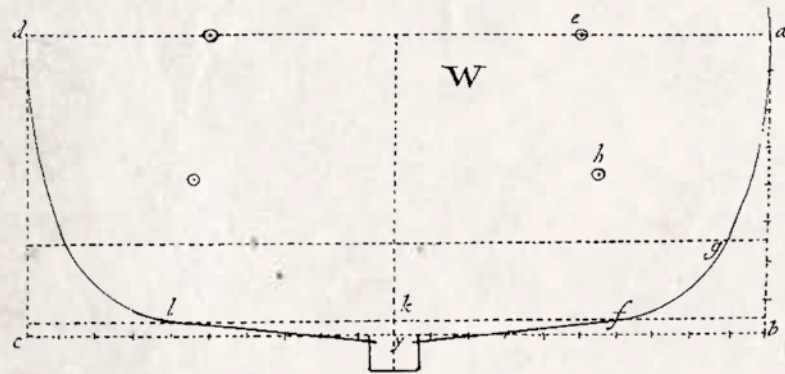


Ab Hoving

DE ONTBREKENDE SCHAKEL

Over de techniek van de scheepsbouw in de zeventiende eeuw is in de laatste jaren veel geschreven. Een belangrijk aspect dat echter ondergewaardeerd bleef, is hoe, voorafgaand aan de bouw, het oorspronkelijke ontwerp van een schip tot stand kwam. Bevatte de shell-first techniek zelf het ontwerp of kwam er meer bij kijken om een schip te bouwen? Volgens welke regels ontwikkelde men het plan voor een schip en wanneer gebeurde dat? Werkte men het hele ontwerp uit voorafgaand aan de bouw of gebeurde dat ook deels tijdens? Het enige wat het beroemde boek van Nicolaes Witsen (1641-1717) *Aeloude en Hedendaegsche Scheepsbouw en Bestier* (1671) ons op het terrein van het scheepsontwerp biedt, is een eenvoudige schets over hoe de vorm van het grootspant werd bepaald. Als echter zijn suggesties worden toegepast op bijvoorbeeld zijn eigen voorbeeldschip, de pinas van 134 voeten, dan komt daar een geheel afwijkende vorm uit. Welke waarde moeten we nu toekennen aan dit schema?



Nicolaes Witsen: Constructie hoofdspant.

Uit: *Aeloude en Hedendaegsche Scheepsbouw en Bestier* (1671), Plaat LII, V.

Was dit alles wat Witsen van zijn scheepsbouwkundige informanten over dit aspect van de bouw heeft weten los te peuteren of wilde hij, zoals ik wel eens heb geopperd, zijn boek alleen maar een beetje opleuken vanwege het pijnlijk ontbreken van interessante geometrische constructies in de shell-first methode? In andere door hem geraadpleegde boeken zoals van Furttembach, Fournier, Crecentius en Dudley werden zulke methoden uitgebreid uitgewerkt. Vond hij de Hollandse bouwwijze wellicht wat mager afsteken bij die van ons omringende landen? Het is een verleidelijke gedachte, maar toch lijkt het niet erg waarschijnlijk, zeker niet omdat Witsen in de kwaliteit van zijn informatie altijd zeer betrouwbaar is gebleken.

De op diverse fora gevoerde discussie spitste zich uiteindelijk toe op de verkeerde vraag of de Hollandse zeventiende-eeuwse scheepsbouwer nou wel of niet met lijnenplannen in de hand zijn schepen bouwde. ‘Verkeerd’ omdat het maken van een scheepsontwerp niet per se van lijnenplannen afhing. Ook in het buitenland blijken legio andere manieren te hebben bestaan om voorafgaand aan de bouw het ontwerp van een schip te maken, zonder dat daar lijnenplannen aan te pas kwamen. Denk bijvoorbeeld aan het systeem van whole-moulding dat werkte met drie gemarkeerde mallen waarmee de vorm van elk spant kon worden gevonden, of de ingekraste plankjes van Spaanse bouwers. Het is beter te kijken op welke momenten de scheepsbouwer zijn toevlucht heeft moeten nemen tot constructies op papier. Zoals bekend zijn er geen scheepsbouwkundige tekeningen in de vorm van lijnenplannen of iets vergelijkbaars overgebleven van al die duizenden schepen die in ons land gedurende de zeventiende eeuw en eerder zijn gebouwd. Dus op die plaats stakte de bij tijden door sommigen soms behoorlijk venijnig gevoerde discussie wegens gebrek aan bewijs. Toch kan ik niet ontkennen dat het gevoel met een onvolledig verhaal te zitten ook bij mij altijd wel aanwezig is geweest. Gevoelsmatig ontbrak er een schakel in de ketting

