbygningen. Saadanne Skibe er fra et Stabilitetssynspunkt adskillig farligere end Skibe med en

almindelig Brønd, da det ofte er vanskeligt hurtigt at blive indtrængende Vandmasser kvit og at forhindre, at de løber ned i selve Skibet gennem Døre eller andre Aabninger i Dækket. Desværre har den her omhandlede Skibstype desuden ofte et lidet effektivt Fribord, om end Overbygningerne giver Indtryk af, at Skibet har tilstrækkelig Høide over Vandet. Saadanne Skibe bør derfor behandles med adskillig Forsigtighed om Uheld skal undgaaes.

Aabne Fartøier.

For mindre Fartøier, der er delvis eller helt uden Dæk, ser Stabilitetskurven ud som vist i Fig. 38, idet Stabiliteten

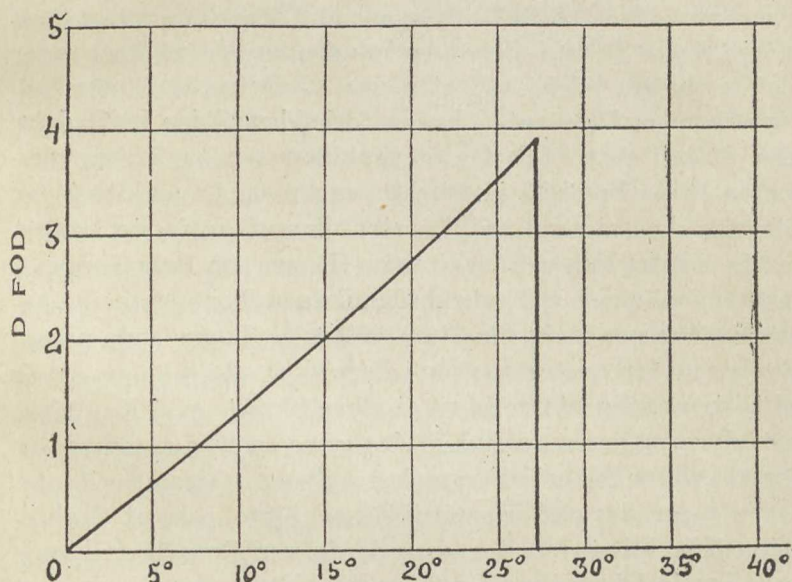


Fig. 38.

pludselig forsvinder i det Øieblik, Fartøiet krænger saa meget over, at Vandet fylder det. I det i Fig. 38 viste Tilfælde af en almindelig Skibslivbaat til 60 Mand, sees dette at ske ved en Krægningsvinkel paa 27° . Da det er ugjærlig at sikre et aabent Fartøi Stabilitet ved de store Krægningsvinkler, er det undertiden nødvendigt, at der tilveibringes extra Stabilitet ved de mindre Krægningsvinkler

derved, at Stivheden gjøres særlig stor. Stor Stivhed er ofte ogsaa paakrævet, fordi Lasten, for Exempel Mennesker, er mere eller mindre bevægelig og derfor ved sin Flytning kan komme til at foraarsage forholdsvis stor Krængning.

Passagerskibe.

Langt de fleste Passagerskibe er ogsaa Lasteskibe, forsaavidt som de tager tilstrækkelig Last til at dennes Anbringelse bliver afgjørende med Hensyn til Størrelsen af Skibets Stabilitet. Forsaavidt kan alt, hvad der foran er anført angaaende Lasteskibe ogsaa finde Anvendelse paa Passagerskibe. Enkelte sjøgaaende Passagerskibe og et større Antal Skibe i mere eller mindre begrænset Fart tager imidlertid saa lidet Last, at denne — væsentlig Bunkerkul, Ferskvand og Proviant — har en forholdsvis liden Indflydelse paa Stabiliteten. Set fra et Stabilitetssynspunkt kan den væsentligste Forskjel mellem Passenger- og Lasteskibe siges at være den, at man ved Konstruktion af de første i størst mulig Udstrækning har at tage Hensyn til Passagerernes Bekvemmelighed, et Forhold, der ikke spiller ind for Lasteskibe. Hensyn tages for Stabilitetens Vedkommende naturligvis som for Lasteskibe først derved, at Stabiliteten gjøres af tilstrækkelig Størrelse til at sikre Skibet imod Kantring, men dernæst ogsaa derved, at den gjøres saa liden som mulig for at mildne Skibets Bevægelser i Sjøen. Ogsaa for Lasteskibe tages der ved Konstruktionen Sigte paa, at Stabiliteten ikke bliver for stor, men da de som Regel maa kunne tage baade let og tung Last, er det indlysende, at naar der skal være Stabilitet nok, naar Skibet har lettere Last inde, maa der — i ethvert Fald uden særlige Foranstaltninger — blive for meget, naar det har tung Last. For Passagerskibe er det derimod ikke saa vanskeligt at holde Stabiliteten inden en rimelig Maximumsgrænse, og det er saaledes i dette Tilfælde ikke nok, at Skibet har tilstrækkelig Stivhed. Det maa heller ikke have formegen. Den Minimumsstivhed, der er tilstrækkelig for et Lasteskib, er ogsaa tilstrækkelig for

et Passagerskib af samme Størrelse og med samme Fribord, og Forhold mellem Bredde og Dybde. En Stivhed paa:

