Skibsbygning i Danmark
Om træskibets konstruktionshistorie ca. 1800-1920

Af

Erik Møller Nielsen

Det er velkendt, at skibsbygmestre i begyndelsen af 1800-årene begyndte at anvende tegninger i konstruktionen af tidens handelsskibe og dermed forlod den ældre klampbygningsmetode. I Erik Møller Nielsens artikel forklares for første gang, hvorledes skibsbygmestre blev i stand til at anvende teori, beregning og tegning, og hvilke konsekvenser disse nye færdigheder fik for skibsskrogenes form. Forfatteren er både teknisk tegner og historiker, og artiklen er baseret på hans upublicerede speciale.

På de maritime museer opbevares et stort antal skibskonstruktionstegninger til handelsskibe. De udgør et ikke særligt udnyttet studiegrundlag for vor viden om handelsskibets konstruktion.

Tegningerne kan oplyse om skibsbyggeriet betragtet dels som et håndværk, dels som en mere teoretisk eller idémæssig foreteelse. Det er mest den teoretiske side af handelsskibsbyggeriets historie, vi vil belyse i perioden. Det drejer sig om, hvornår og hvordan skibskonstruktionstegninger afløser de gamle metoder i skibsbygningsfaget, og om hvordan tegninger og beregninger bliver part i bygningen af handelsskibe.

Det er indledningsvis nødvendigt at afgrænse emnemæssigt og drage et skel, der ofte ikke drages i litteraturen om skibsbygning, nemlig skellet mellem hovedstadens og provinsens skibsbyggeri. I hovedstaden drev Holmens skibsbyggeri og de private værfter et teknologisk højt udviklet byggeri, der i højere grad var baseret på matematisk-teoretiske overvejelser. Men sideløbende fandtes i provinsen et på alle måder lavere rangerende skibsbyggeri især af jagter og fiskerbåde; det blev drevet på små lokaliteter på traditionel håndværksmæssig vis uden

brug af tegning eller teori. Det er dette sidstnævnte skibsbyggeris udvikling til bygning af større provinsielle handelsskibe, det er målet at redegøre for og især den ledsagende og tiltagende brug af tegning.

Udviklingen heraf er knyttet til provinsens almindelige udvikling i begyndelsen af 1800-tallet. Behovet for større skibe end jagterne og for flere skibe sætter en proces i gang, der kulminerer foreløbigt 1830-40 med, at skibskonstruktionstegningen »indføres« i provinsen. Med forbehold for varierende definitioner af ordet *klampbyggeri* – er den nævnte forandring på flere måder overgang fra bygning på klamp – til bygning efter tegning og beregning.

En ny metode »indføres« ikke bare uden videre fra dag til dag, men må nødvendigvis have visse berøringsflader med det gammelkendte. I en overgangsfase, der kan være lang eller kort afhængig af lokaliteten, vil det nye og det gamle danne en art symbiose.

Som ledetråd og som et element, der forbinder de gamle metoder med de nye, vil vi arbejde med *sentet*. Senterne bruges gennem hele perioden, men de har en funktion, der kan karakteriseres som af faldende betydning i konstruktionsmæssig eller formdannende henseende. I D.H. Funch's tid, omtrent 1825-40, er senterne lister, der påspigres de opsatte faste spanter, for at man kunne tage mål (maller) derefter til de løse spanter. I perioden 1840-1920 er senterne blot lange lister, der spigres på det opsatte spantsystem, primært for at tjene som styrelister for skibets opklædningsplanker. På konstruktionstegningen er senterne blevet til skrå snit til bedømmelse og perfektionering af den tegnede form. Disse skrå snit forbinder konstruktionstegningen med *bådebygning*, som vi skal se på de følgende sider. Man kan sige, at sentet spænder over byggemetoder både *med* brug af tegning og *uden* brug af tegning.

Dette forhold, at der via senterne er en forbindelse mellem båden og skibet, bringer os ind i forskningens diskussion om,

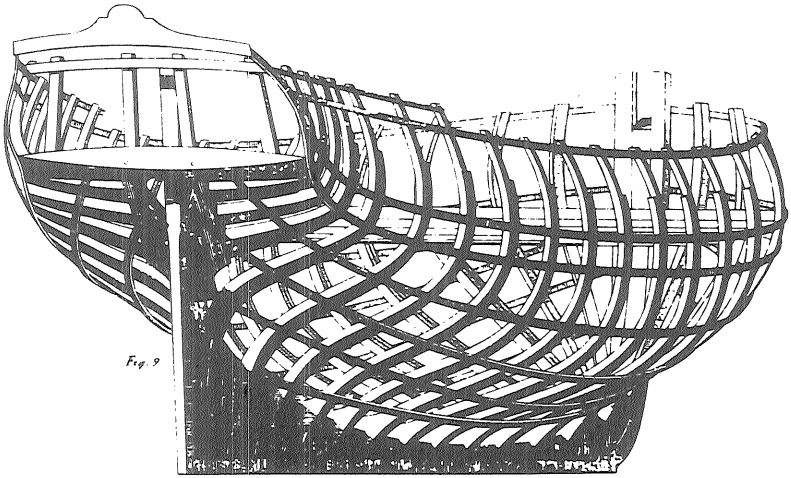
hvordan et kravelbygget *skib* kan være blevet udviklet fra det klinkbyggede (skalbyggede) *fartøj*. Problemet er, at det skalbyggede fartøj bygges »udefra og ind« med tømmersystemet som sekundært i formdannende henseende. Omvendt med skibet. Det glatbyggede skibsskrog klædes op på et i *forvejen* rejst skelet af tømmer. Indtil Olof Hasslöf påviste, hvordan håndværkere kunne have overkommet springet fra skalbygget båd til tømmerbygget skib[1], var forskningen mest tilbøjelig til at mene, at »springet« måtte have sin årsag i en opfindelse. Et »a priori« opsat tømmersystem kræver en planlæggende konstruktionstegning; derimod kan en skalbygget båd udmærket bygges uden tegning. Springet mellem de to bygningsmetoder kan synes væsensforskellig.

Vi skal i det følgende arbejde med et lignende problemsæt, nemlig hvordan de ikke-skolede jævne skibsbyggere omkring 1800 har kunnet arbejde sig frem mod det punkt, hvor de accepterede eller ligefrem ønskede at gå over til at bruge tegning; det drejer sig med andre ord om, hvordan håndværksmetoder og teoretiske metoder kan kombineres i en overgangsfase.

Omkring 1800 blev der på hovedstadens værfter og lejlighedsvis også andre steder, bygget store skibe efter en forudgående tegning. Analyserer vi den tids teoretiske metoder bare overfladisk, ses visse ligheder mellem bådebygning (skalbygning) og de store skibes konstruktionstegning. Ligheden er sentet, som vi i det følgende viser.

Den mest kendte af 1700-tallets teoretikere inden for skibskonstruktion var dú Hamel dú Monceau, hvis væsentlige værk: Élements de l'Architecture Navale, Paris 1752, var kendt iblandt danske konstruktører, herunder Henrik Gerner. Den metode, Monceau foreskriver til optegning, eller om man vil »konstruktion« af spantesystemet, ser ud som fig. 2 viser.

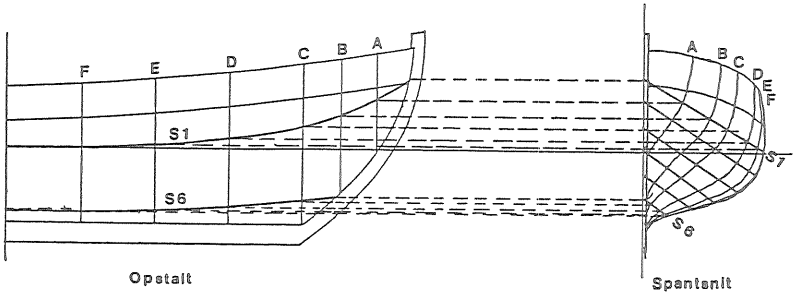
Det konstruktionsmæssige ved denne metode er *inddelingen af senterne,* der til resultat giver *formen* på de mellemliggende spanter, idet metoden forudsætter, at formen på mindst tre af



En tegning af et skib, eller af en model, som viser spantesystemet rejst og trukket i senter. Senterne er de lange lister, der uden på spanterne løber fra for til agter. Tegningen kunne illustrere den funktion, senterne havde ca. 1825-1840, hvor de som her påspigres de såkaldte *faste spanter*. Imellem disse sattes *fyldespanterne*. Fyldespanterne formes efter de påspigrede senter via skabeloner eller maller. Denne fremgangsmåde til formgivning af spantesystemet er et slags mellemstadie mellem ren klampbygning og bygning efter tegning. (Efter: Fr. H. Chapman: Architectura Navalis Mercatoria, 1775, pl. 36. Genoptrykt 1973). *Drawing of a ship or of a model showing the framework erected and adjusted with the diagonals. The diagonals are the long planks which run from fore to aft on top of the frames. The drawing could illustrate the function of the diagonals from about 1825-1840, when they were nailed onto the so-called fixed frames, as they are her. The filling frames are then placed between them. The filling frames get their shape from the nailed-on diagonals by means of patterns or templets. This method for the shaping of the framework is a kind of halfway-house between pure rule-of-thumb building and building based on drawings. (From Fr. H. Chapman: Architecture Navalis Mercatoria, 1775, pl. 36. Reprinted in 1973.)* FIG. 1A.

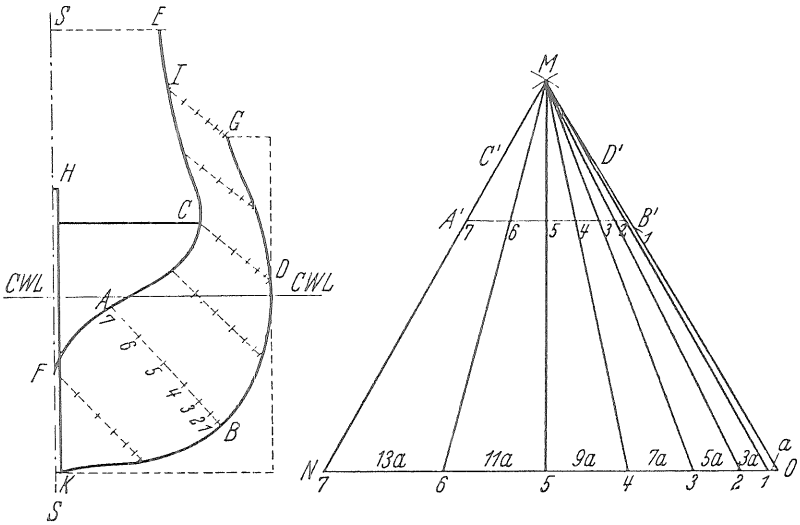
spanterne kendes: Det forreste, det agterste og middelspantet, for over disse tre spanter at kunne trække senterne.

Der er nu to forhold at iagttage: Det ene knytter sig til den *praktiske* side af metodens brug, det andet til den *teoretiske* baggrund for metoden.



Forenklet skibstegning af et skibs forreste halvdel. Her vises senternes placering i en skibstegning, se S1–S6 på spantesnittet. På de tidligste skibskonstruktionstegninger er de som her projiceret over i opstalten (dog uden de ovenfor viste projektionslinier). F.eks. er de på originaltegningen til fig. 6 af briggen »Danmark« synlige som svage linier især i agterskibet. I øvrigt danner senterne i spantesnittet udgangspunkt for konstruktion af den såkaldte *senterplan,* der altid ses nederst på en skibskonstruktionstegning. Ovenfor er kun to af de seks senter projiceret over af hensyn til overskueligheden. Senterne ses i perspektiv på fig. 1A. (Skitse af forfatteren efter H&S årbog 1962, s. 131). *Simplified drawing of the front half of a ship showing the position of the diagonals in a ship's drawing, see S1-S6 on the body plan. In the earliest sheer draughts they are, as here, projected over in the sheer plan (though without the projection lines shown above). For example, in the original drawing of the brig »Danmark« in fig. 6 the diagonals are visible as faint lines, especially in the stern. Moreover, the diagonals in the body plan form the basis for the design of the so-called diagonal plan which can always be seen at the bottom of a sheer draught. In the above drawing only two of the six diagonals have been projected over in the sheer plan for the sake of clarity. The diagonals can be seen in perspective in fig. 1A. (Sketch by the author from an illustration in DMM's yearbook 1962, p. 131.)* FIG. 1B.

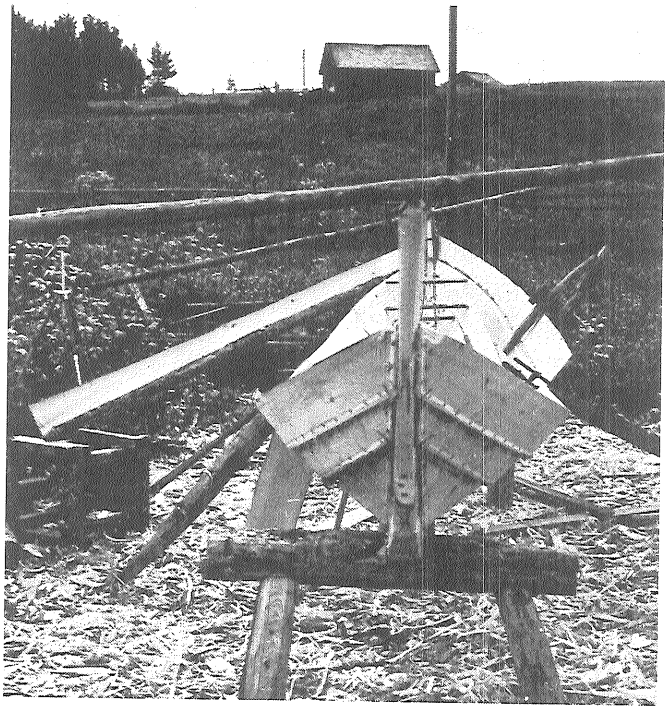
Spekulerer man over, hvordan de første videnskabsmænd, som satte sig for at forbedre skibsbyggeriet, egentlig greb sagen an, da er der i senterinddelingsmetoden et godt tip. Det er nemlig evident, at den er det teoretiske modstykke til den praktiske metode, der er kendt under navnet *bygge-på-tre* metoden. Denne metode er, som Hasslöf har beskrevet den, en praktisk fremgangsmetode for den skibsbygger, der ikke bruger teg-



Senterinddelingsmetoden. Dette princip til spantesystemets formgivning var det fremherskende på de store værfter i 1700-tallets sidste del. Ved hjælp af den viste trekant inddeles de indtegnede senter (f.eks. sentet AB) i lige så mange proportionale stykker, som det ønskede antal spanter. Når de respektive inddelingspunkter forbindes, fås formen på de mellemliggende spanter. (Efter Timmermann i H&S årbog 1962 s. 137) *The diagonal division method. This principle for the shaping of the framework was the dominant one in the larger shipyards in the last part of the 18th century. By means of the triangle shown in the drawing the marked diagonals (e.g. the diagonal AB) are divided into as many proportional pieces as the required number of frames. When the respective points of division are joined up the shape of the frames in between is then given. (From Mr. Timmermann's article in DMM's yearbook 1962, p. 137.)* FIG. 2.

ning; metoden er lige så gammel som behovet for at bygge skibe med glat bordlægning (kravelbygning), når bordene, som det næsten altid er tilfældet, opklædes på et i forvejen opsat spantesystem.

På fig. 3 ses skallen til en båd under opbygning. Man ser, at *kanten af plankerne* er synlige som rette linier[2], og dermed syno-



Fotografi af en båd under bygning i *skalbygningsteknik* (klinkbygning). Skroget eller skallen opbygges før afstivningen eller »skelettet« er dannet. Plankernes kanter ses som senterne på en konstruktionstegnings spantesnit. (Efter H&S årbog 1972 s. 207). *Photograph of a shell-construction boat (with clinker planking) being built. The hull or shell is erected before the supports (also called the »skeleton«) are put in place. The edges of the planks can be seen as the diagonals on the body plan of a sheer draught. (From DMM's yearbook 1972, p. 207.)* FIG. 3.

nyme for senterne på en linietegning, som de ses på fig. 2, og i øvrigt på enhver senere linietegning i spantesnittet. Man ser her, at det væsentligste element i 1700-tallets linietegning – sentet – er identisk med linieforløbet i en bådes plankekanter; *teori og praksis har sentet tilfælles.* Man kan af den grund fristes til at

mene, at 1700-tallets teoretikere har grebet til at codificere det praktiske skibsbyggeri, som dette har kunnet iagttages rundt om på byggepladserne.

Arbejder vi videre med disse tanker, bliver forbindelsen mellem de første linietegninger og klampbyggeriet endnu tydeligere, endda på trods af, at klampbyggeriet pr. definition foregår uden brug af tegning.