van elkaar logisch opvolgende handelingen binnen het bouwsysteem. Maar waar moet je zoeken om meer informatie over deze kwestie te vinden? Originele tekeningen zijn dus niet voorhanden, de schepen zelf bestaan niet meer, wrakken zijn zelden in een geloofwaardig en compleet lijnenplan in kaart gebracht, contemporaine scheepsmodellen zijn te onbetrouwbaar om er absolute documentaire waarde aan toe te kennen, en aan de kunsthistorische schat aan schilderijen en tekeningen hebben we in dit verband helemaal niks. Of is dit toch allemaal een beetje kort door de bocht?

Bronnen

Het aardige van fora op het internet is, dat er soms iemand opduikt die licht kan doen schijnen over een schijnbaar onoplosbaar raadsel. De verlichting brengende persoon in dezen is een Poolse wetenschapper, Waldemar Gurgul, die door middel van ‘reverse engineering’ de geometrisch onderliggende vorm van diverse schepen heeft weten te analyseren. Ik kan hem helaas niet zelf aan het woord laten, omdat hij niet aan deze bijdrage heeft willen meewerken. Dat is betreurenswaardig, maar niet onoverkomelijk, al zullen we het hier moeten doen zonder de uitleg over zijn onderzoeksmethoden. Het komt erop neer dat hij aannemelijk heeft weten te maken dat Witsen gelijk had en dat er inderdaad vooraf en/of tijdens de bouw een soort eenvoudige theoretische constructie heeft plaatsgevonden, waarschijnlijk op papier, hoewel dat helemaal niet zeker is. De beschikbaarheid van papier was in de zeventiende eeuw een stuk minder vanzelfsprekend dan tegenwoordig. Het is evengoed mogelijk dat het op een veel eenvoudiger manier gebeurde: direct op het hout, op een leijtje of misschien zelfs gekrast in het zand van de werf. Dat zou verklaren waarom er niets van deze zaken is overgebleven. Welke bronnen bleken toch bruikbaar om geometrische ontwerpmethoden in de Lage Landen aannemelijk te maken?

In de eerste plaats zijn er de paar scheepsrompvormen die ons in de literatuur zijn nagelaten. Zoals bekend is Witsens pinas door hem tot op de centimeter nauwkeurig opgemeten in de beschrijving van het schip en vastgelegd in zijn boek. De opgemeten maten leidden tot een perfect lijnenplan van een gemiddeld handelsschip. Een tweede buitenkans wordt ons geboden door de VOC, die in 1697 de vorm van haar Oost-Indië-

vaarders vastlegde in een resolutie. De door P. van Dam genoteerde maten in zijn *Beschryvinge van de Oostindische Compagnie* (1701) konden eveneens worden omgewerkt tot volwaardige lijnenplannen van drie charters Oost-Indiëvaarders, te weten van 130, 145 en 160 voet lang en van een fluit of hekboot van 130 voet. Daarmee zijn de originele vormen van deze vijf schepen gedefinieerd en die kunnen worden geanalyseerd.