$$\frac{1 \times b \times b}{6000} \text{ Fod Ton}$$

er derfor ogsaa et i de fleste Tilfælde passende Minimum for sjøgaaende Passagerskibe. Da disses Fribord som Regel er noget større end Lasteskibes, kan dog denne Stivhed uden Resiko særlig for større Skibe ofte være endel mindre end ovenstaaende Regel angiver. En Maximumsgrænse for et Passagerskibs Stivhed lader sig ikke fastsætte, men Reglen bør være, at Stivheden for et vel konstrueret sjøgaaende Passagerskib bør ligge saa nær som gjørlig til Minimumsstivheden, saa Skibets Slingring kan blive moderat. Som omtalt i Kapitel VI gives der adskillige Metoder, hvorved man kan reducere et Skibs Slingring, og mange af disse er blevet forsøgt for at gjøre et Fartøi til et saa behagelig Opholdssted som mulig, selv i daarligt Veir. I Kapitel VI blev kun de Metoder, der i ethvertfald theoretisk skulde kunne forhindre Slingring omtalt. I Praksis er paa Grund af Ukjendskab til de Omstændigheder, der foraarsager Slingring, mange Metoder blevet forsøgt, der kun ledet til uheldige Resultater. Saaledes blev i sin Tid en meget stor og overordentlig kostbar Yacht for den russiske Zar bygget af samme Bredde som Længde, nemlig cirkelformig med det for Øie at gjøre Sjøsyge umulig. Den slingrede imidlertid selvfølgelig paa Grund af sin enorme Stivhed saa voldsomt paa en Tur over den Biskaiske Havbugt, at Zaren saavidt vides aldrig vovede sig ombord, og den blev senere benyttet til Fragtdamper i Sorte Havet. For Fart over den Engelske Kanal blev der for mange Aar siden bygget en stor og kostbar Damper, der for at forhindre Slingring bestod af to sammenbyggede Skrog. Den slingrede selvfølgelig ogsaa paa Grund af sin store Stivhed saa voldsomt, at ingen vilde gaa med den. Efter et Par Turer fik den Lov til at ligge stille og ruste op paa Themsen. Et andet ligesaa kostbart og ligesaa uheldigt Experiment blev ogsaa forsøgt paa samme Rute. I det Tilfælde skyldtes Ideen en paa andre Omraader

meget heldig Opfinder, og Principet var theoretisk brugeligt, men uigjennemførlig i Praksis. Det bestod i, at Salonen og andre Opholdsrum ombord alle var i en mægtig Cylinder, der var hængt saaledes op i Skibsskroget, at den med mekaniske Apparater skulde svinges i modsat Retning til den, hvori Skibet slingrede. Opholdsrummene skulde med andre Ord holdes stille, medens Skroget slingrede udenom disse. Ogsaa dette meget kostbare Skib blev hurtigt for bestandig sat ud af Fart paa Grund af Vanskeligheden ved at regulere Cylinderens Bevægelse rigtig i Forhold til Skrogets. Mange andre uheldige Forsøg er blevet gjort i Tidens Løb for at forhindre eller formindske et Skibs Bevægelse i Sjøen. Alle de i Kapitel VI omtalte Metoder er som sagt theoretisk brugbare, men den eneste, der i Praksis har vundet almindelig Udbredelse er Anbringelsen af Slingrekjole. Disse vil reducere Slingringsvinklernes Størrelse, men har ingen væsentlig Indflydelse paa Slingringstiden, der praktisk talt kun kan forandres ved en Forandring af Skibets Stivhed. Med Hensyn til et Skibs Langskibsslingring saa er det overordentlig vanskeligt at gjøre noget for at formindske denne Bevægelse, langt mindre forhindre den, og der er heller ikke i Praksis gjort noget rationelt Forsøg i den Retning. Man maa her i Virkeligheden tage den Bevægelse, Sjøen giver Skibet, uden at kunne gjøre noget virksomt for at reducere den, idet man ikke kan reducere Skibets Langskibsstivhed i saadan Grad, at det har nogen praktisk Betydning. Dette at man iethvertfald er afskaaret fra at reducere Skibets Bevægelse i den ene Retning, er en af Grundene, hvorfor man i Almindelighed ikke finder det hensigtsmæssig at anvende mere omstændelige Apparater forat forhindre Bevægelse i den anden Retning. I de aller fleste Tilfælde er et Skibs Bevægelse nemlig en Kombination af en Tværskibs- og en Langskibs-Slingring, og det er derfor kun et forholdsvis beskedent Resultat, at man i bedste Tilfælde kan opnaa nogen Reduktion i Tværskibsbevægelsen. Man er derfor, naar man vil erholde et vel konstrueret Passagerskib henvist til at gjøre Stivheden saa liden, som det er mulig, under Hensyntagen til Sikker-

heden mod Kantring og i Tillæg hertil at anbringe Slingrekjøle af god Bredde, hvad der er en forholdsvis let og billig Foranstaltning.

Det er ikke paakrævet, at et Skib er stabilt under alle Ladningsforhold. Alt hvad der er paakrævet er, at det altid er stabilt under de Omstændigheder, hvori det kan befinde sig, naar det er i Sjøen. Der er saaledes for Exempel ingen Nødvendighed for, at et Skib skal være stabilt, naar det er i tom Tilstand, det vil sige uden Last. Alt der da er nødvendig er, at der er Adgang til ved solid Fortøining at sikre Skibet mod Kantring. Et stort Antal Skibe og blandt disse mange af de største Passagerskibe er heller ikke stabile, naar de ikke har Last inde, og i flere Tilfælde heller ikke, naar de har den Vandballast inde, som de er beregnet paa at kunne tage. De maa derfor, naar de er i let Tilstand fortøies solid. Eller man maa sørge for, at de ikke kommer i let Tilstand derved, at man ikke tager al Lasten ud paa en Gang, men begynder at tage den nye ombord, medens der endnu er tilstrækkelig af den gamle til at give Skibet den nødvendige Stabilitet under Havneopholdet. Det er undertiden Tilfældet, at et Skibs tilstrækkelige Stabilitet tilveiebringes ved at der anbringes permanent Ballast bestaaende af Sten, Cement, Rujern eller andet tungt Materiale. En Damper burde imidlertid i næsten alle Tilfælde kunne konstrueres saaledes, at permanent Ballast ikke behøves. Viser det sig, efterat et Skib er bygget, at dets Stabilitet ikke er tilstrækkelig, er det paa den anden Side tit nødvendigt, at man tager sin Tilflugt til Anbringelse af permanent Ballast for at forbedre dette Forhold. Det er da selvfølgelig ønskelig at anbringe saa lidet Ballast som mulig, og det er derfor hensigtsmæssigt at benytte et tungt Materiale, som Cement blandet med Jernaffald, og anbringe det saa dybt i Skibet som gjørlig, for Exempel imellem Bundstokkene.