Problemet i bygning i kravel er, hvorledes spantesystemets form planlægges. Råder man over en formgivningsmetode, kan spantesystemet også laves og rejses på kølen i fysisk skikkelse. Teoretikerne havde i senterinddelingsmetoden en sådan metode, og det ledsagende problem bestående i at skaffe formen på de tre grundlæggende spanter havde man også løst på teoretisk vis, som det vises senere. Den teoriløse klampbygger arbejdede også med senterne som led i formdannelsesprocessen. Som det første trin i formgivningen af skibet rejser han de tre grundlæggende spanter på kølen (hvordan han får deres form, vender vi tilbage til), og fra stævnen og udspilet over disse tre spanter eller skabeloner trækkes nu senterne i form af lange bøjelige lister. Deres funktion er at frembringe skibets form tilstrækkelig detaljeret til, at der kan tages grove mål i skikkelse af maller, efter hvilke alle de mellemliggende spanter kan tildannes og opsættes på kølen.

Vi ser, at den primære forskel mellem klampbyggerens bygge-på-tre metode og tegnestuens senterinddelingsmetode er, at tegnestuen kan planlægge formen på *alle* spanterne, før kølen er lagt, medens klampbyggeren må modellere sit skibs form op ude på byggepladsen – spant for spant; men *begge bruger sentet som et væsentligt element i formgivningsprocessen.*

Klampbyggermetoden er i øvrigt karakteriseret af, at den foregår som en vekselproces mellem formen (skallen dannet af senterne) og en løbende bearbejdning af spanterne med økse for at tilpasse spanterne til den form eller forløb, som senterlisterne viser. Ordet »klampbygning« kommer sandsynligvis fra

denne bearbejdning af de groft tilpassede spanter: Funch skriver nemlig, at når der afhugges rigtig store stykker af et træ (tømmer), da kaldes disse for »Klamper«[3]. Den senere i perioden kendte »sletning« af spanterne var kun en mindre fintilpasning af spanter, der i det store hele var færdigformgivet efter tegningen.

Vi skrev ovenfor, at klampbyggerens og tegnestuemetodens fælles grundlag var sentet; de to fremgangsmåder til skibsbygning er derimod adskilte, hvad angår det at kunne danne formen på de tre grundlæggende spanter: Klampbyggeren havde egentlig ingen metode dertil, han måtte i stedet »malle af«, d.v.s. kopiere formen fra et eksisterende fartøj. Det giver klampbygningen dens utilstrækkelighed i udviklingsmæssig henseende; thi ved at malle af bindes skibsformen til en vis grad til hidtidige skibsformer, og en mere omfattende eller grundlæggende nytænkning i skibsformer udelukkes.

Oplysninger om klamptidens metode er sparsomme og spredte, men dog med fælles træk. Således skriver en tidlig industrihistoriker om begyndelsen af 1800-tallet, at man uden for København byggede efter »øjesyn og praktisk øvelse«[4]. Også i de indberetninger[5], som centralmyndigheden indkaldte, møder man udtrykkene: »Efter Øjemaal...«[6], »efter egen Invention«[7], eller »alt gik paa et godt Øjemaal, eller som det kaldes paa Klamp«[8].

Klampmetoden identificeres på nøgleord som »øjesyn« og »praktisk øvelse«. Disse udtryk var den skrivende del af datidens betegnelser for et skibsbyggeri, der foregik uden brug af tegning. Klampmetodens overforbrug af tømmer er omtalt af flere datidige kilder; tømmerforbruget i klampmetoden er et karakteristisk træk, idet man jo er nødt til at overdimensionere spanterne, når deres færdige skikkelse ikke kendes.

Med det besvær, som klampbyggerne har haft med at danne formen, kunne man spørge, om ikke de kunne drage nytte af at bruge modeller, såkaldte klodsmodeller, til støtte for formgiv-

ningen? Det synes ikke at være tilfældet og ville også kræve en arbejdsgang, der minder om arbejdsgangen, når man bruger en tegning; såvel en tegning som en klodsmodel skal sættes op i den aktuelle størrelse for at kunne bruges som forlæg for et skibs bygning, og denne proces er ikke let for en uvant eller uskolet person at udføre. Processen kaldes en »afslagning«, og en række vidnesbyrd taler for, at det var en vanskelig sag at udføre. Således kendes tilfælde, hvor en kyndig i skibskonstruktion rejser ud til det værft i provinsen eller i Hertugdømmerne, hvor man første gang skal bygge efter en tegning. Den kyndige bliver på stedet, indtil afslagningen er udført, og spanterne optegnet, udskåret og rejst på kølen; det gjaldt f.eks. for Bonnesen i 1830'rne, hvor han rejste til Ålborg[9]. At afslagningen var vanskelig dokumenteres også af, at Funch i sin lærebogsrække har viet et helt bind til afslagningens mysterier (litt. listens nr. 2). Grundlaget for en afslagning er, hvad der i dag benævnes projektionstegning.

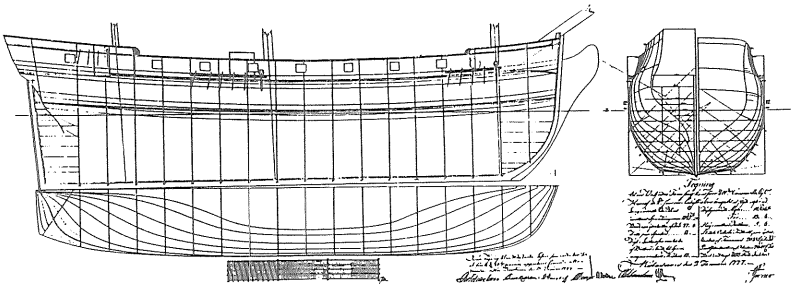
Modeller brugtes jævnthen sideløbende med tegninger. Således fortæller Skifter Andersen[10], som dækker perioden fra ca. midten af 1800-tallet og frem til ca. 1870, at modellen udarbejdes efter tegningen for at vurdere denne, og at navnlig overskibet bedst lader sig formgive således. Modeller til at bygge efter hører altså sammen med brugen af tegning, eller i det mindste med kendskab til afslagning.

Som et eksempel på et produkt af 1700-tallets tegnestuemetode vises fig. 4. Tegningen er af den berømte H. Gerner, der jo kendte senterinddelingsmetoden. Tegningen bringes i sin helhed for at give et indtryk af de store værfters konstruktioner. Gengivelsen er vanskelig, og derfor bringes som fig. 4A en aftegning af spantesnittet, hvor de linier, som er kernen i konstruktionsmetoden, er optrukne. Senterne ses mrk. »S«, og de anes også på fig. 4. Men derudover er der markeret to kraftigt optrukne pile. De udgår fra hvert sit centrum, og pilene er *radier* i de cirkelbuer, der danner formen på hovedspantet (senere

betegnet ⊗). Når man således har formen, kan senterne tegnes og inddeles som fig. 2 viser. De viste radier er kernen eller »hemmeligheden« i denne gernerske spanteformningsmetode. Ved hjælp af cirkelslag og senterinddeling samt et sæt regler for spantets proportioner, og skibets hovedmål i det hele taget, overvandt tegnestuens metodik den hindring, som klampbyggerne måtte standse op ved. På fig. 4 og 4A markerer cirkelslaget hvor langt et stykke af henholdsvis skibssiden (under vandet) og kimingsrundingen, der er blevet tegnet som en cirkelbue. Centre er ikke altid markeret på linietegninger fra dengang. Ved brug af senterinddelingsmetoden bliver spantesnittet det styrende i konstruktionen; de noget kantede og abrupte vandlinieplaner, der ses på 1700-tallets tegninger, kunne være et resultat heraf.

Disse gernerske konstruktionsmetoder genfinder vi i en lille bog udgivet i året 1800 i Bremen. Bogen er af forfatteren tiltænkt den mere uskolede skibsbyggers højnelse. Bogens hovedtitel er »Construction der Seeschiffe« af Daniel Braubach, lærer i »Seefahrtskunde« i Bremen. Braubach's udgangspunkt er det klampbyggede skib, som han har set og gransket men er så langt fra blevet imponeret af dets skønhed eller dets kvalitet. Han er vel inde i tidens matematisk-videnskabelige metoder til skibskonstruktion, og det er hans mål at give disse metoder videre til den jævne skibsbygger i en form, denne kan begribe, og bringes til at forstå en bedre metode end »øjemålet«. Bogen er i alt væsentligt en forenklet version af i det mindste dele af Monceau's metoder. Forfatteren omtaler i øvrigt Monceau, hvis værk udkom i en tysksproget udgave i 1791.

Hidtil har termerne »skibstegning« og »skibskonstruktionstegning« været anvendt i flæng. Vi må nu præcisere betydningen af disse ord. Almindeligvis mener man, at en skibskonstruktionstegning er en tegning, efter hvilken der kan bygges et skib. Men en tegning af et skib kan være en ren *geometrisk nedtegning* af et skibs linier og i det mindste af spantesystemets



var til stede, måtte skibsbyggeriet vige for den stærkt ekspanderende handel.

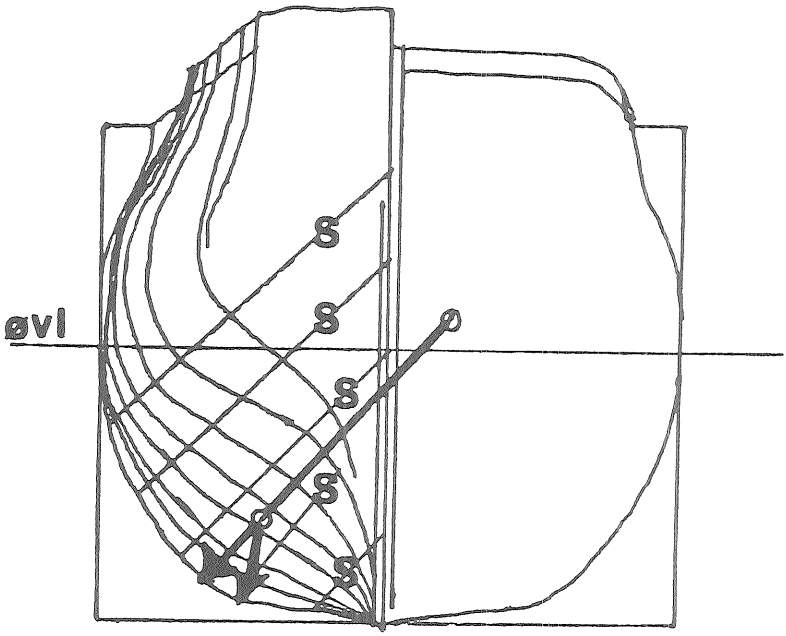
Sidetegning, vandlinieplan og spanteridß til vestindiefareren „Frederichstæd", bygget for statens regning 1777. Tegningerne er forsynet med overskattedirektionens approbation af 13. jan. 1777. RA. Søetatens Kort- og Tegningsaml. D 1549.

Eksempel på skibskonstruktionstegning fra de store værfter sidst i 1700-tallet. Konstruktøren er H. Gerner, og skibet er Vestindiefareren »Friederichsstæd« fra 1777. Konstruktøren har sandsynligvis benyttet senterinddelingsmetoden i forbindelse med formgivningen af spantesnittet, se nærmere derom på fig. 4A. (Efter H&S årbog 1974 s. 56-57). *Example of a sheer draught from the larger shipyards at the end of the 18th century. The designer is Mr. H. Gerner, and the ship is the West Indiaman »Friederichsstæd« from 1777. The designer has probably used the diagonal division method in the shaping of the body plan. See fig. 4A for more details. (From DMM's yearbook 1974.)* FIG. 4.

form. Men denne geometriske eller tekniske projektionstegning kan tillige være bestemt efter en *beregning*. Her vil vi stille følgende krav: Et skib skal være bygget efter en tegning, der både er beregnet og geometrisk nedtegnet, for at vi siger, at skibet er *konstrueret* i modsætning til at være klampbygget.

I relation til beregninger kan vi på originalen til fig. 4 se, at Gerner har beregnet »det Cubiske indhold«, altså skibets deplacement. Sandsynligvis kunne Gerner også beregne skibets *egenskaber* udtrykt i begrebet *metacenter,* der kan opfattes som slutfacit i beregningen af et skibs stabilitet (se i øvrigt nærmere om metacenter længere fremme i artiklen). Metacenterberegningen var en kompliceret beregning, som blev kendt i løbet af 1700-tallet[11].

Forenklingen, som Braubach påtager sig, bevirker, at han ganske vist fortæller, hvordan man kan beregne deplacementet



Aftegning efter fig. 4 der viser placeringen af de *radier* og deres *centrum*, som er benyttet til formgivningen af hovedspantet. De to radier er vist i kraftig streg. Den længste danner skibssiden fra kimingen og til lige under øvl (øverste vandlinie), den korte danner kimingsrundingen. De skrå linier mrk. »S« er senterne, som inddelt efter senterinddelingsmetoden (se fig. 2) gav formen på de spanter, der ikke kunne tegnes ved cirkelbuer (de mellemliggende spanter). (Skitse af forfatteren). *A sketch based on fig. 4 showing the position of the radii and their centre, as used in the shaping of the main frame. The longer one comprises the side of the ship from the bilge and to just under the load waterline, the shorter one marks the bilge. The lines marked »S« are the diagonals which, when divided according to the diagonal division method (c.f. fig. 2), gave the shape of the frames which could not be drawn using arcs of a circle (the intermediate frames). (Sketch by the author.)* FIG. 4A.

(selve dette ord bruger han ikke) for at finde vægten af skibet, men metoden dertil er yderst simpel, og om metacenterets beliggenhed angives blot den grove tommelfingerregel, at man »uden stor fejl« kan antage, at det ligger i øverste vandlinie.

Braubach's fortolkning af skibskonstruktionsvidenskaben for den jævne mand bringer os nærmere til at forstå overgangsproblemerne i forbindelse med skiftet fra klampbygning til brug af tegning. Men det er ikke nok, at der findes metoder til forbedring af den bestående klampteknik, eller at disse metoder er tilgængelige i en bog. Klampbyggeren, manden selv må fornemme et behov, før han åbner bogen.

Denne situation er rimeligvis tilstede, når klampbyggerne får forbindelse med de store værfters metode. Da kan han med egne øje se, hvilke fordele en tegning har for byggeriet: Spantesystemets foruddannelse med *form* og *dimensionerne* på spanterne i tilgift.

Provinsens skibsbyggeri har fået kontakt med tegnestuemetoden i flere tænkelige situationer: Ved skibstømrerarbejde i hovedstaden eller på et af de store værfter i f.eks. hertugdømmerne[12], eller andre steder i provinsen, hvor der især i krigen 1807-14 blev bygget en del forskellige fartøjer, alle efter en tegning som var udfærdiget på Holmens tegnestue, og hvor der under bygningen deltog en tegningskyndig udsendt fra hovedstaden[13]. Der er grund til at antage, at de mere fremadskuende iblandt klampbyggerne i årtierne omkring 1800 er begyndt at søge at lægge sig efter den »københavnske metode«, som den i begyndelsen blev kaldt. Braubach's bog imødekommer denne udvikling.

Af egentlige dokumenterede tilfælde på eksistensen af sådanne progressive klampbyggere kender forfatteren kun et enkelt, der dog næppe har været enestående. Det drejer sig om en bornholmsk tømmermand, som omtales i de før nævnte indberetninger[14]. Denne tømmermand har uden at bruge tegning alligevel afslået »en hel jagt« på en bræddeplan. På de afslåede spanter har han med kridt »hosføjet« spanternes dimensioner. Amtmanden, som har forfattet indberetningen i 1827, kalder hans metode »efter egen invention«. Men analyserer vi disse sparsomme oplysninger, fortæller de os, at han har arbejdet i

fuld størrelse med at frembringe et spantesystem til en jagt! Når han har kunnet det uden at bruge tegning, har han kendt en måde, der kunne optegne spantet direkte i fuld skala. Metoden kan beskrives som en *direkte afslagning,* hvor spantesystemet fås uden en tegning som mellemled.

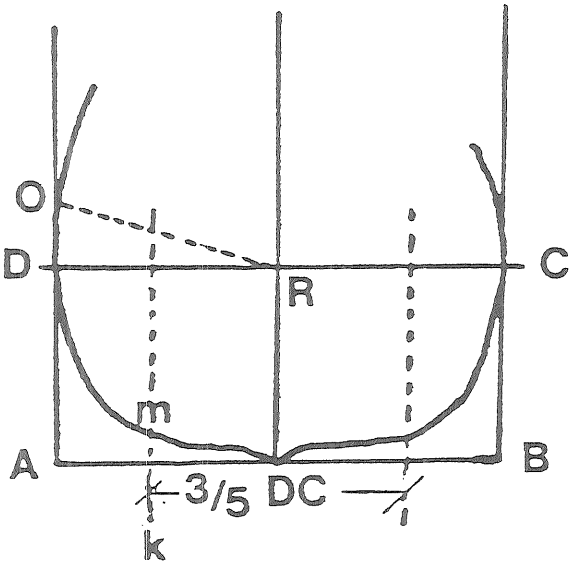
En sådan fremgangsmåde eller metode forekommer i Braubach's bog, og vi skal straks se på den. Her må det fremhæves, hvad der for skibstømreren muligvis har været det vigtigste resultat af hans metode, nemlig at han har fået spanternes færdige dimension og således har kunnet spare på det dyre egetømmer. For os er det interessante selve metoden, der er et dokumenteret forstadie mod brugen af en konstruktionstegning.