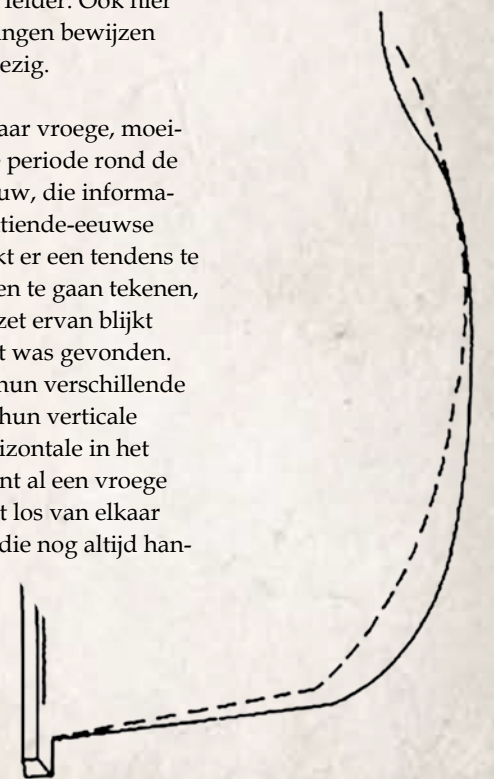
Een tweede bron van informatie blijkt toch een klein aantal opgemeten rompen van scheepswrakken. Een voorbeeld is dat van de *Wasa*, het Zweedse koningsschip dat zo magnifiek tentoon wordt gesteld in het Wasamuseum in Stockholm. Maar dichterbij huis en ook veel overzichtelijker is het wrak van de *Samuel*, onder archeologen beter bekend als de *E81*, een met wijn en sinaasappels geladen pinas, die rond 1650 verging in de buurt van Schokland en die door de Archeologische Dienst in de jaren 60 van de vorige eeuw is opgegraven en in kaart gebracht. Tegenwoordig zijn grote delen van het schip nog steeds te bezichtigen op het terrein van de voormalige Rijkswerf Willemsoord in Den Helder. Ook hier bleken in de bestudeerde tekeningen bewijzen van geometrisch ontwerp aanwezig.

De derde bron bestaat uit een paar vroege, moeilijk te dateren tekeningen uit de periode rond de overgang naar de achttiende eeuw, die informatie blijken te leveren over zeventiende-eeuwse scheepsrompen. Rond 1700 blijkt er een tendens te hebben bestaan om lijnenplannen te gaan tekenen, hoewel uit de variëteit in de opzet ervan blijkt dat een geschikt format nog niet was gevonden. Soms werden spantvormen op hun verschillende locaties in het zijaanzicht langs hun verticale as omgeklapt, soms om een horizontale in het bovenaanzicht en soms verschijnt al een vroege vorm van een spantenraam, met los van elkaar getekende aanzichten zoals we die nog altijd hanteren. Daarover straks meer.

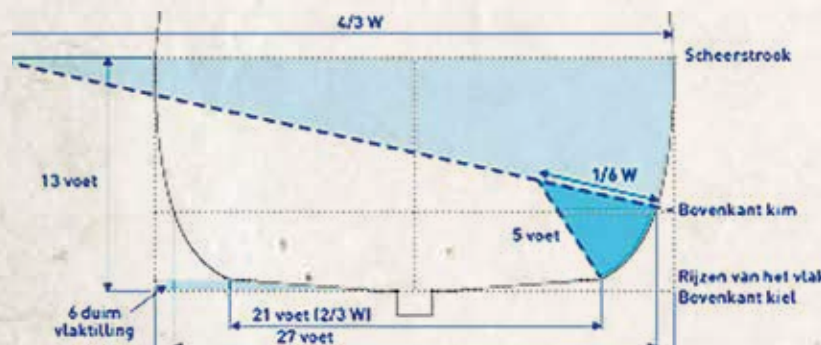
Het grootspant

We kiezen uit de eerste bron, de literatuur, de pinas van Witsen. Zoals op afbeelding 2 te zien is, blijkt de vorm van het grootspant niet overeen te komen met zijn hierboven getoonde theoretische schets. Volgens zijn theorie wordt het spant getekend binnen een rechthoek waarvan de onderste

Als Witsens theoretische spantconstructie wordt toegepast op het hoofdspant van de door hem in detail beschreven pinas, blijkt dat de indrukwekkende methode een heel andere vorm oplevert. De getrokken lijn stelt het grootspant van de pinas voor, de gestippelde lijn die van Witsen.