Naar et Skib er i Sjøen, kan dets Stabilitetsforhold forandres, eftersom Kul, Ferskvand og Proviant bliver forbrugt. For Lasteskibe er dette af mindre Betydning, da Forbruget af kul ect. som Regel er mindre, og da

de Forandringer, som dette kan foraarsage i Stabiliteten, under alle Omstændigheder er meget smaa i Forhold til de Forandringer, en ændret Anbringelse af Lasten kan foraarsage. For Passagerskibe er Forholdet anderledes. Dels er Stabiliteten der ofte mindre end for et Lasteskib med normal Last, og det er derfor særlig nødvendigt, at man sikrer sig imod, at Stivheden bliver utilbørlig reduceret. Dels er Forbruget af Kul, Vand og Proviant ofte meget større i Passagerskibe end i Lasteskibe. Kul og Vand er i Passagerskibe i Almindelighed anbragt ret langt nede i Skibet. Det gradvise Forbrug reducerer derfor Skibets Stivhed. Provianten er af mindre Betydning, da den som Regel er mere fordelt omkring i Skibet. Det vil heraf fremgaa, at det mest kritiske Tidspunkt for et Passagerskibs Stabilitet i Almindelighed er ved Reisens Afslutning. Det er derfor altid nødvendigt, at et Skib ved Afgang fra Havn har saa stor Stivhed, at den efter den mulig betydelige Reduktion under Reisen er tilstrækkelig ved Ankomst til Havn.

. Det har været gjort gjældende, at et Passagerskib burde have tilstrækkelig Stabilitet, ogsaa naar det erholdt Skade i Sjøen. Af hvad der foran er anført, vil det fremgaa, at det er en forholdsvis overkommelig Sag at sørge for, at et Skib har tilstrækkelig Stabilitet for den forestaaende Reise, forudsat, at ingen Last forskyder sig, og at der ikke tilstøder Skibet noget. At sikre et Skib tilstrækkelig Stabilitet under Forudsætning af at det kan erholde Skade i Sjøen er imidlertid i Praksis umulig, om det var ønskelig. For at opnaa Sikkerhed mod Kantring i beskadiget Tilstand maatte man ofte komme til at forøge Stivheden i ubeskadiget Tilstand og derved gjøre Skibet til et mere ubehagelig Opholdssted og mindre brugbart hele sin Levetid af Hensyn til en Eventualitet, som mulig aldrig indtraadte. Fordelen ved at erholde større Sikkerhed mod Kantring i beskadiget Tilstand maa ogsaa sees i Forhold til Skibets Sikkerhed mod almindelig Synken som Følge af den erholdte Skade, thi synker Skibet

alligevel, er det selvfølgelig af mindre Betydning, at det ikke kan kandre. Ved at opnaa et meget tvilsomt Resultat med Hensyn til øget Sikkerhed, vil man altsaa sikkert erholde et mindre brugbart Skib, men desuden vilde det vanskelige Spørgsmaal opstaa, hvilken Skade og hvor stor Skade skal et Skib kunne erholde og dog være stabilt. Det rette er derfor at fastsætte et Skibs Stabilitet under Forudsætning af at Skroget er ubeskadiget og saa foretage, hvad der med Rimelighed kan foretages for at reducere Virkningen af en eventuel Skade. Absolut Sikkerhed opnaaes dog ikke paa Sjøen ligesaalidt som paa Landjorden.

De fleste Skibe har Aabninger af en eller anden Art i Skibssiden, og alle har Aabninger i Dækket. Det maa ved Undersøgelser angaaende den tilstedeværende Stabilitets Tilstrækkelighed selvfølgelig være Forudsætningen, at alle saadanne Aabninger er forsvarlig lukkede. Er de ikke det, vil det i Almindelighed være helt ugjørkelig at bestemme, hvilken Stabilitet Skibet har og hvilken, der vil være tilstrækkelig. Mange Ulykker er hændt som Følge af at Skibe, der forøvrigt har været stabile nok, ved en tilfældig Krængning har faaet en aabenstaaende Lysventil eller en Kul- eller Lasteport under Vand. Det er en Selvfølge, at naar Vandet strømmer ind af større Aabninger i den ene Side af et Skib, dette da hurtig kan blive krænget yderligere indtil komplet Kantring maaske bliver Resultatet. Det er imidlertid ikke Mangel paa Stabilitet, der i saadanne Tilfælde foraarsager Ulykken, men Mangel paa Tilsyn med Skibet. Der kan derfor heller ikke ved Bedømmelsen af Tilstrækkeligheden af et Skibs Stabilitet tages Hensyn til, at saadanne Aabninger i Skibssiden mulig ikke er lukkede, ligesaalidt som der kan tages Hensyn til at en tilstrækkelig stor krængende Kraft som for Exempel en større Vægt anbragt i den ene Side af et Skib vil kunne foraarsage Kantring. Med Hensyn til Aabninger i Skibssiden og i Dækket er der i Forbindelse med Spørgsmaal vedrørende Stabilitetens Tilstrækkelighed kun et at iagttage, og det er nøie at paase, at de altid er forsvarlig lukkede, naar en Krængning af Skibet overhovedet er mulig.