Det bornholmske eksempel tyder desuden på, at Braubach/Monceau har været kendt iblandt nogle klampbyggere omkring 1800.

I ganske kort form ser Braubach's metode til spantetegning ud, som fig. 5 viser. Set fra klampbyggerens synspunkt, er det fikse ved denne metode, at den kan bruges til at frembringe det forjættede første grundlæggende hovedspant. Da metoden arbejder med cirkelslag og rette vinkler, kan man bruge den til optegning af hovedspantet i fuld skala uden afslagning fra en tegning på papir. Om det også har været hensigten fra Braubach's side er uvist, men han henvender sig dog til den uskolede klampbygger, der næppe har været meget fortrolig med papiret.

Braubach redegør også for senterinddelingsmetoden, og klampbyggerne har derfor haft mulighed for at tilegne sig en tegnemetode, der omfattede hele skibsskroget, hvor der er blevet arbejdet i fuld skala uden brug af papir, men tegnet direkte på en bræddeplan. Men også med denne udvidelse forbliver metoden i bund og grund kun en *forbedring* af klampmetoden, ikke en forandring af den, det kom først senere.

Skibstømreren fra 1834 kan udmærket have haft ligeså fremmelige kolleger rundt om i landet. Disse klampbyggere, som



Spanteformningsmetode fra år 1800. Hovedspantet er indskrevet i to kvadrater; disse er målesystemet for undervandsparten af spantet, og de oprettes som liniestykkerne ABCD, idet AB=2CB. Overskibets størrelse bestemmes ud fra æstetiske vurderinger og efter kravet til lastrumsvolumet. Skibssidens form dannes ved et *cirkelslag,* hvis centrum ligger i nærheden af øverste vandlinie. På skitsen forestiller OR radius i cirkelslaget. Spantets form og udstrækning i øvrigt bestemmes af bundens skarphed (bundstokkens stigningsvinkel), der på skitsen er bestemt med linien mk's udstrækning, og af bunden eller *flakket's* bredde. For »Lastdragere« angiver metoden, at flakket (som på skitsen) skal være ⅗ af bredden DC. (Skitse af forfatteren efter Braubach (litteraturlisten nr. 14), tavle 12, fig. 34). *Frame shaping method from 1800. The main frame is inscribed in two squares; these are the system of measurement for the part of the frame which is under water, and they are aligned as straight lines ABCD, where AB = 2 CB. The size of the ship above the water is determined by aesthetic considerations and the amount of cargo space required. The shape of the side of the ship is formed by making an arc of a circle whose centre is close to the load waterline. In this sketch the line OR represents the radius of this circle. Apart from this the shape and extent of the frame are governed by the rise of the floor timber (which in the sketch is determined by the line mk and by the breadth of the bottom or floor. For cargo ships this method indicates that the floor should be 3/5 of the width DC, as it is in the sketch above. (Sketch by author based on Braubach (bibliography no. 14), table 12, fig. 34.)* FIG. 5.

virkede på overgangen til en ny epoke, har uden basis i en elementær uddannelse tilegnet sig det beskrevne system til en *geometrisk optegning* af hovedspantet. Derved har de været i stand til at frigøre sig fra den tvang, som et afmallet hovedspant pålagde dem i formmæssig henseende, naturligvis med skyldig hensyntagen til de grænser, som metoden rent geometrisk afstikker, samt til deres egen dristighed. Men den boglige lærdom, der skulle erhverves for at kunne *beregne* skibet, havde kun de færreste endnu.

Den fartøjstype, som klampbyggerne frembragte, det være sig med eller uden brug af Braubach's metode, havde en række særlige træk i såvel udseende som i egenskaber. Disse karakteristiske træk vil vi søge at belyse i et »portræt« af det klampbyggede skib. Ganske vist er det vanskeligt, da vi endnu ikke har skibets konstruktionstegning som dokumentation for dets form. Når vi alligevel forsøger, skyldes det, at klampskibets form var den basis, hvorpå senere tiders ændringer måtte bygge.

Skibets udseende over vandet er veldokumenteret fra mange teknisk gode skibsportrætter eller skibsmalerier. Med skibets udseende *under* vandet er det straks vanskeligere men meget væsentligt, da underskrogets form skjuler skibets sejlegenskaber samt ved sin fylde tillige dets lasteevne. Pladsen er ikke til at bore dybt i disse spørgsmål, kun skal de egenskaber, som mest radikalt blev udsat for ændringer, omtales. Det er ændringer, som sker i forbindelse med konstruktionstegningens indførelse i skibsbyggeriet.

Hele skibets form befinder sig inden for skibets *målesystem.* Egentlig er der to målesystemer: Toldvæsenet karakteriserer i den såkaldte skibsmåling, skibets skrog på dets rumfang. Skibsbyggeren og konstruktøren bruger et målesystem, der beskriver skibets størrelse. Tilmed udmåles de to målesystemer ikke mellem de samme punkter på skibet. Det målesystem, som skibet er bygget efter, kalder vi *konstruktionsmålesystemet,* og som er

det sæt af mål, bygmesteren har tænkt indenfor; det indeholder følgeligt en henvisning til byggemetoden og til konceptet i det hele taget. I hele klamptiden ses således, at skibene angives ved ordene *køllængde* og *bjælkebredde*. Ordet bjælkebredde er ikke væsensforskelligt fra det senere i »tegningstiden« anvendte *bredde på tømmerets yderkant* og lignende udtryk, hvori dog altid ordet »tømmer« indgår. Derimod er køllængde et begreb, der direkte er forbundet med klamptidens byggemåde. Da klamptiden ophører med tegningens indgang, forsvinder ordet til fordel for *perpendikulærlængde*, som er forbundet direkte til en konstruktionstegning. For klampbyggeren er kølen det fundament, som han former og opbygger sit fartøj over. Denne formningsproces kommer senere i perioden til at foregå på tegnestuen. Da kølen for klampbyggeren er det element af skibets samtlige, som han først fatter interesse for, bliver dens længde en hovedfaktor i den i øvrigt simple udregning af skibets indbyrdes målforhold, som vi ved, at klampbygmestre foretog[15]. Derfor angives et klampbygget skibs længde ved sin køl. Reglerne for denne proportionsberegning har været de forskellige bygmestres særlige viden og kunnen, og har måske været betragtet som lidt af en hemmelighed, idet forskellene på skibene bl.a. udtryktes i disse proportioner.

Den form, som klamptidens skibe havde, var den såkaldte *fiskeform*. Teknisk betyder det, at hovedspantets plads er foran for midten, hvorved skibets fyldighed og største bredde kommer langt forefter. Agterskibet bliver langt og smalt som en fiskehale. Dette koncept for en skibsform blomstrede i 1700-tallet, og blev holdt i live af bl.a. den svenske konstruktør Chapman, ved at han codificerede de bedste skibes form til brug i sine egne konstruktioner. Fiskeformen holdt sig nogle årtier efter, at brug af tegning var blevet almindelig. Boven er bred og rund på et fiskeformskib.

I sit kladdehæfte om »Skibes Construktion«[16] skriver skibsbygmester Skifter Andersen i et historisk tilbageblik om skibene

fra omkring 1820-30, at deres »brede Boug skulde holde samme op over Søen under svær Seilpres«. Af samme og andre kilder fremgår det endvidere, at skibene dengang var *korte og brede;* bredden gav et deplacement med størst mulig »teoretisk Stivhed«[17], skriver Skifter Andersen. Et skib bygget på denne vis kunne bære et stort sejlareal, og »det var især i Høiden, at Rikningen viiste uhyre Dimensioner; disse Skibe stak dertil dybt i Vandet, saa de bøde stor Modstand for Drift, naar Vinden kom tværs« skriver han videre. Den korte skrogform og høje rig stemmer med, hvad vi kan se på skibsafbildningerne fra de første årtider af 1800-tallet. Rawert[18] beskriver ligeledes, at skibene var korte og brede men tilføjer, at de var gode sejlere i almindelighed men dårlige sejlere med vinden agterind; med andre ord var de gode på kryds; det må betyde, at de har haft et relativt skarpt eller V-.formet undervandsskrog. Et sådant skrog medfører af simple konstruktionsmæssige grunde en bred øverste vandlinie, og det betyder, at skibene får den *teoretiske stivhed,* som også Skifter Andersen taler om.

Sammenfattet må vi sige, at disse oplysninger ikke tegner billedet af senere tiders veludviklede skibstype. Snarere er det en skabelse, der viser bagud i tid, ned til bådens korte og brede facon. Man kan tænke sig en udvikling, hvor klampbyggerne gradvist har bygget bådens skrogtype højere og højere, indtil den efterhånden har fået skikkelse af et skib. En jagts runde facon repræsenterer et mellemstadie i denne proces. Denne »båd i overstørrelse« kan ved sit øgede sejlareal presses til at sejle i en acceptabel hastighed, men betingelsen er, at boven bliver bred og bæredygtig nok til at bære sejltrykket. Alt i fiskeformskibet er rykket forefter: Master, sejl og lastrum; agterskibet er som en fiskehale hovedsageligt til at styre og afbalancere skibet med.

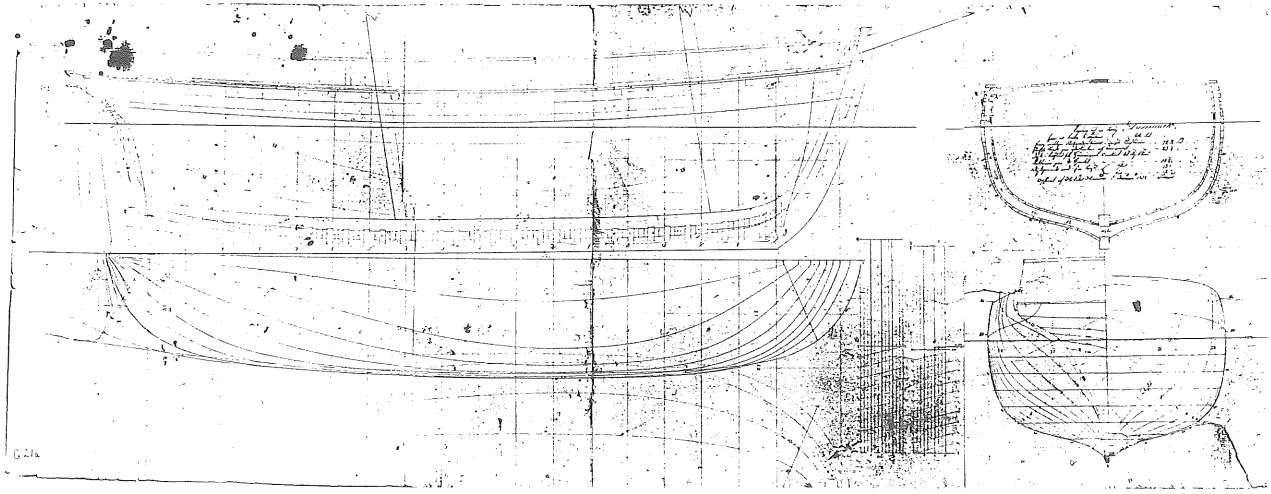
Denne måde at udvikle et skib på er karakteristisk for en håndværksmæssig forsøgen-sig-frem. Udviklingen skyldes en stykvis forbedring på det foregående, men er uden basale ændringer eller nyskabelser. Det er en udvikling, der er et resultat

af at »malle af« fra eksisterende båd- og skibstyper, og den medfører, at skibets facon i næsten lige linie kan føres tilbage til bådens.

Betragtet på denne måde repræsenterer det klampbyggede skib en udvikling, der kiler sig ind i en blindgyde, hvor de skyhøje master tårner afmægtige sejlarealer op over det bredbovede genstridige skibsskrog. De kommende årtier skulle ændre grundlæggende på dette skibsdesign.

Af museernes arkiver over konstruktionstegninger til handelsskibe kan vi se, at det fra ca. 1840 bliver almindeligt at tegne skibe i provinsen. Fra årene før ca. 1840 er der registreret yderst få (bevarede) tegninger, og fra ca. 1830-35 er der vistnok ingen. Af bl.a. disse grunde kan vi fastsætte tidspunktet for indgangen af skibskonstruktionstegningen i provinsens skibsbyggeri til 1830'rnes årti.

Ifølge det hidtil skrevne er det klampbyggede skib et produkt af håndværkerens kopierende (ved maller) og bevarende metodik. Traditionen er en stærk faktor, så da tegningen rykker ind i erhvervet, må den en tid konkurrere med de traditionelle skibsformer (fiskeformen) og metoder. Det betyder, at selvom det rent faktisk nok var uhensigtsmæssigt, så har de første tegninger til skibe endnu træk og elementer i sig af det klampbyggede skib. Tegninger fra denne overgangstid er sjældne. Fig. 6 af briggen »Danmark« fra 1838 er en sådan sjældenhed, og altså én af de ældst bevarede skibskonstruktionstegninger fra provinsen. I og med at der foreligger en tegning, er skibet pr. definition ikke klampbygget, men tegningen dokumenterer til dels et klampbygget skibs fiskeform med sin brede bov og ⊗ (hovedspantet) placeret foran for midten. Skibet er bredt i forhold til længden; dette forhold måles på øverste vandlinies udstrækning, alias perpendikulærlængden, og på bredden af tømmeret (spantet) i øverste vandlinie; begge mål er dele af *konstruktionsmålesystemet.* Vandliniernes form vender vi tilbage til.



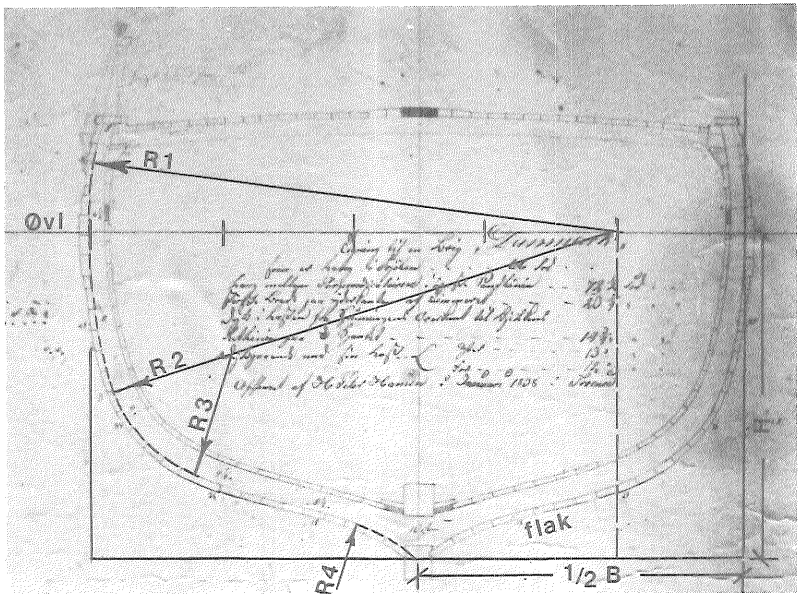
Konstruktionstegning til briggen »Danmark«, sign. Troense i 1838 af H. Peter Hansen. Forskellige små notater og skitseringer i blyant viser, at der har været arbejdet med tegningen i brugsøjemed. Arten og mængden af informationer samt tegnestilen viser hen til Holmens konstruktionsskole, medens spantesnittets form viser hen til en provinsiel tradition. Originaltegningen måler ca. 145×55 cm, og er tegnet på svært kartonlignende papir i sort og rød tusch. (Svendborg og Omegns Museum, tegningsarkivet). *Sheer draught for the brig »Danmark«, signed Troense 1838 by Mr. H. Peter Hansen. Various small pencil notes and sketchings show that work has been done on the draught with a view to its practical application. The type and amount of information as well as the style of draughtmanship indicate Holmens shipbuilding school, while the shape of the body plan indicates a provincial tradition. The original draught measures approximately 145 cm. × 55 cm. and was drawn on thick paper, almost like cardboard, in black and red India ink. (Svendborg and District Museum, drawing archives.)* FIG. 6.

Alle de nævnte ting adskiller ikke væsentligt briggen »Danmark« fra den efterfølgende type, eksemplificiceret ved skonnerten »Neptunus«, som omtales udførligt senere. Derimod vil en sammenligning af spantesnittene godtgøre, at tegningen til briggen »Danmark« viser et skib fra overgangstiden. Skibet repræsenterer en type, der først forandres i løbet af 1850'erne, men vi kan fastslå, at de tegningselementer, som en skibstegning indeholder, allerede så tidligt er tilstede, og det gælder: Opstalt (sidebillede), vandlinieplan og senterplan, endvidere et spantesnit af linierne, og et spantesnit af tømmeret m.m.

Briggen »Danmark« er spejlbygget med en gilling, hvorigennem rorstammen går, og forskibet har en skråtstillet næsten lige stævn, der er forlænget fremefter og gjort clipperlignende[19] ved et påboltet skæg. Skægget danner øverst en konsol for gallionsfiguren. Til siderne støttes skægget af gallionsrælingen, der tilligemed figuren ofte var gyldne eller gulmalede.