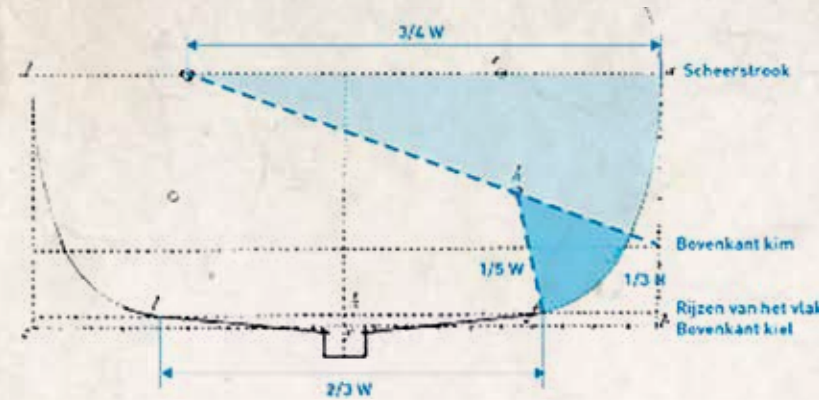


lijn de bovenkant van de kiel aangeeft, de lijn daar kort boven geeft de mate aan waarin het vlak rijst, op een derde van de rechthoek staat de lijn die de bovenkant van de kim aangeeft en de bovenste lijn markeert de breedte en de holte van het schip, tevens de plaats van de scheerstrook. Vanaf de kiel wordt schuin omhoog een rechte lijn naar weerszijden getrokken, die het vlak voorstelt. De breedte van het vlak (twee-derde van de breedte van het schip) en het rijzen ervan (voor elke voet breedte een halve duim) zijn daarmee vastgelegd. Witsen verdeelt de breedte van het schip, de bovenste lijn, in vier gelijke delen, waarbij hij drie delen als straal voor zijn cirkelsegment tussen de bovenkant van de kim en de holtelijn (a-g) neemt. De plaats van punt h legt hij niet uit, maar die blijkt te vinden door een vijfde van de breedte van het schip in de passer te nemen en die zowel vanaf de rand van het vlak als vanaf de onderkant van de zojuist gevonden cirkelboog af te schrappen. Vanuit het aldus gevonden punt kan de ontbrekende kromme tussen het vlak en de boog worden getrokken.



Witsen's methode toegepast op de pinas van 134 voet volgens Gurgul. Het draaipunt voor de passer ligt voor de bovenste cirkelboog op $4/3$ van de breedte. De straal van de onderste is $1/6$ van de breedte. Het vlak rijst 6 duim. Zowel deze maat als de breedte van het vlak (21 voet) volgen stipt de regel.

Deze constructie blijkt echter niet overeen te komen met de vorm van de pinas. Het is de verdienste van Gurgul dat hij, door middel van 'reverse engineering', de middelpunten van de cirkelbogen van de pinas wist te lokaliseren. Die blijken anders te zijn gekozen voor de pinas dan in Witsen's voorbeeld: in plaats van driekwart van de breedte van het schip voor de bovenste boog is er gekozen voor vier-derde. Van de onderste cirkelboog is een-vijfde van de breedte vervangen door een-zesde. Deze wijzigingen sluiten naadloos aan bij de manier waarop de scheepsbouwers omgingen met alle andere vuistregels die hen door de traditie waren aangereikt. Scheepsbouwers speelden altijd met de norm als het gaat om vormgevende onderdelen, zoals we



Witsen's methode toegelicht: de bovenste cirkelboog wordt getrokken met $3/4$ van de breedte van het schip in de passer. De kleine boog wordt vanaf de onderste straal getrokken met $1/5$ van de breedte. De breedte van het vlak is $2/3$ van de totale breedte, voor het oplopen naar weerskanten geldt de formule: voor elke voet $1/2$ duim. De hoogte van de kim is $1/3$ van de holte van het schip.

straks zullen zien. Ze deden dit omdat ze daarmee de prestaties van hun schip hoopten te verbeteren. Duidelijk is in elk geval, dat er bij het ontwerp van het grootspant van de pinas wel degelijk geometrische principes werden gehanteerd door de Hollandse scheepsbouwers en dat Witsen's tekening niet is ontsproten aan zijn fantasie.

Het maken van een grootspantontwerp was belangrijk, omdat de scheepsbouwer met de gevonden vormen naar de houthandelaar kon gaan om bomen met de juiste kromming te kunnen inkopen.

Witsen kreeg veel van zijn informatie van scheepsbouwers, zoals Grebber met zijn generieke lijst van scheepsonderdelen voor schepen van 60 tot 200 (!) voet, verder de Friese Jan Jacobszoon Vijzelaar en de 'vermaerde scheeps-bouwmeester Mr. Dirk Raven', van wie hij een aantal bestekken citeert. Of die het achterste van hun tong hebben laten zien ten aanzien van de mogelijkheid ontwerpen te variëren is maar de vraag, want het vak van scheepsbouwmeester hield geheimen in die liever niet met derden werden gedeeld. Het kan zijn dat Witsen het niet nodig heeft geacht er meer over de schrijven dan hij deed. In elk geval is de informatie die hij levert in zijn boek net als de rest van zijn materiaal weliswaar in hoge mate betrouwbaar, maar in dit geval toch duidelijk onvolledig.