Ved Bestemmelsen af, hvad der er tilstrækkelig Stivhed for et Passagerskib, maa man selvfølgelig tage Hensyn til Passagerernes Vægt, der i større eller mindre Udstrækning kan blive anbragt paa et høitliggende Dæk. For sjøgaaende Skibe er dette i Almindelighed af mindre Betydning, da Passagerernes Vægt i dette Tilfælde som Regel er meget liden i Forhold til Skibets Vægt. For Skibe i indskrænket Fart kan Passagerernes Vægt derimod være af stor Betydning, større jo mindre Fartøiet er. Den letteste Maade at erholde sikker Oplysning angaaende den Indflydelse, Passagerer kan have paa Stabiliteten, er at foretage en Krængning af Skibet, medens en Vægt svarende til Passagerernes er anbragt paa det høiest beliggende Dæk.

Skibe, der gaar i Fart paa mere eller mindre indelukket Farvand, kan af den Grund have større Stivhed end et sjøgaaende Skib, og som Regel har ogsaa saadanne Fartøier meget større Stivhed end sjøgaaende. Da de ofte er grundgaaende med stor Bredde i Forhold til Dybden, trænger de ogsaa af den Grund (se Kurverne i Fig. 29 og 33) større Stivhed end et sjøgaaende Skib af normal Form, for at erholde tilstrækkelig Sikkerhed mod Kantring. Mange Fartøier i indskrænket Fart, som for Exempel Jernbanefærger, tager desuden ofte sin hele Last paa øverste Dæk og maa af den Grund have stor Bredde i Forhold til Dybden, og som Følge heraf stor Stivhed for at være i Besiddelse af tilstrækkelig Stabilitet. Saadanne Fartøier kantror imidlertid forholdsvis hurtig, naar de erholder Skade paa Skroget.

Krigsskibe.

Krigsskibe uden Panser og uden større Kanoner, som for Exempel Torpedobaade og Torpedojagere, er i Henseende til Stabilitetsspørsmaal i omtrent samme Stilling som Passagerskibe, og den Minimumsstivhed, der er tilstrækkelig i det ene Tilfælde, er ogsaa tilstrækkelig i det andet. Anderledes stiller Sagen sig for Panserskibe. Disse har forholdsvis lidet Fribord og har en meget betydelig Vægt i Form af

Panser og Kanoner ovenover dybeste Vandlinje, tildels over øverste Dæk. Som følge heraf er det nødvendigt, at de har stor Bredde i Forhold til Dybden for overhovedet at være stabile. For at reducere Slingringen til det mindst mulige og derved gøre Skudsikkerheden større, maa Stivheden ikke være for stor. Følgen herav er, at Panserskibe nødvendigvis bliver uheldig stillede med Hensyn til Stabilitet selv i ubeskadiget Tilstand. Stivheden maa være moderat, Fri-bordet lidet og Forholdet mellem Bredde og Dybde stor, hvad der, som det vil fremgaa af Fig. 29 og 33 er uforeneligt med god Stabilitet ved de større Krængningsvinkler. Hertil kommer imidlertid, at Panserskibe selvfølgelig maa være udsat for at blive beskadiget, og er en Skade af noget større Omfang, vil den næsten altid sikkert blive skjæbnesvanger for Stabiliteten. De Forudsætninger, der træffes for at sikre Maskiner og Ammunition mod Beskadigelse fra Skud fra Kanoner eller Torpedoer er desuden ofte af en saadan Art, at de øger Faren for Kantring i det Øieblik, Vand trænger ind i Skibet. Ved Skade i Vandlinjen trænger saaledes Vand let ind over det indenfor liggende Dæk og foraarsager ved sin Vægt og sin frie Overflade stor Reduktion i Stivheden. Ved Skade i Skibssiden under Vandet bliver ofte større eller mindre vandtætte Kulbokser, anbragt paa Siden af Kjederne for at Kullene skal beskytte disse, fyldte med Vand, som selvfølgelig foraarsager stor Krængning, der i Forbindelse med Fartøiets forholdsvis lidet Fribord ofte vil foraarsage komplet Kantring. De foran anførte Grunde forklarer, hvorfor et Panserskib kun taaler liden Skade, forinden det kantrer og gaar tilbunds, tiltrods for det ofte overordentlig store Antal vandtætte Rum, det er opdelt i, og som i Henhold til de fleste populære Beskrivelser skulde gøre det umuligt for et saadant Skib at synke. Enkelte store Passagerskibe har med det for Øie at kunne benyttes som Krigsskibe et lignende Arrangement som disse med Hensyn til vandtætte Kulbokser i Skibssiden. Som Følge herav er saadanne Skibe ogsaa meget uheldigere stillet med Hensyn til Stabilitet i beskadiget Tilstand end almindelige Passagerdampere, men paa grund af sit langt større Fribord dog ikke helt saa uheldig stillet som Panserskibe.

Seilskibe.

Størrelsen af den Stabilitet, et bestemt Skib har, er alene afhængig af de i Kapitel V omtalte Faktorer og er saaledes helt uafhængig af, om Fartøiet bliver fremdrevet ved Seil eller ved mekaniske Midler. Anderledes stiller det sig imidlertid, naar der er Spørgsmaal om Størrelsen af den Stabilitet, et Skib bør have. Det er da en væsentlig For-

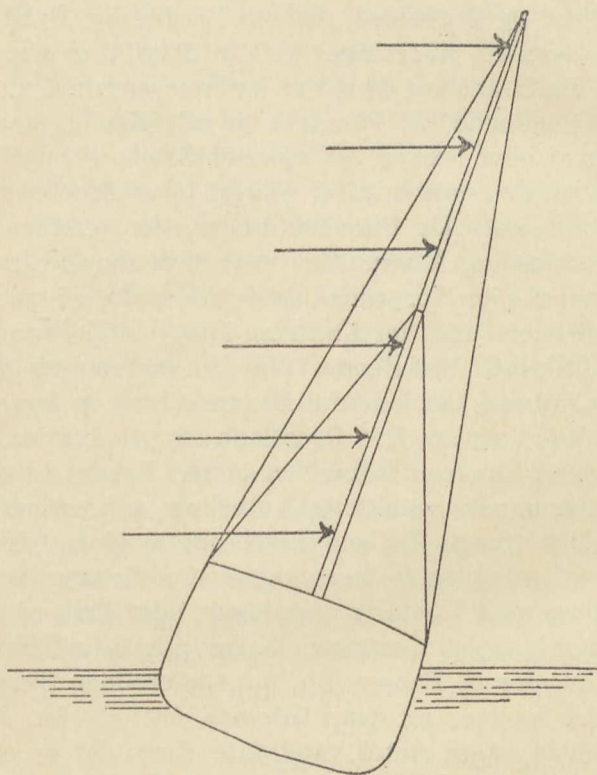


Fig. 39.

skjel paa Seil- og Dampskibe, idet Fremdrivningskraften for de første er afhængig af Størrelsen af Fartøiets Stivhed.