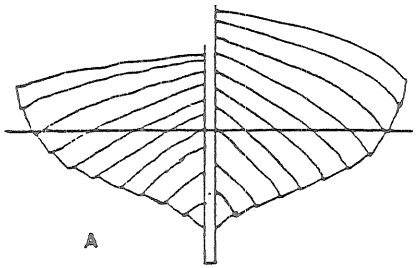
Som noget særligt for denne tegning, og muligvis også for andre provinsielle tegninger fra denne tidlige fase, er *senterne* indtegnet i opstalten (på gengivelsen i fig. 6 er de svagt synlige i agterskibet som tynde linier). Senere i perioden indtegner man *kun* senterne i spantesnittet og i den særlige senterplan nederst på en tegning. Senternes betydning som formdannede hjælpemidler må have stået frisk i erindringen hos konstruktøren H. Peter Hansen. Derved viser tegningen hen til en provinsiel traditions nære forbindelse til den senterafhængige klampbygningsteknik.

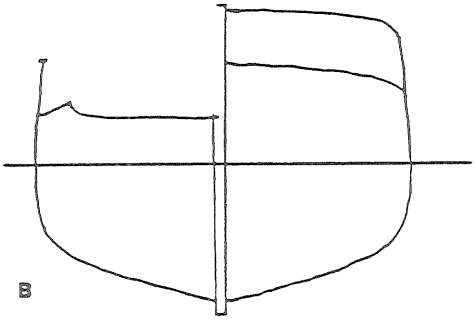
Men det mest markante særpræg i briggen »Danmark«s tegning er spantesnittet. Det er vist i fig. 7, som er et udsnit af fig. 6. Der er to karakteristiske ting ved profilet: Det ene er selve *formen,* og det andet er *metoden,* der er anvendt ved selve nedtegningen af denne spanteform. Formgivningens princip er vist ved de kraftige streger. Disse linier er et resultat af de regler, som er vist på fig. 5, Braubach's metode. Han foreskriver, at hovedspantet op til øverste vandlinie (øvl) tegnes inden for 2 kva-



Detalje af fig. 6. Spanteprofilet på tegningen til briggen »Danmark« er affotograferet, og reglerne for Braubach's spanteformningsmetode (se fig. 5) er indtegnet i kraftig streg derpå. Man ser, at der er en fuldstændig overensstemmelse mellem briggens hovedspant og Braubach's regler. Konstruktøren har med andre ord i 1838 benyttet reglerne fra 1800. I øvrigt viser spantet en bådsstværsektion, og kan sandsynligvis betragtes som en generel repræsentant for det klampbyggede skibs tværprofil i provinsen i 1800-tallets første årtier. (Forfatterens opstregning på foto af originaltegning). *A detail from fig. 6. The midship section in the sheer draught for the brig »Danmark« has been protocopied and the correct lines according to Braubach's frame shaping method have been added in bold print. It is evident that the main frame of the brig complies entirely with Braubach's rules. In other words the designer used the rules from 1800 in the year 1838. The frame, incidentally, shows the cross-section of a boat and can probably be taken as being generally representative of the midship section of ships built by rule of thumb in the provinces in the first decades of the 19th century. (Author's sketch on top of a photograph.)* FIG. 7.

drater; disse er markeret som ½B = H på figuren. Princippet er nu, at bredden (i øvl) deles i 5 lige store stykker. Med en radius på ⅘B slås et cirkelslag, der vil forme og afgrænse skibssiden in-





En sammenligning mellem en båd (A) og et skib (B) mht. tværprofilet. Billede A viser tværprofilet på en kragejolle. Man ser, at det nederste først påsatte bord står en smule mere lodret end de øvrige af bundens planker. Ligeledes bemærkes den udfaldende skibsside; begge ting er en følge af skalbygningsteknikken, og karakteristiske for en båd. (Efter »Maritim kontakt« IV s. 105). Billede B viser et typisk tværprofil for et skib bygget efter tegning. Bundstokken er *lige* ved kølen, og skibssiden står lodret eller en smule indadfaldende. (Efter briggen »Alf«, konstrueret af E.C. Benzon i 1850. H&S tegningsarkiv K. 1474). *A comparison between a boat (A) and a ship (B) as regards the midship section. Picture A shows the midship section of a sprit-sail rigged boat. It can be seen that the lowest plank which has been put in first is a tiny bit more vertical than the rest of the floor planks. It should also be noted that the sides of the boat slope outwards. Both these features are a result of the shell-construction technique and characteristic for a boat. (From »Maritim kontakt« no. IV, p. 105). Picture B shows the typical midship section of a ship built from a sheer draught. The floor timber is straight by to the keel and the sides of the ship are either vertical or sloping slightly inwards. (From the brig »Alf« designed by Mr. E.C. Benzon in 1850. DMM's drawing archives K. 1474.)* FIG. 8.

den for R1 – R2. Videre dannes kimingsrundingen af R3, der har længden ⅕. Den lille runding R4 ved kølen har længden ca. ⅖B.

Således formes spantet af cirkelslag inden for et målesystem af to kvadrater. Der mangler kun regler for bundens bredde eller flakkets bredde. Denne er af Braubach foreskrevet til at være ⅗B.

Vi kan således konstatere, at briggen »Danmark«s spanteprofil nøje stemmer med regler udgivet i 1800.

Men så selve *arten* af briggens spanteprofil da. Her hæfter man sig ved det lille svaj, som spantet slår ved sin tilslutning til kølen, og som er markeret med R4. Dette svaj er et træk, som dette spanteprofil har tilfælles med de skalbyggede både, og det kan antages, at det er en rest, der er overleveret fra skalbygningsteknikken, eller med andre ord fra skibets afstamning fra båden, som vi omtalte tidligere under portrættet af det klampbyggede fartøj. Som det er illustreret på fig. 8A, står det nederste bord i en skalbygget båd ofte en del mere lodret end bundens øvrige planker; dette skyldes sandsynligvis den særlige bygningsteknik.

Foruden »svajet« har briggen »Danmark« *udfaldende skibssider,* hvorved skibet på samme vis som en båd bliver bredere og bredere opefter regnet fra kiming og op til øvl. Sammen med svajet viser dette, at spanteformen i virkeligheden er en bådstværsektion, der er »forhøjet« til skibshøjde! Denne form giver, især når den som her er kombineret med en V-formet bund, et *stift skib,* sådan som de klampbyggede skibe var, jfr. det sagte i »portrættet«. Man kan spekulere over, hvorfor H. Peter Hansen har forsynet sit i øvrigt så moderne fartøj med et gammeldags spanteprofil. Årsagen kan kun være, at man på egnen, her den traditionsrige sydfynske, fra købers og brugers side foretrak det gamle og kendte. Og set fra et rationelt synspunkt som f.eks. at spare tømmer ved en forudplanlagt konstruktion er det mindre vigtigt, hvilken form spanterne har.

En sådan solid metodekontinuitet er beskrevet i Skifter Andersens optegnelser, når han ved omtalen af sin faders etablering som skibsbygmester i Aabenraa i 1832 skriver, at skønt faderen medbragte (fra sin elevtid på Holmens konstruktionskole) såvel erfaring i skibsbygning som »gode tegninger« fra det københavnske skibsbyggeri, *så måtte han som skibsbygmester i byen selvfølgelige anvende samme form og metode,* som man var vant til dér på stedet. Først gradvist kunne faderen indføre sin avancerede viden og sine nye metoder i den stedlige tradition.

Vender vi tilbage til den fremmelige tømmermand fra Bornholm, der jo brugte en optegningsmetode, kan vi se, at det kan have været den i fig. 7 viste fremgangsmåde. Metoden er så simpel, at den lader sig udføre i fuld skala direkte ude på byggepladsen. Som remedier kræves kun en lang liste som radius samt et elementært kendskab til geometri.

Cirkelslaget har briggen »Danmark« tilfælles med den gernerske metode og derved med de store værfters metode. Hvis man ved hjælp af Braubach's metode eksperimenterer med optegning af forskellige spanteformer, viser det sig, at spanteprofilen af »Friederichsstæd« fra 1777 (fig. 4) og af briggen »Danmark« fra 1838 (fig. 7) repræsenterer de to yderpunkter inden for samme metode.

Vi kan sammenfatte således, at den cirkelslagsmetode, der hovedsageligt brugtes af de store værfter i slutningen af 1700-årene, også i overgangsfase brugtes af klampbyggeren. Han kunne derved tegne sig frem til en spanteprofil, uden at skulle forkaste bådformen, uden at være meget skolet i teori og uden at vove sig ud i den vanskelige afslagning fra en tegning tegnet i målskala.

Konstruktionstegningen af briggen »Danmark« bliver således et eksempel på en skibstype, som klampbyggerne havde udviklet, men som de ikke kunne bringe videre.

Fra 1840'rne ændres spanteprofilet i skibe bygget i provinsen. Profilets ressourcebesparende egenskab var et produkt af især konstruktionstegningens indvirkning på hele skibsbygningsmetoden. Det kan dokumenteres, at vistnok alle konstruktører, der spredtes ud over provinsen, havde lært konstruktionen direkte på Holmens skibsbyggeri, eller gennem én der havde lært det der[20]. Det spanteprofil, som i denne fase var det gængse på Holmens skibsbyggeri og konstruktionsskolen sammesteds, var det af Hohlenberg konstruerede (se fig. 9).

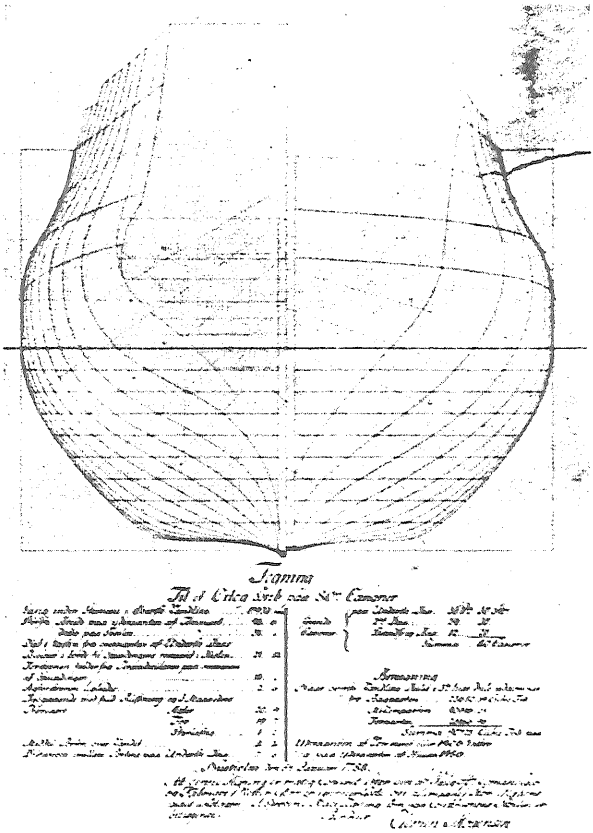
Det nye spanteprofils spredning fra Orlogsflåden til provinsens civile skibsbyggeri kan ses i indberetningerne, hvor vi tiltagende op mod 1840'rne møder udtryk som f.eks. dette fra Århus 1840: »Construeret af mig efter den Methode som anvendes paa Værfterne i København«[21].

Den »københavnske metode« er den konstruktionsmetode, som alle, der ville det, kunne lære på Holmens skibsbyggeri (efter 1856 hed det Orlogsværftet). Metoden er karakteriseret af, at ikke kun spanterne eller spantesnittet er tegnet men *hele skibet;* endvidere *beregnes* skibets rumfang og stabilitetsegenskaber. Tilsammen udgør disse beregninger og den geometriske nedtegning af skibsformen et homogent sammenarbejdet hele.

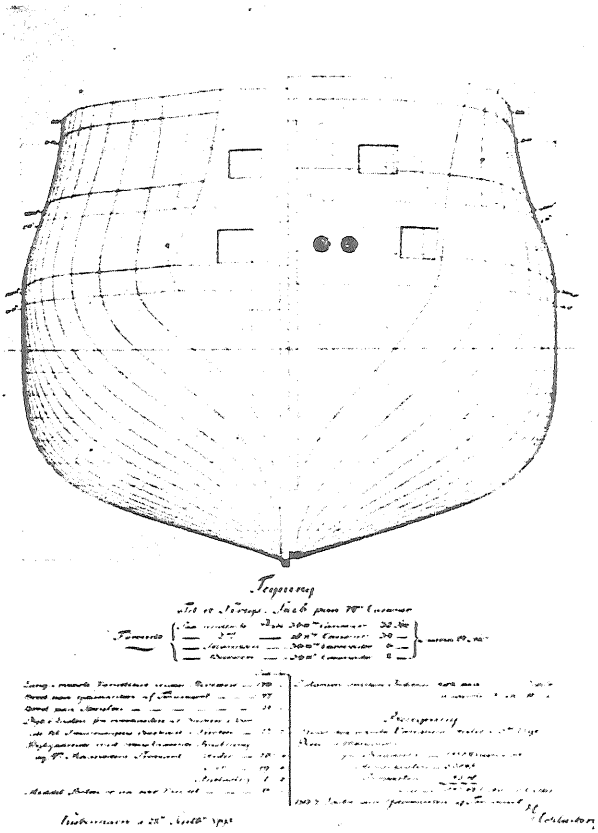
I klamptidens metodik spiller beregninger ingen stor rolle, om nogen overhovedet. Beregningerne og de virkninger, det har på skibsbyggeriet, danner et skel, og det *gennemtegnede* og *gennemberegnede* skib står i komplet modsætning til det klampbyggede.

En tegning til et sådant skib defineres her som en *konstruktionstegning*. Den er en teknisk/geometrisk fremstilling af skibets form; formen er et resultat af både beregning og skibsbyggeren/konstruktørens erfaring.

Som et slags biprodukt af den således nøje fastlagte form, kan også skibets *materialedimensioner* nøje fastlægges. Derfor ser vi på de ældste skibskonstruktionstegninger et skema over tømmer og plankedimensioner vedføjet i nederste højre hjørne.



To spanteprofiler der viser forandringen inden for de store værfters teoretisk baserede skibskonstruktion. Til venstre vises et Gernersk spanteprofil, (orlogsskibet »Neptunus« 1789). Gerners profil er tegnet efter cirkelslagsmetoden. Denne form på tværsektionen var den foretrukne på Holmens skibsbyggeri indtil ca. 1800. Til højre vises F.C. Hohlenbergs spanteprofil (orlogsskibet »Norge« 1800). Denne form i tværsektionen blev enerådende i løbet af 1800-tallets første årtier i såvel orlogs- som handelsskibe. Skibe med denne tværsektion har en bedre formstivhed grundet et højere beliggende metacenter. (Efter hhv. s. 51 og 59 i: John Erichsen og H.C. Bjerg: Danske Orlogsskibe 1690-1860, bd. 1). FIG. 9.



Two midship sections showing the changes in the theoretically based ship designs of the larger shipyards. On the left is a Gerner midship section (from the naval vessel »Neptunus« 1789). Gerner's section is drawn on the basis of the circle method. This form of cross-section was the one preferred at Holmens skibsbyggeri until about 1800. On the right is Mr. F.C. Hohlenberg's midship section (from the naval vessel »Norge« 1800). This kind of cross-section became the universal one in the first decades of the 19th century for both naval and merchant vessels. Ships with this cross-section have a greater stiffness of form as a result of their higher placed metacentre. (From p. 51 and p. 59 respectively in John Erichsen's and H.C. Bjerg's »Danske Orlogsskibe« (=Danish Naval Ships) 1690-1860, vol. 1.) FIG. 9.

Materialedimensioneringen er i øvrigt forløberen for de såkaldte *byggereglementer*, som klassifikationsbureauerne sidst i perioden udsendte; se derom sidst i artiklen.

Beregningernes formål er at forudsige skibsformens egenskaber i *brugsmæssig* henseende (lasteevne) og i *sejlladsmæssig* henseende (stabilitet). Den skibsform, som de første skibskonstruktionstegninger forestiller, er klamptidens. Denne af klampbyggeren udviklede form beregner man på og arbejder med i begyndelsen; først gradvist virker den nye viden tilbage på denne form – og ændrer den i en ny udviklingsproces. Denne proces lader vi hvile lidt og ser i stedet nærmere på skonnerten »Neptunus« tegnet i 1843 (fig. 10).

Tegningen til »Neptunus« er blevet til ved integreret brug af beregning. Ved dette redskab kan den gammelkendte fiskeform eksamineres for sine sejladsmæssige egenskaber, og i en vekselvis tilpasning med beregningerne tilrettes for at opfylde de specifikke krav, man kunne stille til skibet. Det færdigkonstruerede skib er altid udtryk for et kompromis mellem lasteevne, hoveddimensioner, hurtighed, sødygtighed og soliditet. Ofte benyttede konstruktørerne sig af en model, der blev udført efter *tegningen* for at kontrollere denne. Her hjalp det, at de fleste konstruktører i starten også var skibsbygmestre eller skibstømrere. Den nævnte måde at bruge en model på må ikke forveksles med den mere kendte brug, hvor modellen er selve grundlaget for planlægningen af skibsformen; her tænkes på klodsmodeller der f.eks. skæres op i lodrette »spantesnit«.