Ontwerpen en bouwen

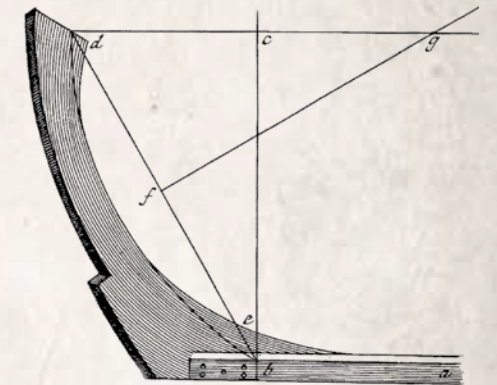
We volgen als voorbeeld de bouw van een schip om te zien waar, afgezien van de hierboven beschreven constructie van het grootspant, de ontwerpmomenten precies lagen. De afmetingen van het schip komen uiteraard tot stand in overleg met de opdrachtgever. Laten we uitgaan van een gewenst schip van 120 voet lengte. De algemene bouwregels schrijven voor dat de breedte een kwart van de lengte is, dus 30 voet, en de holte een tiende, dus 12 voet. Maar in de overgeleverde bestekken in bijvoorbeeld notarisarchieven kom je zelden een schip tegen dat in zijn afmetingen precies overeen komt met de norm. Hoe kwam dat? Als een nieuw schip wordt besteld, geeft de opdrachtgever zijn wensen te kennen: type, lengte, functie, geografische bestemming, grootte van de bemanning, eventuele bewapening, wel of geen lastbalken in het ruim om een koebrug (een tijdelijk dek) te kunnen maken enz. Het vakmanschap van de scheepsbouwmeester komt tot uitdrukking in het succesvol toepassen van kleine variaties op de traditionele vuistregels, op grond van door ervaring verkregen inzichten. Feitelijk was dit ook vaak een kwestie van gevoel. Berekeningen van stabiliteit, weerstand, snelheid, waterverplaatsing en laadvermogen werden niet gemaakt. Voor bijvoorbeeld een vrachtschip zal in verband met de snelheid voor een wat smaller schip zijn gekozen dan het kwart van de lengte die de vuistregel voorschrijft, voor een groot oorlogsschip kon er aan weerszijden wel een voet of meer extra worden toegevoegd. Van de holte echter, volgens de vuistregel een tiende van de lengte, werd over het algemeen weinig van de norm afgeweken, behalve in het geval van graanschepen, die 2 voet ondieper werden gemaakt om overbelading te voorkomen. Graan is extreem zwaar.

In het volgende worden verschillende scheepsonderdelen genoemd, die waarschijnlijk niet bij iedereen bekend zijn. Aanbevolen wordt de door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed opgezette website: <https://witsenscheepsbouw.nl> te bezoeken, waar elk onderdeel in de Encyclopedie duidelijk wordt getoond en behandeld. Verder kan men daar interactief getuige zijn van de shell-first bouwtechniek.

Bij de behandeling van het grootspant hiervoor, is al gemeld dat de bouwmeester speelde met de vuistregels die aan het scheepsontwerp ten grondslag lagen, en mede in andere vormbepalende onderdelen blijkt er veel variatie op de vuistregels mogelijk. Zo werd de vorm van de stevens bepaald naar inzicht van de bouwmeester. Die vorm was afhankelijk van de functie van het schip en van de daaruit voortvloeiende inwendige indeling. Het aantal dekken was medebepalend. In de optiek van de zeventiende eeuw was een sterk voorover leunende steven passend voor een snel schip. Een rechtop staande steven werd daarentegen gekozen voor een schip dat veel moest kunnen laden. Voor achterstevens golden dezelfde overwegingen.

Van Yk geeft de constructie op papier van zowel een rechtop staande, als een vallende steven. Witsen beschrijft het maken van zowel de voor- als de achterstevens in detail, maar verwijst nergens naar een vooraf getekend ontwerp.

Opvallend is in dit ontwerp dat de getrokken kwartcirkel niet strikt wordt gevolgd, maar eerder als een leidraad diende bij de keuze voor de vorm. Eenzelfde verschijnsel zien we bij de spiegel, de platte achterkant van de romp, waar de geometrie ook nogal losjes werd toegepast. Weliswaar was het gebruik van de passer leidend, maar niet absoluut. De vorm van het belangrijke en omvangrijke rantsoenhout, dat de hekbalk met de achterstevens verbond, slingert zich als het ware om en door de getrokken cirkelboog.