Fig. 39 viser et Seilskib, som bliver krænget af Vindens Tryk. Det er klart, at medmindre Vinden er ret agter ind, saa vil dens Tryk mod Seilene altid foraarsage nogen Tværskibskrængning af Fartøiet. Trykket mod Seilene vil forøge Krægningsvinklen, indtil Skibets Stabilitet bliver saa stor,

at den ballancerer Vindtrykkets Virkning. Skibet vil da forblive i den krængede Stilling, saalænge Vindens Styrke og Retning i Forhold til Skibets ikke forandres. Tiltager Vinden i Styrke, forøges Krængningsvinklen, forudsat at Seilarealet ikke formindskes. Stabiliteten af et Skib under Seil er saaledes ved enhver Krængningsvinkel lig Vindens krængende Kraft. (Se Kapitel III.) Ønsker man derfor at give et Skib stor Seilføringsevne, maa man ogsaa give det stor Stabilitet eller Evne til at modstaa Krængning.

Den Stabilitet, der er tilstrækkelig for et Skib fremdrevet ved mekaniske Midler, vilde derfor ikke altid være tilstrækkelig, om Fartøiet blev fremdrevet ved Seil, idet Krængningsvinklen da med et rimeligt Vindtryk vilde blive for stor. Minimumsstørrelsen af den Stabilitet, et Seilskib bør have, bliver saaledes at fastsætte af Hensyn til dets Seilevne og ikke direkte af Hensyn til dets Sikkerhed mod Kantring. Bliver et Seilskib pludselig rammet af et kraftig Vindkast, kan dette foraarsage, at Fartøiet paa Grund af den hurtige Krængning svinger ud over den Krængningsvinkel, hvor Stabiliteten ballancerer den krængende Virkning af Vindens Kraft, og der kunde saaledes være Fare for, at Skibet under disse Omstændigheder kunde krænges over til en saadan Vinkel, at det kantrode, og af den Grund kunde det derfor synes ønskeligt at give Fartøiet større Stabilitet. Det er imidlertid af Grunde, som skal blive nævnt herefter, ikke ønskeligt at give et Seilskib for stor Stivhed, og Forholdet er derfor det, at Minimumsstørrelsen af et Seilskibs Stabilitet fastsættes i Henhold til, hvad der erfaringsmæssig har vist sig passende for at give Skibet den nødvendige Seilføringsevne under normale Vindforhold, og det maa forøvrig overlades til Skibets Fører ved sjømandsmæssige Forholdsregler, som for Exempel Mindskning af Seilareal eller Forandring af Kurs, at forhindre, at Skibet kantroer under pludselig opstaaende uheldige Vindforhold.

Det gjælder for Seilskibe som for Dampskibe, at det er vanskeligt at fastslåa en bestemt Regel for Stivhedens Minimumsstørrelse, da denne bør afhænge af mange forskjellige Forhold, saasom Seilarrangement, Fribord, Veir etc. For

at give de, der ikke har Adgang til erfaringsmæssig at erholde Kjendskab til, hvorledes et Seilskib bør være lastet eller ballastet i Sjøen nogen Ide om, hvad Minimumsstivheden under saadanne Omstændigheder omtrentlig er, kan den sættes til

$$\frac{1 \times b \times b}{3000} \text{ Fod Ton,}$$

hvor 1 og b er Skibets Længde og Bredde i Fod. Et Seilskib, der er for Exempel 265 Fod langt og 41 Fod bredt, bør saaledes have mindst cirka 150 Fod Ton Stivhed.

Det blev i Omtalen af Dampskibes Stabilitet anført, at for stor Stivhed ikke er ønskelig, da dette vilde foraarsage svær Slingring. For Dampskibe forvolder en noget rigelig Stivhed dog som Regel kun Ubehageligheder for de ombordværende. For Seilskibe er en for stor Stivhed imidlertid en Fare for Skibets Sikkerhed. Det er derfor ikke alene ønskeligt, men nødvendigt, at et Seilskibs Stivhed holdes inden en viss Maximumsgrænse. Paa Grund af Mastenes Højde og disses og Ræernes Vægt er Virkningen af Slingring stor paa et Seilskibs Rig, og en forholdsvis moderat Bevægelse kan være tilstrækkelig til at slingre Rundholter og Rig overbord, hvorved Fartøiet i bedste Fald bliver mere eller mindre hjælpeløst. Skibets Stivhed maa derfor være moderat forat ikke Slingringen under uheldige Omstændigheder skal blive saa stor, at den foraarsager Skade. Rammes et Seilskib pludselig af et Vindkast, kommer Virkningen deraf først paa Seilene og Riggen, men dernæst paa selve Skibet, som bliver krænget over indtil Stabiliteten ballancerer Virkningen af Vindtrykket. Er Stivheden liden, vil altsaa Krængningen foregaa lettere og til en større Vinkel end, naar Stivheden er større. Rammes et Seilskib med stor Stivhed af et pludselig Vindstød, vil Skibet vanskelig give efter ved Krængning, og der kan som Følge deraf paaføres Riggen store Paakjendinger, som kan have Afmastning tilfølge. Ogsaa af denne Grund er det derfor paakrævet, at et Seilskibs Stivhed holdes inden en viss Maximumsgrænse. For Skibe med Hamprig og Træmaster er dette dog mindre nødvendigt end for Skibe med Staal-Rig og Master, da det første Arrangement er betydelig

mere elastisk end det sidste. Hvor der er Staal- eller Jernrig og Master, maa imidlertid praktisk talt hele den for Modstanden mod pludselige Paakjendinger nødvendige Fjæring tilveiebringes ved at give Skibet en moderat Stivhed.