Til det komplette sæt af tegninger til »Neptunus« hører også en apterings- og forbindingstegning, som ikke er gengivet her. På denne tegning ses listen over dimensionerne på tømmer og planker til skibet. Disse dimensioner er som sagt flere steder et vigtigt resultat af skibskonstruktionstegningen.

Det andet resultat er beregningerne. Skemaet over disse ses nedenfor i afskrift fra fig. 10, og hedder »hoveddimensioner og resultater«. Der ligger et større regnearbejde bag dem, og det er

ikke hensigten her at redegøre for alle detaljer i dem, men blot principperne.

»Hoveddimensioner og resultater

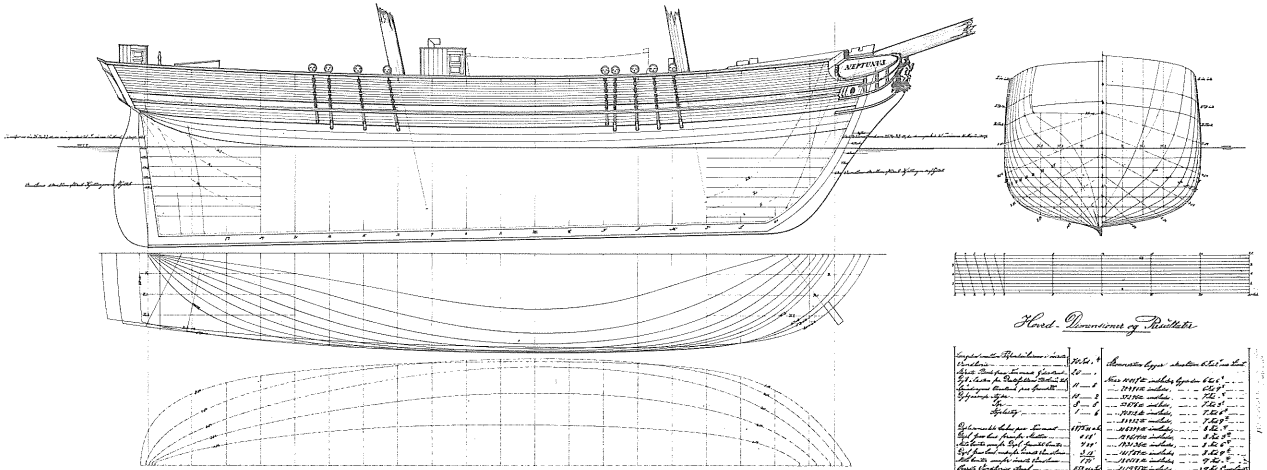
længden mellem perpendiculairene i øverste vandlinie	70 fod	0 tommer
største bredde paa tømmerets yderkant	20 –	0 –
dyb i lasten fra dæksbjælkens retlinie til spundingens overkant på spantet ⊗	11 –	8 –
dybgaaende agter	10 –	2 –
dybgaaende for	8 –	8 –
dybgaaende styrlastig	1 –	6 –
deplacementets cubus paa tømmeret	6475,88 kubikfod	
depl grav cent foran for midten	0,58 fod	
metacenter oven for depl. gravitet center	4,89 –	
depl grav cent neden for øverste vandlinie	3,18 –	
metacenter oven for øverste vandlinie	1,71 –	
øverste vandlinies areal	1158,06 kvadratfod	
sammes grav cent foran for midten	0,39 fod	
middelspantets areal	132,62 kvadratfod	
sammes grav cent neden for øverste vandlinie	3,42 fod«	

(Beregningsskemaet fra fig. 10 i afskrift).

I de første årtier efter den »københavnske metode«s fremkomst anfører skibskonstruktøren ofte resultatet af beregningerne samt den tilhørende fortegnelse over materialedimensioner på selve tegningsmaterialet, som et synligt bevis for sine kundskaber, og måske også fordi det kan have haft en vis reklameværdi. Omkring 1850 forsvinder beregningerne fra tegningerne og forefindes nu blot som kladde i mesters eller konstruktørs lommebog; beregningerne er blevet en selvfølge.

De allerældste tegninger, eller tegninger fra særlige lokaliteter, har ikke et beregningsskema anført, men blot de nødvendigste hoveddimensioner, som i tilfældet briggen »Danmark«. Da imidlertid præcise hovedimensioner er forudsætningen for en beregning af skibet, og da tegningsstilen viser hen til Holmens konstruktionsskole, er der al mulig grund til at betragte briggen »Danmark« som et beregnet skib.

Sidetegning og Spantrids til Skonnerten Neptunus, dragtig 56½ Commerce-Lasten



Hoved-Dimensioner og Resultater

Simpelt mellem Fladerne i Midten	26 Fod. 6	Commercelæst Lyngø-Maalet efter Lov af	
Dybde	12 —		
Dybde Bund fra Midten af Kølen	14 —		
Afstand fra Dæksfladen til Bund af Kølen	11 — 8	Max. Rum efter Maalet Lyngø-Maalet	62 4 —
Længe Bunden paa Spantet		— Rum efter —	62 4
Afstand af Spantet fra Forsteven	11 — 3	— Rum efter —	72 1
Fra	5 — 8	— Rum efter —	72 5
Afstand af	1 — 8	— Rum efter —	7 6 4
		— Rum efter —	7 6 2
Dybde af Lastrummet paa Midten	10 Fod 6	— Rum efter —	8 2 3
Bredde paa Dæk fra Bagskibs Side	8 11	— Rum efter —	3 2 2
Bredde paa Dæk fra Forskibs Side	7 11	— Rum efter —	3 2 2
Bredde paa Dæk i Midten af Rummet	5 2	— Rum efter —	3 2 2
Bredde paa Dæk i Midten af Rummet	1 10	— Rum efter —	7 2 2
Bredde Bagskibs af Rummet	13 Fod 6	— Rum efter —	7 2 2
Bredde paa Dæk fra Forskibs Side	13 1		
Afstand fra Dæk til Dæk	12 Fod		
Dæk paa Bagskibs af Rummet	5 4		

Christianshavn den 13 Marts 1847.

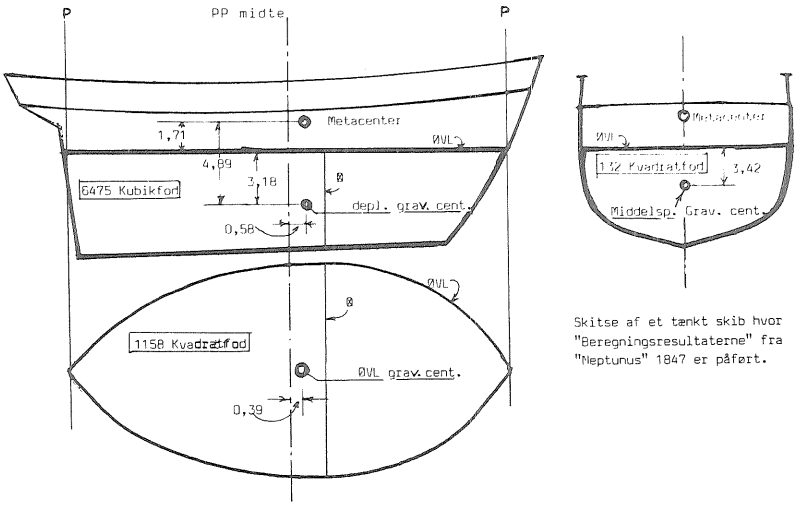
Sig: J. Ramsøe

Konstruktionstegningen til skonnertbriggen »Neptunus« 1843. Eksempel på de første tegninger til handelsskibet, som fra København spredtes til provinsen. Tegningen består af de karakteristiske dele: Opstalt, spantesnit, vandlinieplan og nederst på tegningen – senterplanen. Opstalten var indtil ca. 1850 udstafferet som her med pyntelige detaljer, der viser skibets færdige udseende over vandet. Den viste tegning er valgt grundet det bevarede beregningsmateriale, skønt den er udført til brug i hovedstaden. Beregningernes resultat er påført tegningen nederst i hjørnet og er forklaret i teksten. Det beregnede skibsrum er på tegningen afgrænset af de tegnede linier, der viser tømmersystemets overflade eller klædningens bagside. Tegningen er udført i 1847 til et særligt præsentationsformål, men er, måske bortset fra nogle af påskrifterne, karakteristisk i tegnestil og informationsomfanget for de tidligste provinsielle tegninger til handelsskibe; tegningen viser et smukt gennemarbejdet skib af fiskeformtypen. Konstruktøren E.P. Bonnesen var uddannet i det københavnske værftsmiljø med tilknytning til Holmens skibsbyggeri. Selv havde han familiære forbindelser til provinsen. (Efter H&S tegningsarkiv K. 1415A). *Sheer draught for the hermaphrodite brig »Neptunus« 1843. An example of the very first merchant ship sheer draughts which spread to the provinces from Copenhagen. The draught consists of the characteristic features: sheer plan, frame section, half-breadth plan and, at the bottom of the drawing, the diagonal plan. Up until about 1850 the sheer plan was adorned with ornamental details, as it is here, showing how the finished ship would look above water. Despite the fact that it was made for use in Copenhagen the drawing shown here has been chosen because of its ship calculations, which have been preserved. The results of the calculations have been inserted in the bottom corner of the drawing and are explained in the text. The calculated shipping space is indicated and delimited by the drawn lines which show the surface of the timbers or the reverse side of the planking. The drawing was made in 1847 for special presentation purposes, but with the possible exception of some of the marginal notes it is characteristic of the earliest provincial drawings for merchant ships as regards both the style of draughtmanship and the amount of information supplied; it shows a ship of beautiful workmanship of the fish-shaped type. The designer, Mr. E.P. Bonnesen, learned his trade in Copenhagen shipbuilding circles which were closely connected with Holmens skibsbyggeri. He himself had family in the provinces. (From DMM's drawing archives K. 1415 A.)* FIG. 10.

Basis i beregningen er hovedmålene eller størrelsen på undervandsskroget, regnet til tømmerets yderkant (⊗-spantets yderside), som breddeangivelsen og længden måles i øvl = øverste vandlinie mellem spundingen i henholdsvis for- og ag-

terstævn. Man bemærker, at det er skibet uden klædning, der er basis i beregningerne. I beregningsskemaet ovenfor opregner de første 6 linier dette målesystem med tommers nøjagtighed (1 tomme var 2,615 cm). Den højde, der er angivet i 3. linie, er afstanden fra klædningen i kølens spunding og til underkanten af dæksplankerne – målt på hovedspantet. Den højde, der indgår i beregningerne, er imidlertid højden op til øverste vandlinie. Dette mål, sammen med den opgivne bredde og længde, kalder vi *beregningsmålesystemet.* Det afgrænser underskroget, som er det, der beregnes; *beregningsresultaterne* står opført i de resterende linier. Alle oplysningerne deri er tidstypiske i opstillingsmåde og indhold.

Vigtige resultater er *øverste vandlinies areal* og *middelspantets areal* (arealet op til øvl). Det første areal er basis for skibets formstivhed, og det sidste er basis for skibets modstand. Disse to arealer bestemmer sammen med størrelsen af deplacementet (underskrogets) *skibets egenskaber,* herunder dets stabilitet. På fig. 11 er beregningsresultaterne indtegnet på et tænkt skibssymbol således, at systemet i en beregning er illustreret. Af fig. 11 ses, at beregningen kan opfattes som en balancebestemmelse mellem deplacementets tyngdepunkt (også kaldet opdriftscentrum) og et punkt, som ikke er vist på figuren, men som symboliserer vægten af hele skibet inkl. lastens vægt (punktet kunne kaldes et »neddriftscentrum«). Skibet er med andre ord udsat for to kræfter: En op- og en nedadgående (skibets vægt over for skibets bæreevne). Det præcise forhold mellem disse to kræfter, hvorimellem skibet er ophængt, udtrykkes i begrebet *metacenter.* Jo højere i skibet dette punkt er placeret over øverste vandlinie, jo stivere er skibet, og jo højere rig kan det bære. Bestemmelsen af metacenterhøjden er bestemmelsen af den tegnede skibsforms stabilitetsegenskaber. Det er med andre ord en *sikkerhedsfaktor,* der nu kan bestemmes på forhånd. Klampbyggerne kunne kun eksperimentere sig frem ved at kopiere et eksisterende skibs hovedspantprofil. Det er nemlig i høj grad hoved-



Beregningsresultaterne fra fig. 10 indtegnet på deres plads i et tænkt skib. Princippet i en skibsberegning vises derved grafisk. (Skitse af forfatteren). *The results of the calculations from fig. 10 drawn in in their correct places on an imaginary ship. The principle underlying ship calculations is thereby shown graphically. (Sketch by the author.)* FIG. 11.

spantets profil og arealstørrelse, der øver indflydelse på metacenterhøjden. Interesserede kan studere skibsberegningen nærmere i relevant litteratur[22].

Udgangspunktet for en skibsberegning er beregningen af rumfanget, eller *deplacementet.* Det findes efter en formel, der generelt set er en tilnærmet metode til beregning af fladearealer afgrænset af krumme linier; til praktisk brug er den nøjagtig nok. Den brugtes hele perioden ud, og bruges vistnok endnu. Den er nu kendt under navnet »Simpsons approximationsformel«. At konstruktøren af »Neptunus« i 1843 har brugt den, ved vi fra det 11 sider store »Hæfte med Deplacementsberegninger til Neptunus«[23]. Navnet på formlen stammer fra den engelske matematiker T. Simpson, der udgav forskellig matema-

tisk litteratur midt i 1700-tallet; princippet i formlen stammer dog fra sidste trediedel af 1600-tallet. I midten af 1800-tallet var den kendt under navnet »det parabolske system«[24], et navn der vistnok skyldes den svenske konstruktør Chapmann's arbejde med fastlæggelse af den bedste skibsform.

Skibets totale deplacement fik man ved at tillægge en erfaringsbestemt størrelse på 1/15 af deplacementet, svarende til rumfanget af skibets klædning. Skibets egenvægt, eller i datidens sprogbrug »egentyngsel«, bestående af vægten af hele skroget inkl. aptering, rigning og udstyr, udgjorde en ligeledes erfaringsbestemt brøkdel af deplacementet. Når skibet i teorien flød, kun belastet af sin egen vægt, flød det *skåltomt*. Lasteevnen er forskellen i deplacementet mellem skåltom og op til øverste vandlinie. Øverste vandlinie kaldes også ladevandlinien af denne grund.

I venstre kolonne på fig. 10 har Bonnesen beregnet »Neptunus«' bæreevne i pund pr. 3 tommers nedtrykning af skroget i vandet, dvs. bæreevnen fra skåltom til øvl – udregnet for hver tredie tomme. Måske har denne nøje udregning haft et praktisk formål, men under alle omstændigheder demonstrerer udregningen den magt, som den nye »københavnske metode« gav over skibet, en magt som klampbyggeren næppe drømte om. I dag finder en skibsreder, at det er en selvfølge at kende det påtænkte skibs lasteevne på forhånd; i 1830-40'rne har skibsskøberne næppe oparbejdet et behov for nøje at kende skibets lasteevne. Den venstre kolonne med disse beregninger findes da heller ikke på skibskonstruktionstegninger fra provinsen i almindelighed[25].

Den eneste af de konstruktionskyndige ved Holmens skibsbyggeri, som har publiceret sin viden og erfaringer, er 1.skibsbygmester m.m. D.H. Funch (1791-1856). Hans værker var ifølge forordet i et af dem hovedsageligt beregnet til brug i hans undervisning på Holmen. Funch kunne sin metier til bunds, og han blev meget agtet i samtiden. Under hans ledelse blev der

bygget mange kendte orlogsskibe som korvetten »Galathea«, linieskibe og flere andre. Hans værker behandler både konstruktion af orlogsskibe og handelsskibe. Mest relevant for nærværende artikel er hans afhandling om »coffardiskibe«s konstruktion[26]. I en reflekterende stil gennemgår Funch deri alle de overvejelser, som en konstruktør må igennem for at konstruere et skib. I teksten er ikke bare den rene teori at læse, men også en god del erfaring af praktisk og håndværksmæssig art er gemt deri.

Teorien i hans værk er så grundigt udarbejdet og så matematisk betinget, at man tør tale om et eget »Funchs system« til konstruktion af skibe. I en konstruktionshistorisk sammenhæng er systemet meget interessant, og det skal så kort, som det er muligt, forklares. Systemet bør, for at fremtræde i sin fulde betydning, forståes i lyset af følgende: For det første falder Funch's virke sammen med den epoke, hvor teoretiske skibskonstruktioner på de store værfter når et højdepunkt inden for træskibsbygning, en epoke der sluttes af med konstruktioner som f.eks. fregatten »Jylland«. For det andet får Holmens skibsbyggeri tiltagende opmærksomhed fra de civile skibsbyggere i Funch's senere år.