Constructie van een rechtopstaande voorstevens volgens Van Yk. Hoewel gebruik wordt gemaakt van een cirkelboog volgt de steven die niet geheel.



Een ander belangrijk vormgevend onderdeel was de zandstrook. Deze eerste gang naast de kiel maakte ergens in het achterschip een draaiing van bijna horizontaal naar verticaal, om aan te sluiten tegen de voet van de achterstevens. De exacte plaats van die draaiing was niet alleen van grote invloed op de volheid van het schip en dus op het laadvermogen,

Constructie van het rantsoenhout bij Witsen. Ook hier is de getrokken cirkelboog weliswaar leidend, maar wordt hij toch niet dwingend gevolgd.

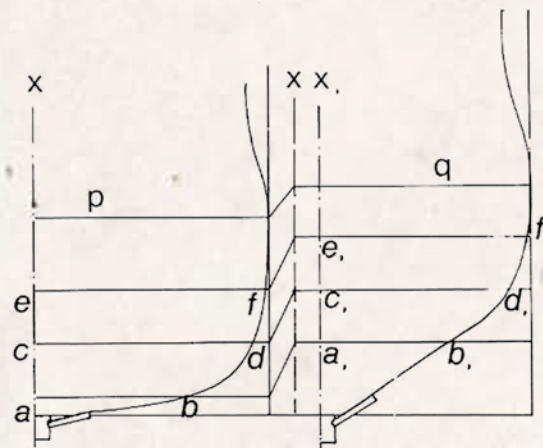
Een tornerende zandstrook uitgevoerd in model door Maarten Bunte. De stand van de plank verandert van bijna horizontaal in verticaal tegen de steven. De plaats van de draaiing is leidend voor de vorm van de scheepsromp.

Linksonder: Constructie van het achterspant (rechts) vanuit het voorspant (links). Het voorspant is een iets kleinere kopie van het grootspant en staat op de knoop van kiel en voorsteven. Het hoogteverschil tussen de horizontalen in beide spanten wordt veroorzaakt door de gewenste stuurlast (het achter dieper liggen dan voor). Het achterspant is smaller doordat de scheerstrook naar achteren toe versmalt. De lengte van de horizontalen vormt de contour van het spant. Let op de stand van de zandstrook, de eerste bodemplank naast de kiel.

Rechts: Zweihaak waarmee de hoek tussen zandstrook en kiel wordt gemeten, geregistreerd voor een hoeker, een fluit, twee schepen en een haringbuis. De stand van de tornerende gang was belangrijk voor de vorm van het schip en werd gemeten op het voor- en achterspant (uit Van Yk).



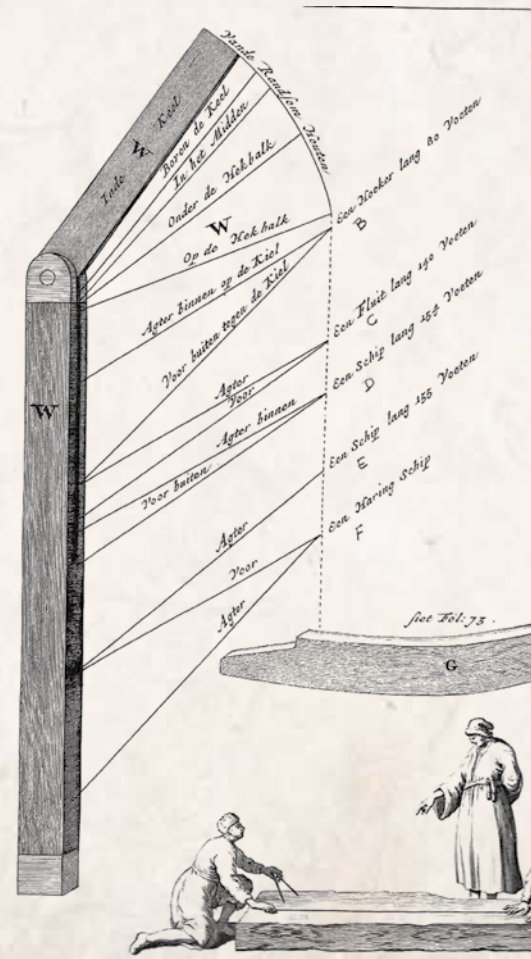
maar ook op de juiste ligging in het water, met een stuurlast van een voet voor elke 50 voet van de scheepslengte. Er was dus een methode om vast te stellen waar die draaiing moest plaatsvinden. De Delftshavense Cornelis van Yk noteert in zijn *De Nederlandsche Scheeps-Bouw-Konst Open Gestelt* (1697) een passage over de vorm van zijn voor- en achterspant. Hij beschrijft een wat ander bouwproces dan Witsen deed. In zijn visie waren er twee in vorm gelijke middenspananten, een voor- en een achterspant, die alle vier beslissend waren voor de vorm van het schip (zie afb. onderaan pag. 15). Hij laat zien hoe er een verband gelegd kon worden tussen de vorm van het voorste