Hvad der er anført angaaende Vanskeligheden ved at fastsætte en Regel for, hvad der er en passende Minimumsstivhed for et Seilskib, gjælder i lige Maade angaaende en Regel for, hvad der er en passende Maximumsstivhed. Tilnærmelsesvis kan dog et Seilskibs Maximumsstivhed siges ikke at burde overskride

$$\frac{1 \times b \times b}{1500} \text{ Fod Ton,}$$

hvor l og b er henholdsvis Skibets Længde og Bredde i Fod.

Det, at et Seilskibs Stivhed maa ligge indenfor visse Minimums- og Maximumsgrænser, der ikke afviger saa overordentlig meget fra hinanden, gjør at Seilskibe, beregnet paa almindelig Fart, har langt mere ensartede Hoveddimensioner end Dampere. Forholdet mellem Bredden og Dybden varierer saaledes ikke meget for Seilskibe af samme Størrelse. Hvis to Seilskibe, det ene mindre end det andet, er af ens Model med Hensyn til Skrog og Rig og er ensartet lastet, saa vil det mindre af dem, forudsat samme Vindstyrke, blive krænget til en større Vinkel end det større Fartøi, fordi det har forholdsvis mindre Stabilitet (se Kapitel III). Det er i Praksis fundet hensigtsmæssig, at Seilskibe med almindelige Seil sat bliver krænget til omtrent samme Vinkel for samme Vindstyrke. Dette har tilfølge, at de mindre Skibe maa gives forholdsvis større Stivhed end de større, og da Anbringelsen af Lasten som Regel er mere eller mindre ensartet, maa den større Stivhed tilveiebringes ved, at Forholdet mellem Bredden og Dybden øges for de mindre Fartøiers Vedkommende (se Fig. 32). Den ovenfor antydede Regel for Grænserne for et Seilskibs Stivhed vil ogsaa lede til at det mindre Skib bliver forholdsvis bredere end det større.

Det kan være af Interesse at notere, at den større Stabilitet, som det er fundet hensigtsmæssig at give mindre

Seilskibe i Forhold til de større, er i Overensstemmelse med Naturens Anordning, idet mindre Dyr af Arter, hvis Form er delvis bestemt af Stabilitetshensyn, ogsaa har større Stabilitet end de større. Saaledes har for Exempel mindre Fugle, der færdes paa Jorden, som Følge af sin forholdsvis mindre Høide og sin sore Fodbredde forholdsvis større Stabilitet end de større som Flammergoer og Strudser, der færdes paa samme Maade.

*Last og
Ballast.*

Af Foranstaaende vil det fremgaa, at det er af meget stor Betydning, at et Seilskibs Last og Ballast er rigtig anbragt, saa Fartøiets Stivhed ikke bliver hverken for liden eller for stor. Er en Last tung, som for Exempel Jern eller Malm, saa maa den, for at ikke Stivheden skal blive for stor, anbringes i tilstrækkelig Høide, enten ved at der lægges et tilstrækkelig tykt Træunderlag under den eller derved, at en Del af Lasten anbringes paa et Mellemdæk. En anden Maade at hæve Lasten paa er ved at bygge en Binge i Midten af Skibet af saa smaa Tværskibsdimensioner, at Lasten fylder den i hele Høiden. Denne Anbringelsesmaade foraarsager imidlertid meget store Paakjendinger paa Skibets Bund, og et Træunderlag af tilstrækkelig Høide under Lasten er derfor at foretrække. Er Lasten tung, lader Stivheden sig saaledes altid regulere om end med mer eller mindre Besvær. Bestaar Lasten af almindelig Stykgods, vil man som Regel ved at anbringe en Del tungere Varer nederst og de lettere højere oppe ogsaa kunne regulere Stivheden, saa den bliver passende. Bestaar Lasten af Korn eller lignende, der fylder Rummet, er det som Regel nødvendigt at anbringe mer eller mindre Ballast under Lasten for at tilveiebringe den tilstrækkelige Stivhed. Jo lettere Lasten er, des mere Ballast maa der anbringes. Har Skibet slet ingen Last, maa der anbringes tilstrækkelig Ballast til at give Skibet det nødvendige Dybgaaende og den nødvendige Stivhed.

Lasten i Seilskibe bliver i Almindelighed anbragt i Hensindhold til etableret Praksis. Det er imidlertid nødvendigt at være i Besiddelse af adskillig Erfaring for altid at kunne

bestemme, hvorledes Lasten bør stuves, forat den mest hensigtsmæssige Stivhed kan tilveiebringes, og Erfaringen alene strækker ikke til, hvor der er Spørgsmaal om at bestemme Stivheden for Skibe af hitindtil uprøvet Form eller Størrelse. En Fastsættelse af Stivheden ved en Krængning som beskrevet i Kapitel IV er i saa Fald ønskelig eller nødvendig, og Størrelsen af Stivheden kan da fastsættes i Forhold til den, man tidligere har fundet passende for Skibe af anden Form eller Størrelse. Som et Exempel herpaa kan anføres, at da Størrelsen af Seilskibene voksede meget i sytti og otti Aarene, skede der stadig Uheld, fordi man ikke var opmærksom paa, at den forøgede Størrelse nødvendiggjorde nogen Forandring af Forholdet mellem Fartøiets Bredde og Dybde eller ogsaa nogen Forandring i Anbringelsen af Lasten. Følgen var, at de store Skibe blev stuvede som de mindre før var blevet det, og de fik derved for stor Stivhed, og Skib efter Skib blev afmastet eller erholdt større eller mindre Skade paa Riggen. Ved Krængningsbestemmelse af Stivheden erholdt man Forklaringen herpaa, og Stuvningen af Lasten blev forandret, som oftest derved, at en større Del af Lasten blev anbragt paa Mellemdækket, hvorved Uheldene blev forhindret.