Funch's værker afspejler epokens høje videnskabelige stade inden for skibsbygning, idet han overalt, om muligt, udtrykker sig matematisk. I dag virker hans redegørelser nok mere omstændelige end egentlig vanskelige at begribe. Men for datidens skibstømrerlærlinge, som gav sig i kast med at lære konstruktion med en almen viden som baggrund, opstod vanskeligheder. De måtte tage ekstraundervisning for at komme på niveau omtrent med nutidens mellem- eller gymnasieskole, idet man kan se, at matematikken hos Funch befinder sig omtrent der. Hans elever har næppe heller været vant til at tænke i teoretiske baner. Måske af denne grund tager Funch's undervisning efterhånden karakter af en slags færdig helhedsløsning på det meget komplekse konstruktionsproblem. Hans belæring munder sidst

i bogen ud i en 7-foliosider stor *tabel* over centrale størrelser i skibets konstruktion. Efter visse regler og forkundskaber kan man gå ind i tabellerne og finde alle beregningsresultater direkte samt data, der sætter den kyndige i stand til at optegne skibets linier. Det er skibskonstruktion udført efter tabelopslag på en måde, der begrænser en forsøgsvis fremgangsmåde til det mindst mulige. Tabelopslag forenkler en kompliceret proces, og det Funch'ske system er set fra denne vinkel meget begyndervenligt og imødekommer de første konstruktørers problemer med matematikken.

Kernen i systemet, og samtidig grunden til at skibe kan tabelleres, er, at hver eneste kurve i skibets undervandsskrog (som er det eneste, der konstrueres), er en *matematisk kurve*. Kurven, han bruger, er *parabelen*, og den har som bekendt udtrykket $y = x^2$. Ved at variere på eksponenten til x fås parabeler, der er mere eller mindre krumme. I den nævnte tabel er disse forskellige varianter af eksponenter til x opført. Når konstruktøren efter en indviklet procedure, hvori erfaringer og skøn indgår, omsider har fundet det sted i tabellen, hvor det ønskede skibs data skal søges, går han ind og finder formlen (der er udtrykt ved eksponenterne) for det ønskede skibs kurver. Således gives der formler for optegning af: Alle vandlinier i for- og agterskib, hovedspantet samt forstævnens kurve. Det følger heraf, at alle kurver i skibet bliver parabler i matematisk håndgribelig forstand[28].

I den indviklede procedure, konstruktøren skulle igennem for at finde indgangen til formlerne for sit ønskede skib, skulle han bl.a. overveje, hvilket forhold han ønskede mellem skibets *hovedmål*, dets *fyldighedskoefficient*[29] og dets *lasteevne*. Der består en nøje forbindelse mellem disse begreber, og at opnå det bedste kompromis mellem dem var en erfaringssag. Derved har vi den lidt paradoksale sag, at der som basis i et matematisk/videnskabeligt konstruktionssystem indgår *erfaring*, eller noget der minder meget om klampbyggerens tommelfingerregler.

De nævnte formler for skibets forskellige kurver fås ikke direkte af tabellen: Der fås i stedet, hvad der i matematikken kaldes kurvens *koordinater*. Ved disse koordinater til skibets kurver, eller til dets ydre overflade, er Simpsons formel så at sige *indbygget* i Funch's system. Dermed er grundlaget for skibsberegningen til stede i systemet, og der kan følgelig laves tabeller over alle de i fig. 11 viste størrelser og beregningsresultater for det givne skib. Det følger heraf bl.a., at skibets lasteevne er kendt på decimalers nøjagtighed.

Et skib, som er bygget efter Funch's system, vil overalt under vandet være afgrænset af kurver, der er formet efter parabelens ligning. Da skibsformen jo er tredimensionel, kan det Funch'ske skib, med en lidt »umatematisk« fantasi, opfattes som en tredimensionel parabel, eller en parabol, eller mere korrekt: Som en figur hvis overflade er sammensat af parabolstykker.

Da alle skibets snit (spantesnit, vandrette snit = vandlinieplaner) vil fremtræde som parabler, har man et middel til at artsbestemme en i øvrigt anonym skibskonstruktionstegning. Et skib tegnet efter dette system vil have parabelformede vandlinier (især er det tydeligt i forskibets vandlinier), parabelformede spantesnit midtskibs, og endelig have en parabelformet forstævn.

En skibskonstruktionstegning med parabelformede kurver fortæller således en del om sit ophav. Kalder vi en sådan formgivning for et »parabolskib«, kan alle skibskonstruktionstegninger grupperes som parabolskib eller ikke. Således er »Neptunus« et »fuldblods« parabolskib, medens briggen »Danmark« ikke er det. Dens hovedspant er jo netop ikke en parabel, medens dens vandlinier i forskibet er; herved bekræftes skibets status som en overgangstype mellem to epoker.

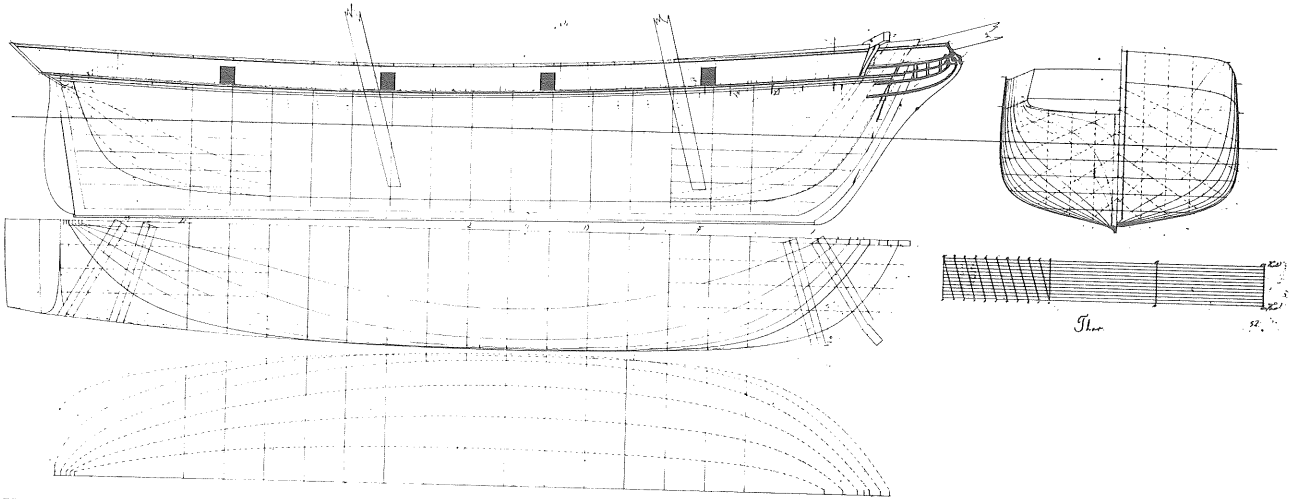
Om Funch's system kan vi sammenfattende sige, at det i sin videnskabelighed næsten er en overreaktion på klamptidens systemløse byggemetode. Det Funch'ske system griber ind og sæt-

ter på formel hver detalje af skibets form. Som sådan er systemet en efterklang af 1700-tallets stræben mod orden og lovmæssighed. Som et produkt heraf kan skibets form nu for første gang i sin lange historie sættes på papir, og dokumenteres på en hidtil uset omfattende måde. Funch siger selv derom, at det gode derved er, at nu kan enhver selv efterprøve og undersøge skibenes form!

Som følge af civile skibstømreres oplæring til konstruktører på Holmens skibsbyggeri sker en spredning via personen af de nye »københavnske metoder« til provinsen. Det bevirker dels, at provinsens skibe nu bygges i stigende omfang efter tegning dels, at en udvikling og forbedring af skibsformen sættes i gang.

Spredningen af skibskonstruktionstegningen i skikkelse af parabolsystemet kan dokumenteres gennem flere konstruktørers virke i provinsen. De pågældendes biografi oplyser, at de var elever på Holmen samtidig med, at Funch, eller de metoder han stod for, var i funktion[30].

Skrogformen, som det Funch'ske system arbejder med, er det korte og høje skib, og det er relativt højere i forhold til længden, jo større det er. Det er som bekendt klamptidens type. Den fortsatte brug af typen, kan ses som udtryk for, at Funch og hans kolleger i tråd med samtiden var empirikere. De holdt sig strengt til erfaringen, og de bedste af de eksisterende skibe blev opmålte, og deres linier indsamlet og bearbejdet for at indgå som basis i systemet. Klamptidens grundtype bliver således justeret ind efter den nye beregningsmetode; man får en type, der ikke adskiller sig meget fra klamptidens type i udseende, men som via sit beregnede undervandsskrog har helt nye og bedre sejlegenskaber. Den type, vi taler om, dukker frem i samtidige skibsafbildninger omkring 1840 eller lidt før. Især har maleren C.W. Eckersberg med sans for disse skibes særpræg vist os, hvordan de virkelig »flyder« i harmoni med vandet, og udstråler en klassisk ro, som et udtryk for tidens formsprog.



Konstruktionstegning til skonnerten »Thor«, 1849. Skibet er ca. af samme længde som »Neptunus«. »Thor« var konstrueret af E.C. Benzon som det første skib fra eget værft. Han var uddannet på Holmens skibsbyggeri såvel praktisk som teoretisk. Tegningen til »Thor« viser en forenklet tegnestil i forhold til »Neptunus«. Skønt skibet har fyldige vandlinier i forskibet, er det ikke et karakteristisk fiskeformskib, men et tidligt eksempel på et »moderne« langt og især relativt lavt skib. Denne proportionering markerer bruddet med klamptidens fiskeformskib. (H&S tegningsarkiv K. 1461). *Sheer draught for the schooner »Thor« 1849. The ship has approximately the same length as the »Neptunus«. The »Thor« was designed by Mr. E.C. Benzon as the first ship from his own shipyard. He underwent practical as well as theoretical training at Holmens skibsbyggeri. The draught for the »Thor« has a simplified style compared to the one for the »Neptunus«. Although the ship has full waterlines in the bow it is not a characteristic fish-shaped ship but an early example of a »modern« long, and in particular, low ship. These proportions mark the break with the fish-shaped ships of the rule-of-thumb period. (DMM's drawing archives K. 1461.)* FIG. 12.

I løbet af 1840'rne ændres såvel tegnestilen som skibenes form. Tegnestilen bliver mere enkel i sin udførelse. En sammenligning mellem fig. 10 af »Neptunus« og fig. 12 skonnerten »Thor« fra 1849 viser den typiske udvikling. På tegningen til »Thor« er kun vist det nødvendigste til fastlæggelse af skibsformen, men som en efterklang ses indtegnet gallionen med gallionsrælinger m.m. samt kranbjælken, bovspryd, master, roret og det opstående med lønning og skandækslisten. I det opstående ses 4 porte, skønt skibet ifølge kilderne er et handelsfartøj. Der er ikke plads til at beskrive de øvrige detaljer, som tegningen viser. Vigtigt er det, at tegningen til sammenligning med fig. 10 helt mangler beregningsskemaet. Tegningen er helt anonym, hvilket er karakteristisk. Oftest kan en tegning fra denne tid kun identificeres via museernes registranter. En undtagelse er fig. 12 i denne henseende, idet der med original hånd er påført navnet »Thor« under tegningens måleskala.

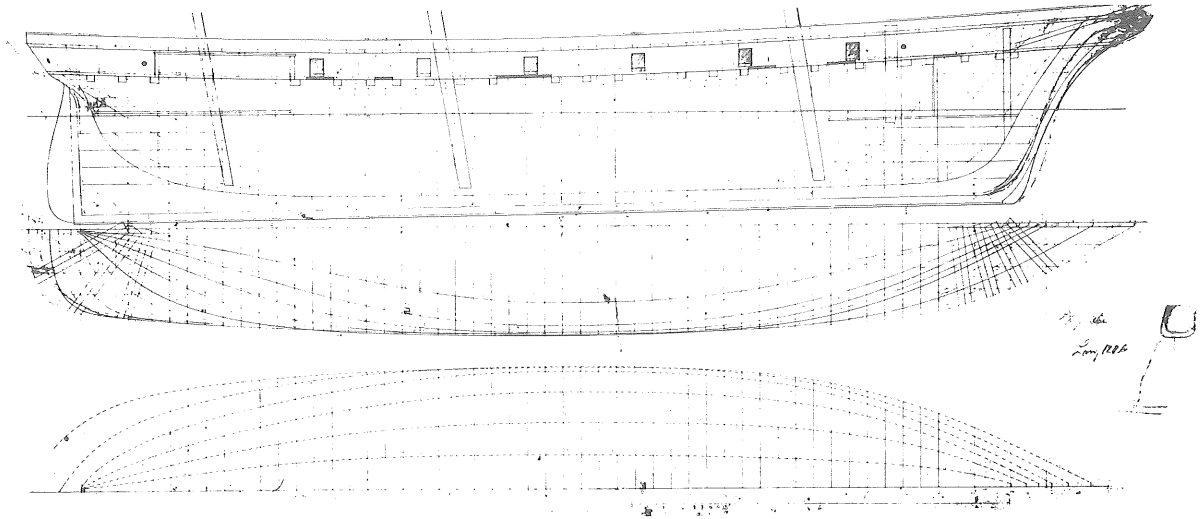
Årsagen til denne nye forenklede tegnestil er muligvis rent rationel; tegninger er nu blevet hverdagskost, et dagligt arbejdsredskab med en for alle involverede parter kendt funktion. En umiddelbar årsag til forenklingen kan være, at konstruktøren har tegnet et antal varianter af former til at vise frem for potentielle købere. Så har parterne diskuteret over dette forlæg, og ændringer er blevet skitseret med blyant, som det også kan ses på tegningen til »Thor« ved forskibet i opstalten.

Skonnerten »Thor« var den kendte E.C. Benzon's første bygning fra eget værft. Hans uddannelse bestod af 4 år på Holmens skibsbyggeri, hvor han sluttede i 1844 med en god anbefaling fra »Søeetatens Konstruktionskammer« signeret af Schifter. Som det var skik for flådens officerer, tog også nogle civile konstruktører og kommende skibsbygningsmestre på studierejser til udlandet. Benzon tog bl.a. til Aberdeen i Skotland og til Aabenraa. I Skotland stiftede han efter al sandsynlighed bekendtskab med den såkaldte »Aberdeen-bov« eller clipperstævnen. I hvert fald brugte han senere denne særlige stævnform på flere

af sine skibe. Skønt oplært i det Funch'ske system med dets fiskeformtype kan vi i konstruktionen »Thor« se et begyndende opgør med skolelærdommen. Nok ikke af oprørstrang, men fordi tiden allerede var ved at løbe fra fiskeformskibet. Hvis vi registrerer forskellene på placeringen af hovedspantet og skibenes fylde i det hele taget, kan vi se, at »Thor«s deplacement eller fylde ligger nærmere mod midten end på »Neptunus«; et begyndende brud med fiskeformen anes i dette faktum. Men det som varsler en radikal ændring i skibstype er *skrogets lavere højde*. På spanteprofilet kan man se, at »Thor« er bredere i forhold til højden end »Neptunus«; det lavere skib stikker mindre dybt i vandet for samme deplacement. Dette markerer den endelige udvikling bort fra klamptidens korte og høje skib mod et mere langstrakt. Inddrages i sammenligningen barkskibet »Psyke« fra 1856 (fig. 13), ses denne udvikling i sin fulde udfoldelse. Eksemplerne »Thor« og »Psyke« er så meget mere talende, fordi de er fra samme konstruktør.

Gradvist må konstruktørerne have givet slip på det Funch'ske systems totalitære konstruktionsmetode, og ligeledes på parabel-kurvernes fuldstændige dominans. I stedet kan vi se i skibskonstruktionstegningerne, at skibenes kurver efterhånden bliver tegnet mere strømliniet, formet efter frit tegnede kurver. »Psyke«s linier bærer hverken spor efter fiskeformskibet eller efter parabelformede vandlinier. Hovedspantet er placeret på midten af længden, og linierne i for- og agterskibet er næsten identiske. Bag et sådant langstrakt underskrog ligger et helt andet koncept end fiskeformens. Den såkaldte »bølgelinieteori« og en anden teori om friktionen mod skibssiden har muligvis spillet ind i frembringelsen af den slanke form. Benzon har uden tvivl lært meget om disse spørgsmål under sit ophold i Aabenraa, der var velkendt for sine mange vellykkede store skibe.