Det er selvfølgelig som for Dampere ikke Meningen, at den foran antydede Regel for Bestemmelsen af et Seilskibs passende Stivhed skal kunne anvendes som fast Rettesnor. Den maa kun opfattes som en Antydning af, hvad omtrent Stivheden bør være, og denne kan mulig gjøres større eller mindre i det enkelte Skib eftersom den for Tilfældet og den omhandlede Fart indhøstede Erfaring maatte tilsige. Det rigtige er, at de der har Anledning dertil, selv undersøger, hvad et Skibs Stivhed er, naar denne viser sig at være hensigtsmæssig og saa senere under tilsvarende Omstændigheder søge at erholde en lignende Stivhed, som den de erfaringsmæssig har Garanti for er passende.

Størrelsen af den Stabilitet et Lystseilfartøj bør have bestemmes af Hensynet til Seilføringen. Jo større Seilarealet er, des større maa Stabiliteten gjøres, for at Seilenes Fremdrivningskraft kan fuldt udnyttes. Det er dog ikke alene

*Lyst-
fartøier.*

selve Seilarealets Størrelse, men ogsaa Fartøiets Type og Farvandets Art, der bestemmer Stabilitetens Størrelse. Der er derfor stor Forskjel paa den Stabilitet de forskjellige Lystfartøier har. I Almindelighet vil den være mindre end den, der ovenfor er antydnet som Minimum for Lastefartøier. Da Lystfartøier som Regel er mindre end Lastefartøier, og da Seilene er forholdsvis lettere at manøvrere med, kan Stabiliteten i det første Tilfælde være mindre end Minimumsgrænsen eller større end Maximumsgrænsen i sidste Tilfælde.

VIII

Ansaret for et Skibs Stabilitet.

Det vil af det Foregaaende være fremgaaet, at et Skibs Stabilitet er afhængig af Maaden, hvorpaa Lasten eller Ballasten er anbragt, Fribordets Størrelse og den mulige Tilstedeværelse af flytende Last eller Ballast med fri Overflate. Ansaret for alle disse Ting hviler paa Skibets Fører. Det tilkommer ham at se, at et Skib er i sjødygtig Stand i det Øieblik det forlader Havn, og i Virkeligheden er det, at et Fartøi skal være stabilt, kun en af de Fordringer, der maa stilles til et Skib, forat det kan ansees for at være i sjødygtig Stand. Det er ligegyldig, hvorledes et Skib er konstrueret, i det Øieblik det gaar tilsjøs, er det Føreren, der har Ansaret for, at Stabiliteten er i orden. Har et Skib for liden Stabilitet, naar Føreren overtager det, er det hans Sag at se, at Lasten bliver saaledes stuvet eller at tilstrækkelig Ballast bliver anbragt, saa den nødvendige Stabilitet tilveiebringes. Ligeledes om et Skib ved Førerens Overtagelse har for stor Stivhed. Det er da hans Pligt at reducere den med de Midler, der staar til hans Raadighed. Det kan være, og det er, ofte vanskelig for en Skibsfører at kunne regulere Fribordets Størrelse og Anbringelsen af Last eller Ballast i den fornødne Udstrækning, men det er dog ham, der maa tage Ansaret og om nødvendig nægte at tage Skibet tilsjøs. Om der er foretaget aldrig saa mange Stabilitetsberegninger og gjort aldrig saa mange Krængningsbestemmelser af Stivheden, saa forandrer dette intet med Hensyn til Førerens Ansvar. I Virkeligheden bliver alle saadanne Undersøgelser i denne Forbindelse kun Oplysninger, der kan tjene Føreren til Veiledning ved hans

Bedømmelse af Stabilitetsforholdet, og det, at de er foretaget, kan ikke fritage ham for Ansvar et saameget mindre som saadanne Undersøgelser ifølge Sagens Natur maa foretages under visse Omstændigheder og Forudsætninger, som i Almindelighed ikke vil være tilstede i det foreliggende Tilfælde. Ved Bedømmelsen af, hvorvidt den tilstedeværende Stabilitet er tilstrækkelig eller ikke, maa der saaledes tages Hensyn til den Sjø og Vind, Skibet paa Reisen kan blive udsat for, til Forbrug af Kul og Vand etc., Forhold som det overhovedet ikke helt ud er gjørlig at tage Hensyn til ved forudgaaende Stabilitetsberegninger. Er der givet et Skibs Fører urigtige Oplysninger eller er det undladt at give ham Oplysninger af Betydning ved Bedømmelsen af Stabilitetsforholdet, som for Exempel Byggerne af Skibet maatte sidde inde med, saa kan dette, om Uheld indtræffer, tjene til Førerens Undskyldning, men kan ikke fritage ham for Ansvar et.

I en vis Forbindelse kan det siges, at et Skibs Byggere har et Ansvar for, at et Skib er eller rettere kan gøres stabilt. De maa nemlig som alle andre, der indgaar Kontrakter, overholde disse Bestemmelser, og i Aftalen om Bygning af et Skib vil der som Regel direkte eller indirekte være en Bestemmelse vedrørende Stabiliteten. Denne Bestemmelse kan være affattet paa mange Maader, og Byggernes Ansvar vil være afhængig af dens Ordlyd. Er det et Rederi, der har udstrakt Erfaring angaaende Skibe af samme Type som det, der skal bygges, vilde det være naturligt, om Rederiet i Kontrakten paa Grundlag af sit Kjendskab til tidligere Skibe og deres Lasteforhold, specificerede bestemte Grænser, inden hvilke Skibets Stivhed under visse Forhold skulde ligge, for Exempel naar Fartøiet var helt tomt, naar det var lastet paa en nærmere angivet Maade, og naar det var ballastet. I mange Tilfælde affattes ogsaa Kontrakten paa denne Maade. Der er da, naar Skibet er færdigbygget, ingen Vanskeligheder ved at afgjøre, om Kontrakten er opfyldt eller ikke, et Forhold, der som Regel vil være i begge Parter Interesse. Undertiden er der i en Byggekontrakt en Bestemmelse om, at Skibet skal være stabilt under visse