Udviklingen bort fra det Funch'ske system medfører, at konstruktørens *vurdering* og erfaring kommer til at spille en større rolle. Skifter Andersen siger ikke meget om selve konstruk-



Barkskibet »Psyke«, 1856, bygget og konstrueret af E.C. Benzon. Som 120 fod langt var det et af de store danske træskibe. Skibet er en dansk clipper med linier, der i for- og agterskibet er næsten ens; hovedspantet står på midten af længden. Skibet er sandsynligvis konstrueret efter et koncept, der siger, at for- og agterparten af undervandsskroget skal være af omtrent samme deplacement. Denne skrogform er et resultat af bl.a. konstruktørernes selvstændige udviklingsarbejde. Beherskelsen af skibsberegningen satte dem i stand dertil. (Efter H&S tegningsarkiv K. 1470A). *The bark »Psyke« 1856, built and designed by Mr. E.C. Benzon. With its 120-foot length it was one of the big Danish wooden ships. It is a Danish clipper with lines which are almost identical in the bow and stern; the main frame stands in the middle of the ship's length. The ship was probably designed according to a concept which stipulated that the fore and aft sections of the hull under water had to have approximately the same displacement. This shape of hull is a result of among other things the independent experiments made by designers in order to improve ship design. This again was made possible by their skills in ship calculation. (DMM's drawing archives K. 1470 A.)* FIG. 13.

tionsarbejdet, men dog følgende interessante bemærkning om *senterne* på tegningen, at disse: »Anskueliggjøre nu bedst Skibets rette Form .... (og) .... bør komme mest i Betragtning og Anvendelse ved Constructionen«[31]. Et andet sted taler han om, at senterne viser den vej, som vandet skal følge, når det under skibets fremdrift passerer skibsskroget; derved bliver senternes gamle betydning i formdannelsesprocessen genoplivet, omend ikke til helt samme primære betydning som i klampbygningsprocessen. Der kan således konstateres en vis grad af retrograd udvikling. I lyset af denne kan det Funch'ske system måske betragtes som en parantes imellem klamptidens og den »frie kurve«s tid. Funch's system skal måske betragtes som et uddannelses- eller lærebogssystem, mere end som et system til fuldstændig praktiske brug. Men selv om dette skulle være tilfældet, er hans tabeller også af værdi for den »frie kurve«s konstruktør som en hjælp i de indledende faser i konstruktionsprocessen.

Når konstruktørerne ikke længere lod sig lede blindt af et system, må vi spørge, hvordan de så arbejdede.

Alt tyder på, at konstruktøren tegner skibets linier helt frit, eventuelt ved at skele til en anden tegning. Skibet formes i øvrigt efter hans erfaring og købers særlige ønsker. Hvis køberen har forlangt, at skibet skal have et bestemt deplacement, fremkommer dette ved, at konstruktøren pr. skøn vælger en skala, som han formoder, vil give skibet det rette deplacement. En prøveberegning foretages, og hvis den ikke stemmer, må skalaen ændres lidt, indtil alle er tilfredse[32]. Konstruktionsprocessen bliver således i vid udstrækning baseret på skøn og erfaring, og har derved mindelser om klamptidens metodik. Forskellen er dog den væsentlige, at det færdige skibs egenskaber nøje er kendt gennem beregningen.

Man kan sammenfatte, at den teoretisk set grundige lærdom, som blev givet på Holmens konstruktionsskole, bar frugt i provinsen, måske fordi den blev tilpasset provinsens muligheder og behov samt de håndværksmæssige gamle fremgangsmåder,

hvor skøn, håndelag og fornemmelse gik hånd i hånd med skolingen.

Analogt med portrættet af det klampbyggede skib kan vi om konceptet for skibet i 2.halvdel af 1800-tallet sige følgende[33]:

Et lavere skibsskrog med mindre dybgang og en relativ større bredde giver et skib med et hovedspantareal, der yder mindst mulig modstand mod at blive drevet frem gennem vandet. Det kan udtrykkes således, at jo højere oppe i vandet deplacementet ligger, jo lettere drives skibet frem. For nu at få deplacementet/lasteevnen stor nok, må skibet gøres længere. Det er klart, at et skib med en lille modstand ikke behøver den høje rigning og store sejl, som man kender fra fiskeformskibet. Vi kan da også på samtidige skibsportrætter se, at skibene fra midt i århundredet får lavere rigninger.

En følge af det lavere skib er, at det kan bygges en smule spinklere; Skifter Andersen skriver, at »søens brydning« mod skibssiden ikke er så voldsom mod den lavere som mod den høje. Alt i alt bliver både skrog og rig henholdsvis lavere og mindre, med lavere bygge- og vedligeholdelsesomkostninger til følge. I samme retning trækker, at man går fra brigger til skonnerter og fra fuldskibe til barkskibe. Som transportmaskine betragtet, bliver sejlskibet billigere at bygge, hurtigere at sejle og mindre mandskabskrævende.

Clipperstævnen er et konstruktionsmæssigt led i denne udvikling, hvor skibet fortil kan gøres langstrakt. Den lave rig gøres tilsvarende længere. Hele forskibet får slanke linier såvel over som under vandet, og clipperstævnen er dermed part i konceptet, der om dette punkt siger, at forskibets og agterskibets deplacementer skal være næsten lige store for at få balance mellem de vandmængder, som skibet fortrænger under sin fremdrift.

Clipperstævnen er således ikke et kosmetisk middel, men et led i en rationel konstruktion. Dens slanke form bevirker desuden, at den er mindre træforbrugende og lettere at klæde, da

plankerne ikke skal krumhugges, som det i nogle tilfælde var nødvendigt at gøre i den runde bov.

Det store tremastede handelsskib af træ er herhjemme i 1800-årene kun bygget i større antal i Aabenraa. I international skibsfart sejlede typen indtil sidste trediedel af århundredet, hvor den udkonkurreredes på de store oceanruter af dampskibet, og af dets søstre – de store jern- eller stålbyggede sejlskibe.

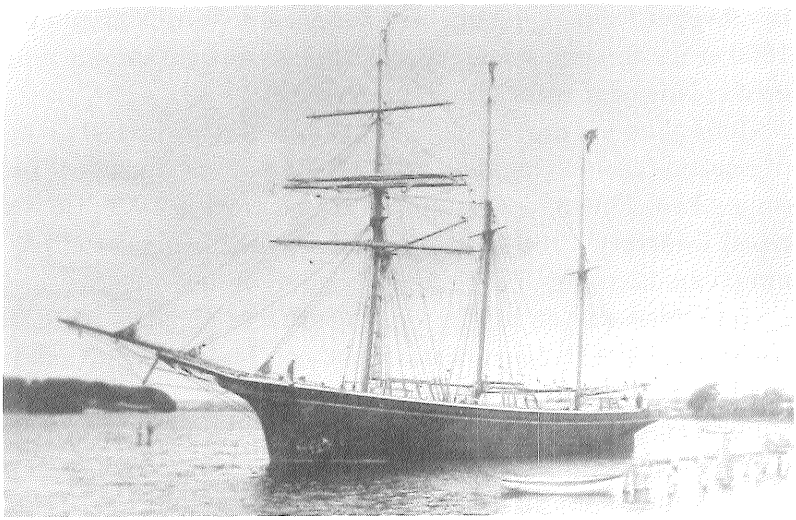


Foto af Thurinerskonnert »Jens Nielsen« 1900. Skonnerten blev som de fleste fra Svendborgområdet bygget efter tegning af eg på eg, og i øvrigt efter Bureau Veritas reglementer for klassifikation i selskabet. På billedet fra 1901 ses skibet under udrustning ved værftet i Blåby; på dækket ses bl.a. konstruktøren, skibsbygmester Niels Anthon Nielsen. (Efter foto i privat eje). *Photograph of the Thurø Schooner »Jens Nielsen« 1900. Like most others in the Svendborg area this schooner was built of oak on oak from a draught, and moreover it was built in accordance with the regulations of the Bureau Veritas for classification in this company. In this picture from 1901 the ship can be seen being fitted out at the shipyard in Blåby. One of the people standing on the deck is the designer and master shipbuilder Mr. Niels Anthon Nielsen. (From a privately owned protograph.)* FIG. 14.

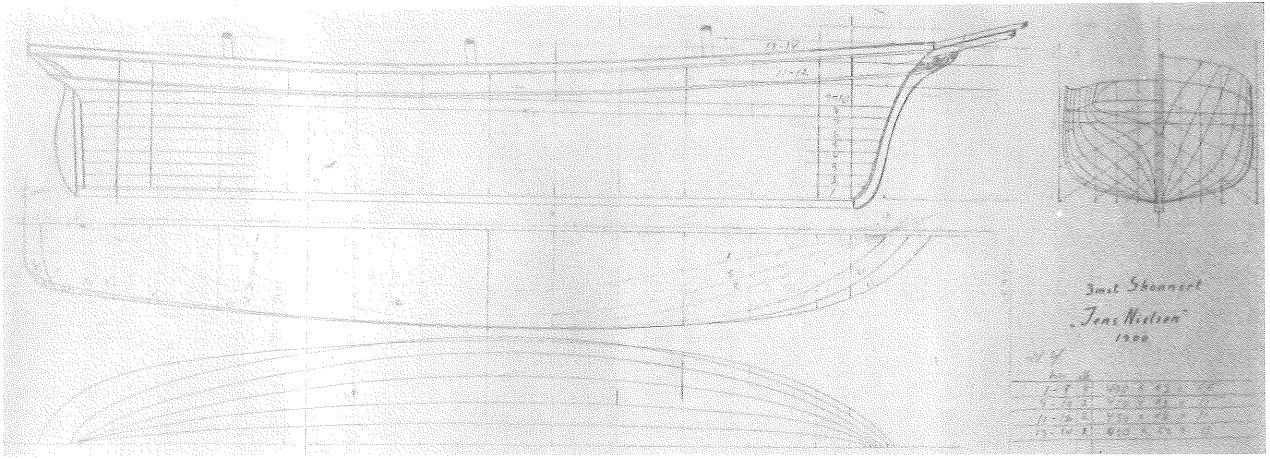
Men den teknologi, og den viden og erfaring, som var akkumuleret i bygningen af disse træsejlskibe, gik ikke tabt. Den gled over i bygningen af de mindre skonnerter, som fandt sig nicher overalt på Atlanten.

I Danmark udvikledes i Svendborgområdet en to- eller tremastet skonnert til dette brug, som rent skrogmæssigt var en lille clipper. En nærmere granskning vil kun afsløre mindre forskelle mellem det og en clipper, som f.eks. at det *lille fartøj* er relativt bredere end den store clipper af rent konstruktionsmæssige grunde. Proportionerne i det 120 fod lange barkskib »Psyke«, bygget 1856, og i Thurinerskonnerten »Jens Nielsen« fra 1900 er næsten ens. Formmæssigt tilhører de også samme type med et langt slankt forløb og clipperstævn.

»Jens Nielsen« (fig. 14 og fig. 15) er én af de over 180 to- og tremastede skonnerter, der byggedes i Svendborgområdet (Tåsinge, Ærø, Thurø og Svendborg) fra ca. 1895 til 1920. De var typisk i størrelsen 130-180 tons, og de var alle bygget efter tegning, i modsætning til et lignende byggeri i England.

»Jens Nielsen« er bygget og konstrueret af Niels Anthon Nielsen og søsat fra hans værft i Blaaby på Thurø. N.A. Nielsen havde lært håndværket og til dels teorien hos den kendte N.F. Hansen i Odense. Under læretiden supplerede han sin teoretiske viden ved læsning på Odense Tekniske Skole. Skonnerten var den første af i alt 4 lignende skonnerter. Nybyggeriet på værftet i Blaaby sluttede i 1919 med bygningen af den 277 tons store tremastede skonnert »Else«.

I denne sidste blomstring for træskibet optræder et nyt fænomen i forbindelse med planlægningen og bygningen af træskibet. Det er *klassificationsbureauerne*. Der var flere, men i Danmark er *Bureau Veritas* (Fransk Veritas) praktisk enerådende[35]. Selskabet har været involveret i næsten alle træskibes bygning i periodens sidste del, og der er god grund til at undersøge arten og omfanget af den mulige påvirkning, det kan have udøvet. Som man vil se, bestod indflydelsen i en forstærkning af den be-



Konstruktionstegning til Thurinerskonnert »Jens Nielsen« fra 1900, 195 brt. Konstrueret og bygget af Niels Anthon Nielsen. Thurinerskonnert vil sige, at den er bygget på Thurø i Svendborgområdet, og har en række karakteristiske træk i design, som den indviede kunne aflæse. Den gengivne tegning er udført af konstruktørens søn, P. Thurø Nielsen, efter den originale. P. Thurø Nielsen drev en årrække værftet videre efter sin fader, og holder endnu, over 70 år gammel, faget i hævd ved fremstilling af halvmodeller til børnebørnene. Den viste tegning og de påskrevne tal er udført til brug i denne sammenhæng. Den originale tegning er vanskelig at reproducere grundet dens størrelse og svage streger. (Efter tegning af ejeren, P. Thurø Nielsen). *Sheer draught for the Thurø schooner »Jens Nielsen«, 195 gross register tons, built in 1900 on the island of Thurø in the Svendborg area. This ship has a number of features in its design which are characteristic of the Thurø schooners and which could be recognised by the initiated. The draught shown here was made by the designer's son Mr. P. Thurø Nielsen from the original sheer draught. Mr. P. Thurø Nielsen succeeded his father and ran the shipyard for many years. At the age of more than 70 he still keeps up the trade by making half models of ships for his grandchildren. This draught and the figures which have been inserted were intended for use in this production of half models. The original draught is difficult to reproduce owing to its size and the faintness of the lines. (Drawing by the owner, Mr. P. Thurø Nielsen.)* FIG. 15.

vægelse i retning af et mere rationelt og materialebesparende skibsbyggeri, der var en følge af skibskonstruktionstegningens indgang. Selskabet blander sig netop i detailkonstruktionen, og man kan sige, at hvor Funch satte skibets formgivning og hovedmål på tabel, da sætter Bureau Veritas skibets materialedimensioner på tabel. Ligeledes arten af materiale bestemte det.

Historisk set begyndte Bureau Veritas sit virke uden for Danmark ca. 1830. Man begyndte i det små med at indsamle oplysninger om de skibe, der besejlede havnene. Det skete på foranledning af assurrandørerne, for at kunne fastsætte præmien på et realistisk grundlag. Tidens klampbyggede småskibe var ikke pålidelige set fra befragters synspunkt, og præmierne ofte høje. Allerede i 1840'rne var selskabet en faktor, man regnede med, og det fik sin indtægt ved salg af skibslister, hvori abonnenter kunne læse om et givet skibs kvalitet, grad af vedligeholdelse, alder m.m. I 1851 fik direktøren for selskabet den ide, at hvis man allerede under bygningen af skibet lod det overvåge og kvalitetskontrollere, kunne man dels udstede et certifikat på dets kvalitet, dels kunne selskabet udvide sin kundekreds til også at omfatte rederne eller skibsejerne. I begyndelsen fungerede selskabet kun i havnene omkring den Engelske Kanal, men fra ca. 1850'erne bredte det sig hastigt.

For at kunne betjene de nye kunder udsendtes i 1851 det første af selskabets *byggereglementer*. Det baserer sig på en omfattende indsamling og bearbejdning af gode skibes materialedimensioner og *forbinding*, dvs. dets sammenføjningsmetoder. Efter disse reglementer skulle skibet dimensioneres, hvis det skulle opnå klassificering i selskabet og den præmiereduktion, det medførte i søassurrancen. Jo lavere præmie jo mere konkurrencedygtigt var skibet. Rederen skulle tage stilling til, hvor højt han ville have sit skib placeret i selskabets klasser; herefter udfyldte skibsbygmesteren en fortrykt skrivelse *(byggeskema)* med alle skibets dimensioner m.m. i overensstemmelse med byggereglementet. Af de mange bevarede byggeskemaer kan vi

se, at praktisk taget alle skonnerterne var bygget af eg på eg, med en køl af bøg, ligesom også den nederste klædningsplanke var af bøg. Dæksplankerne var af fyrretræ. Alle bolte var af galvaniseret jern, undtaget de få skibe der blev bygget til at besejle de varme have; af hensyn til forhudningen (af kobber, yellowmetal (en messingart) eller zink) blev disse skibe i bunden boltet med kobberbolte, da jernbolte ville blive tæret grundet den galvaniske effekt. Disse skibe blev kaldt kobberfaste.

I 1886 og 1890 udsendtes reviderede udgaver af selskabets byggereglementer. Et langt spand af år ned til 1851, kan man synes, når udviklingen af skibsformen tages i betragtning. Skifter Andersen skriver da også, at de er »delvist forældede« i 1870'erne. Den sidste udgave af reglementet for træskibe oversattes til dansk i 1920. Heri kan man se et fingerpeg om betydningen af Danmark som hjemsted for et stort byggeri af træskibe i periodens sidste del.

De krav, som selskabets reglementer pålagde skibsbyggeriet i retning af at skulle overholde dets byggereglementer, har muligvis virket som en stram styring af byggeriets frie udfoldelse. Derimod kan man sige med bestemthed, at klassificationen har bevirket en uniform byggemåde i periodens sidste del. Den er ikke nødvendigvis af det onde, men kan tværtimod have bevirket en rationel udnyttelse af de forhåndenværende materialemængder. Det skal her huskes, at selskabet ikke blandede sig i selve formgivningen af skibet. Den var hele perioden ud helt overladt til skibskonstruktøren. En fordel for skibsbygmesteren og konstruktøren (der oftest var én og samme person) har det givet været, at man ikke behøvede at gøre sig mange spekulationer over materialevalg og dimensionering, men helt kunne koncentrere sig om formgivningen og det håndværksmæssige.

Skibskonstruktionstegninger – Fotografier

1. Vestindiefareren »Friederichsstæd« 1777. Konstrueret af Henrik Gerner. (H&S årbog 1974 s. 56 f.).
2. Briggen »Danmark«. Tegnet af H. Peter Hansen, Troense 1838. (Svendborg og Omegns Museum, tegningsarkivet).
3. Skonnertbriggen »Neptunus«, 1847. Konstrueret af E.P. Bonnesen i 1843. (H&S K. 1415 A).
4. Skonnerten »Thor«, 1849. Konstrueret af E.C. Benzon. (H&S K. 1461).
5. Barkskibet »Psyke«, 1856. Konstrueret af E.C. Benzon. (H&S K. 1470 A).
6. Skonnerten »Jens Nielsen«,1900. Konstrueret af skibsbygmester Niels A. Nielsen, Thurø, Svendborg. (Privat ejet af P. Thurø Nielsen, Thurø, Svendborg).
7. Skonnersten »Jens Nielsen« under udrustning i 1901. (Privat ejet af P. Thurø Nielsen, Thurø, Svendborg).

Litteratur og trykte kilder. (Uddrag af samtlige).

1. *Funch. D.H.:* Afhandling om Coffardiskibes Construction, 1. part: Skibskroppen 75 s. + 7 plancher + 7 s. tabeller. København 1842.
2. *Samme:* Praktisk Skibsbyggerie, 2. del (om afslagningen) 64 s. + 36 plancher, København 1834.
3. *Samme:* Praktisk Skibsbyggerie, 3. del (om forbind og forboltning) 223 s., København 1834.
4. *Griffiths, John W.:* Treatise on Marine Architecture, s 415, N.Y., London 1851.
5. *Greenhill, Basil:* Archaeology of the Boat; s. 320, Wesleyan UP, Connecticut - London 1976.
6. *Christensen, A.E., Henningsen, H., Hasslöf, O.:* (red): Sømand, fisker, skib og værft, s. 333.
7. *Attwood, E.L.:* Textbook of Theoretical Naval Architecture, 3. ed. s. 367, London, N.Y. Bombay 1902 (1899).
8. *Barfoed, Poul:* Af skibsbygmester Poul Barfoed's levnedsbeskrivelse, H&S årbog 1953, s. 82 ff.
9. *Benzon, Otto:* Skibsbygmester E.C. Benzon; Nykøbing Falster, en foregangsmand i dansk skibsbygning. H&S årbog 1954 s. 53 ff.
10. *Bureau Veritas:* Rules and Regulations year 1886, s. 71, Paris 1886.

11. *Samme:* Reglement for bygning og klassification af træskibe, s. 58, København 1920.
12. *Timmermann, Gerhard:* Skibskonstruktionstegningen gennem tiderne. H&S årbog 1962 s. 129 ff.
13. *Macgregor, David:* Fast Sailing Ships, s. 314, Hampshire 1973.
14. *Braubach, Daniel:* Practisch-Theoretisches Handbuch zur Erlernung des Maneuvre und Construction der Seeschiffe, 183 s. + 15 stik, Bremen 1800.
15. *Monrad Møller, A.:* Her er intet værft...: H&S årbog 1983 s. 130 ff.
16. *Christensen, Benny:* Dansk skibsbygning omkring 1700. H&S årbog 1974 s. 48 ff.
17. *Rawert, Ole Jørgen:* Kongeriget Danmarks industrielle Forhold... til 1848 s. 258 ff + s. 701 f samt forordet. København 1850.
18. *Schneider, A.:* Om et nyt Registrerings- og Maalesystem for danske Skibe: Tidsskrift for Søvæsen 1865, s. 211 ff, København 1865.
19. *Johansen, Ulrich:* Hvorfor kæntrede Wasa. »Ingeniøren« s. 597 ff; 1962 71/20.
20. *Jørgensen, Valdemar:* Erindringer fra Rasmus Møllers træskibsværft i Faaborg i 1890'erne. H&S årbog 1959 s. 44 ff.
21. Betænkning, afgiven af den til Overvejelse af Landets Forsvarsvæsen ved allerhøjeste Resolution af 2. Februar 1866 nedsatte Kommission; København 1866.

Utrykte kilder

1. *Skifter Andersen:* »Optegnelser over Skibes Construction«, (kladdehæfte på 78 håndskrevne sider; påbegyndt i 1854, afsluttet ca. 1870). H&S 172:75 SA skibsbygning.
2. *P. Thurø Nielsen,* fhv. skibsbygmester og værftsejer, Thurø. En lang række mundtlige oplysninger til forfatteren, givet 1981-82.
3. Forhandlingsprotokol fra Teknisk Skole i Odense for 1860 og frem. (Landsarkivet i Odense, aflevering nr. 175, delvist reg.).
4. Deplacementsberegninger til »Neptunus« 1847, 11 sider. (H&S 646:47).
5. Byggeskemaer, diverse fra Bureau Veritas. (Svendborg og Omegns Museum).
6. *E.P. Bonnesens* efterladte papirer; 4 sider om hans skibsbygningstid. (H&S, SR. bilag 2262:49).

Noter

[1] Litt. listen nr. 6 s. 59 ff + fig. 19 s.st. Her beskrives kombinationen af de to metoder i et fartøj, der både er skal- og skeletbygget.

[2] På fig. 3 er plankekanterne knapt helt rette linier, men med et lavere optagestandpunkt for fotografen ville de have været mere rette.

[3] D.H. Funch: Dansk Marineordbog bd. II, s. 73. København 1976 (1846).

[4] Litt. listen nr. 17.

[5] Indberetningerne til Generaltoldkammeret. Her citeret efter: A. Monrad Møller: Her er intet værft, H&S årbog 1983 s. 130 ff; N.M. Kromann: Fanøs Historie II 1934, s. 239 ff; Handels- og Industritidende 1827.

[6] Fra indberetningerne, Svendborg 1823.

[7] Fra indberetningerne, Nexø 1827 og Fanø 1803.

[8] Litt. listen nr. 8.

[9] Utrykte kilder nr. 6.

[10] Utrykte kilder nr. 1.

[11] Den videnskabelige eller teoretiske skibsbygning har naturligvis mange fædre, men en matematiker, Poul Haste, arbejdede med betydningen af tyngdepunkt og opdriftscenter; en anden maritim interesseret matematiker Pierre Bouguer, lagde grunden til forståelsen af begrebet metacenter.

[12] I H&S årbog 1974, s. 48 ff nævner Benny Christensen flere eksempler på byggeri i Hertugdømmerne af skibe, der er planlagte i København. I 1700-tallet sendte man ikke tegningen, men de mahl-brædder (skabeloner) der blev dannet efter tegningen. Senere, f.eks. i 1834, da E.P. Bonnesen skal rejse sin konstruktion til briggen »Sara« i spant i Ålborg, da medbringer han en rulle tegninger i stedet for skabeloner. Dette kan ses som en voksende tillid til tegningen og som et trin på forenklingens vej.

[13] Dette skete f.eks. i 1811, da klampbygmesteren Lars N. Møller i Svendborg under ledelse af den tegningskyndige mestersvend Pihl fra Holmens skibsbyggeri byggede orlogsbriggen Bornholm. (Opl. fra Johannes Olsen: Svendborg Bys Historie til 1919. Svendborg 1932).

[14] Som note[5].

[15] I indberetningerne (se note[5]) hedder det flere steder omtrent som følgende citat fra Svendborg 1823: »...arbejder mest efter Øiemaal, undtagen nogle Maal som beregnes efter Kjølens Længde...«.

[16] Utrykt kilde nr. 1

[17] »Teoretisk stivhed« er den modstand mod krængning, som skibet har på grund af dets form, modsat den stivhed det får grundet ballast eller ladning.

[18] Litt. listen nr. 17.

[19] Der skelnes mellem en »ægte« og en »uægte« clipperstævn. Den ægte følger spundingen i stævnen og ikke som på briggen »Danmark«, hvor det er et påboltet stykke tømmer (skægget), der viser clipperformen.

[20] Kilder til viden om de første civile skibskonstruktører er de få biografiske oplysninger, der er givet om skibsbygger- og konstruktørfaget. Dertil findes spredt i den store lokalhistoriske litteratur enkelte oplysninger om lokale skibsbyggeres uddannelse. Om selve uddannelsens historie henvises til forfatterens speciale.

[21] Se note[5].

[22] I »Attwood«s bog (litt. listens nr. 7) findes grundreglerne og metoderne for skibsberegning. Dette specielle værk var grundbogen i Danmarks første officielle konstruktøruddannelse, og bogen blev brugt i perioden ca. 1890 til 1930 ifølge tidligere forstander for Helsingør skibsteknikum, Erik Kallenberg.

[23] Utrykt kilde nr. 4.

[24] I litteraturlistens nr. 4.

[25] Viden om skibskonstruktionens særlige træk i den første tid er skaffet til veje ved studie af især litteraturlistens nr. 1. Værket er led i en række, som Funch udsendte siden 1833; tilsammen dækker værkerne viden og metoder i skibsbygning og konstruktion for omtrent 1. halvdel af 1800-tallet.

[26] Litteraturlistens nr. 1.

[27] I litteraturlistens nr. 1 er denne indledende konstruktionsprocedure meget udførligt behandlet. I den diskuteres hvilke af de mange krav, man kan stille til et skib, der bør have forret.

[28] Interesserede henvises til forfatterens speciale for en mere detaljeret gennemgang af Funch.

[29] Fyldighedskoefficient er den brøkdel, deplacementet udgør af den »kasse«, der afgrænses af skibets konstruktionsmålesystem. »Neptunus« har til eksempel fyldighedskoeff. på 0,578. Et hurtigtsejlende skarpt skib har en mindre fyldighedskoeff. end en mere fladbundet lastdrager.

[30] Foruden E.P. Bonnesen, hvis konstruktion skonnerten »Neptunus« følger Funch's system, har også E.C. Benzon arbejdet og lært Holmens skibsbyggeri i Funch's glansperiode. Hans private arkiv (nu på Handels- og Søfartsmuseet på Kronborg) gemmer forskellige tegninger fra denne læretid (H&S: 3013-22 : 50). Thorkild Andersen (faderen til den flere steder her citerede Skifter Andersen) var elev på Holmen »under Fuglsang«. Denne Fuglsang var konstruktør på Holmen og subskribent på Funch's værk.

[31] Skifter Andersen (utrykt kilde nr. 1) vidste uden tvivl, hvad han talte om. Fra 1856 til 1869 konstruerede han 12 hurtigtsejlende barkskibe, 5 tomastede og en del mindre, (ifølge hans egen fortegnelse i hans citerede kladdehæfte).

[32] Brugen af variable eller flere skalaer til størrelsesbestemmelse af et konstrueret skib er her beskrevet efter H&S årbog 1959 s. 44-59. At det gik for sig sådan understøttes af flere ting: I Benzon's tegningsarkiv findes ifølge registreringen »løse skalaer«. På briggen »Danmark« er der to skalaer indtegnet. I andre museumsarkiver findes også løse skalaer.

[33] Afsnittet baserer sig på utrykt kilde nr. 1.

[34] Oplysningerne om værftet i Blaaby på Thurø stammer fra mundtlige oplysninger fra Niels A. Nielsen's søn Peder Thurø Nielsen. Han drev værftet indtil 1956 og ejer stadig grunden, hvor det lå.

[35] Oplysningerne om Bureau Veritas stammer fra selskabets hovedsageligt interne skrifter. Disse er venligt udlånt af Svendborgafdelingens leder, ingeniør Talbo.

Shipbuilding in Denmark
A History of Wooden Ship Design from about 1800 - 1920

Summary

In order to outline the history of wooden ship design in Denmark it is necessary to pursue two different but parallel approaches: the artisan's traditional approach, and the theoretical or scientific approach. This article is a description of the common features of these two approaches, which were finally united in the phenomenon known as a ship's sheer draught.

More specifically the article explains how the wooden ship design of the provinces developed from building by rule of thumb (i.e. without any construction drawings) to construction solely based on drawings. The adoption of the sheer draught in the provinces can be regarded as an idea which spread from Copenhagen where ship building was based on the scientific method. »Scientific« or »theoretical« shipbuilding in this context means the use of drawings and calculations. Shipwrights of the time regarded scientific ship building as the »Copenhagen method.«

It is very improbable that the Copenhagen method would have spread to the provinces if certain prior conditions had not existed among the rule of thumb shipwrights there, in particular the presence of certain common features shared by the rule of thumb method and the theoretical method. The common features exist because the central element in the theoretical method is probably a codification of important parts of the techniques of building by rule of thumb, particularly the use of diagonals in the actual shaping process. Such were the conditions in the years up to and a little after 1800 with local variations. Later some elements of the theoretical method also had an influence on the rule of thumb shipbuilders since there is much evidence that the latter after 1800 knew of a technique for the notation of the ship's framework. This technique was very similar to, indeed in many ways identical to the theoretical method; the difference was merely that the rule of thumb shipwright worked with the method in full scale in order to avoid making the required measurements taken from a sheer draught, while the theoretical method required full scale plus drawing paper. What is more, the ship is calculated in the latter method. Dispite the differences the use of the diagonals shows that there is an inner connection between the rule of thumb method and the »Copenhagen method«.

By studying the various types and styles of sheer draughts originating from the provinces and now to be found in museum collections it can be ascertained that the great leap forward for the »Copenhagen method« in the shipbuilding of the provinces took place in the 1830's. From about 1840 all the provincial ships where both drawn and calculated. It is possible that there were still a few places where they used the old methods of ship building for a while longer, especially in the case of smaller ships such as sloops or fishing smacks.

A ship's sheer draught can now be defined as having two components: the actual geometric draught of the shape plus the calculation of this shape. In other words a complete or correct sheer draught of a ship is the result of a perfect interaction between shape and calculation.

The most important part of the calculation, that of the ship's capacity (displacement), was done according to the so-called »Simpson's formula«.

Theoretical ship design was taught at »Holmens Skibsbyggeri« (the naval shipbuilding yard, which in 1856 changed its name to »Orlogsværftet«). Civilian students of ship design were admitted on an equal footing with the military students. One of the teachers, who was also one of the chiefs on the building berths, was a Mr. D.H. Funch. He published a series of illustrated text books on ship design. One of these books, »Afhandling om Coffardiskibes Construction« (Treatise on the Design of Merchant Vessels), contains a complete system for the determination of all of a ship's calculated figures as well as its shape. The latter can be ascertained by consulting a table and following certain rules. Ships

designed according to Funch's system had parabolic waterlines and curves; all the curves were thus mathematically determined. Funch's system seems to have influenced ship design in the provinces from about 1830 to 1845-50. Sheer draughts from the period show that the ships had parabolic curves as well as the fish shape prescribed by Funch. The interdependent proportions of the hull are also recognisable as the ones stipulated by Funch.

Funch's system appeared at exactly the same time as the first civilian students of ship design began to enroll at Holmens Skibsbyggeri. There is therefore good reason to assume that the system was intended as a teaching method which would facilitate the first encounter with ship design for students who were not used to theory. In actual fact the system was probably combined with practical experience from the shipbuilding trade, since the figures in the table were primarily useful in the initial phase of design. That explains why students of the system still did their calculations according to Simpson's formula, and thereby used their own opinions and experience in the ships which they designed.

Around 1850 ship designers had become so experienced in the use of theory that they could drop the mathematical system and design the ships with »free«, unmathematical curves instead. The ship was now given its shape according to a concept which stipulated that a ship's resistance to propulsion through water should be as small as possible (whereas the fish-shaped ship was based on a concept which called for the largest possible spread of canvas). In this way a type of ship arose which was long and low and had its main frame placed amidships. The area of canvas was now carried by lower masts distributed over a longer hull. The reduced resistance thus resulted in a lower rigging with smaller sails measured proportionately to the amount of cargo which the longer ship could carry. Larger versions of this new type of ship can sail quite fast and are called clippers.

When the great wooden sailing ships were competed out of the market during the last third of the 19th century the technology of wooden shipbuilding still remained in the form of smaller ships. In Denmark, for example, the construction of two- or three-masted schooners of 130-180 tons blossomed. The Svendborg area was especially prominent: from 1895 to 1920 at least 180 of these schooners were built there, mainly for use in the Atlantic. As far as their hulls were concerned the majority of them were small clippers. They were all built from drawings with accompanying calculations. The designer was in almost every case also the master ship builder. Nearly all the wooden ships in Denmark in this period were built in accordance with the regulations of the Bureau Veritas and classified in this company, most often in the highest or second highest class. Construction was controlled by the Bureau Veritas right from the planning phase both with regard to the dimensions, the choice of

materials and the bolting. The company thus brought a certain uniformity to the art of shipbuilding. On the other hand the shaping and the calculation of the ships were still left entirely up to the designer. The typical designer/master builder had learnt both design and his artisan's skills from another master builder, who had learnt them from yet another master builder, or directly at the naval shipyard. In addition to this the apprentice ship builder often received extra instruction at a technical school after this became possible towards the end of the 19th century. From 1897 the technical schools became the sole source of instruction when the naval shipyard ceased to admit civilian students of ship design.