mere eller mindre nøiagtig specificerede Betingelser. Dette er en mindre heldig Form, forsaavidt som der da altid kan opstaa Tvil om, hvad der skal forstaaes ved Stabilitet. Hvad der er tilstrækkelig Stabilitet under de specificerede Omstændigheder maa derfor i saadanne Tilfælde blive at afgjøre skjønsmæssig. Selv om der intet direkte er nævnt i en Kontrakt om et Skibs Stabilitet, saa fritager dette dog ikke uden videre Byggerne for alt Ansvar desangaaende. Naar Byggerne har foreslaaet bestemte Dimensioner og Former for et Skib, beregnet paa en bestemt Fart, saa maa det være en almindelig Forudsætning, at Fartøiet er stabilt eller kan gøres stabilt paa rimelig Maade for en saadan Fart. Hvorvidt Ansvaret for en mindre hensigtsmæssig Stabilitet kan komme til at hvile paa Byggerne, vil i saadanne Tilfælde afhænge dels af den Udstrækning, hvori Byggerne maa forudsættes at have siddet inde med eller burde siddet inde med, Kjendskab til de særlige Lasteforhold etc., der kunde have Indflydelse paa Stabilitetsspørgsmaalet og dels af den Udstrækning, hvori Byggerne paa Forhaand har gjort Rederiet opmærksom paa, hvad Stabiliteten under de forskellige Forudsætninger med Hensyn til Anbringelse af Last eller Ballast etc. vilde blive. Hvis et Rederi selv fastsætter et Skibs Hoveddimensioner, Former etc., og der ikke er anført noget bestemt angaaende Stabiliteten i Kontrakten, saa maa dette i stor Udstrækning fritage Byggerne for videre ansvar, da de bør kunne gaa ud fra, at Rederiet selv har Oversigt over Forholdet og vil laste og ballaste Skibet, saa det bliver stabilt. Det vil dog under saadanne Omstændigheder være det sikreste, om Byggerne undersøger Stabilitetsforholdet og meddeler Rederiet Oplysninger om, hvad Stabiliteten er under visse almindelige Forudsætninger, som maa antages at ville komme til at foreligge i den Fart, hvori Skibet er beregnet at gaa.

Det kunde tænkes, at et Skib blev saa uheldigt bygget, at det overhovedet ikke kunde gøres stabilt for Exempel derved, at der ikke var Plads til Anbringelse af den nødvendige Ballast eller at Fribordet ikke var

stort nok til at tillade Anbringelsen af tilstrækkelig Ballast. I et saadant Tilfælde vil det selvfølgelig ogsaa være heldigst for Byggerne, om de paa Forhaand har været opmærksomme paa Forholdet og gjort Rederiet bekendt dermed, men i grunden bliver Spørgsmaalet ikke da et angaaende mangelfuld Stabilitet, men et angaaende mangelfuld Plads eller utilstrækkelig Fribord.

Skibsbyggernes Ansvar for Stabiliteten indskrænker sig, som det af Foranstaaende vil fremgaa, nærmest til et Kontraktansvar overfor Rederiet. Direkte Ansvar for eventuelle Uheld vil Byggerne dog selvfølgelig have for Skibe, der ved Værkstedet er under deres Kontrol, saaledes for Exempel et Skib, der sættes paa Vandet. Mange Skibe er kantret under Ophold ved Værkstederne, men saadanne Uheld kan altid forhindres ved forudgaaende Beregninger og Sikkerhedsforanstaltninger, og Forholdet er af mindre almen Interesse.

Bøger der behandler Spørgsmaal vedrørende Skibes Stabilitet.

A Treatise on the Stability of Ships by Sir Edward J. Reed. London 1885. 366 Sider.

A Manual of Naval Architecture for the Use of Officers of the Royal Navy, Officers of the Mercantile Marine, Yachtsmen, Shipowners, and Shipbuilders by Sir William H. White. London 1894. 712 Sider.

The Design and Construction of Ships by Sir John Harvard Biles. London 1908. Vol. I. 419 Sider. Vol. II. 429 Sider.

Theoretical Naval Architecture by S. J. P. Thearle. London 1877. 370 Sider.

Naval Architecture by Professor Cecil H. Peabody. New York 1904. 608 Sider.

Know your own Ship by Thomas Walton. London. 450 Sider.

Architecture Navale. Théorie du Navire par J. Pollard et A. Dubeout. Paris 1910, Tome I. 348 Sider, Tome II. 423 Sider. Tome III. 514 Sider. Tome IV. 421 Sider.

Yacht Architecture by Dixon Kemp. London 1897. 548 Sider.

Report on Dismasting of Large Iron Sailing Ships by W. John. London 1836. 185 Sider. (Ikke i Handelen.)

Kjend dit Skib af Thomas Walton, oversat af H. C. Lagesen og John Kruse. Kjøbenhavn 1911. 454 Sider.

Lærebog i Skibsbygningens theoretiske Del af J. L. Tuxen. Kjøbenhavn 1889. 472 Sider. (Manuskript).

Forelæsninger over Moderne Skibbygningskunst af C. Hansen. Kjøbenhavn 1903. 515 Sider. (Manuskript).

Bemastung und Takelung der Schiffe von F. L. Middendorf, Berlin 1903.
400 Sider.

Transactions of the Institution of Naval Architects. London.

Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland.
Glasgow.

Transactions of the North-East Coast Institution of Engineers and Ship-
builders. Newcastle on Tyne.

Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers.
New York.

Jahrbücher der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Berlin.

Side 49