spant, dat hij op de las van voorsteven en kiel plaatste en het op evenveel afstand van de achterste loodlijn geplaatste achterspant, waarbij hij zowel de gewenste stuurlast als het naar achteren toe nauwer worden van het schip in zijn ontwerp meenam.

De willekeurig getrokken horizontalen in het voorspant links (a,c en e) worden verhoogd als gevolg van de stuurlast (a', b', c'-d' en e'-f'). De stand van de zandstrook geeft een indicatie voor waar die moet beginnen te torderen. Duidelijk

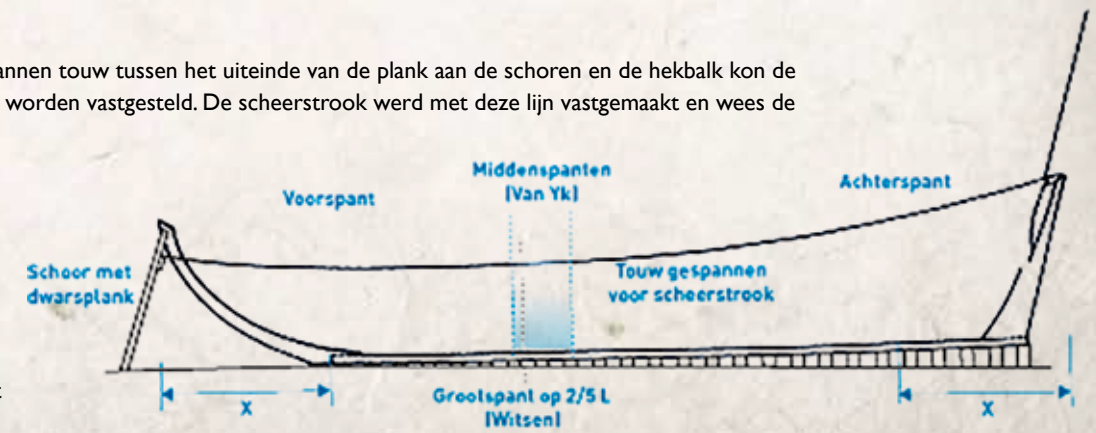
is dat ook voor deze twee spanten tekenwerk moet zijn verricht. Niettemin beeldt Van Yk een aantal zweepen af, die allemaal de hoek met de kiel aangeven op het voor- en achterspant van verschillende typen schepen: een hoeker, een fluit, twee schepen (driemasters) en een haringbuis (Van Yk, blz. 68). Een mooi voorbeeld van archivering ten dienste van hergebruik. Blijkbaar werd er niet voor elk schip opnieuw getekend, maar werden ervaringen, opgedaan bij voorgaande bouwprojecten, opnieuw gebruikt.



Een ander onderdeel dat van invloed was op de karaktereigenschappen van een schip was de bombreedte van het schip, het zogenaamde vlak, dat volgens Witsen twee-derde deel van de gehele wijdtte moest zijn. Een ander eveneens beslissend onderdeel, de hekbalk, zou die verhoudingsmaat ook moeten krijgen. Van Yk, die zijn boek 26 jaar na Witsen uitbracht, ziet geen verband tussen de twee en kiest voor een hekbalk die driekwart van de wijdtte is, wat een ruimer achterschip opleverde, geheel in overeenstemming met de ontwikkeling van het scheepsontwerp in de zeventiende eeuw (Van Yk, blz. 62). Het vlak kon meer of minder rijzen, en ook naar gelang de inzichten van de bouwmeester en ook wat betreft de breedte blijkt uit diverse bestekken dat de regels niet steeds rigide werden gevolgd. Hier is dus meer variatie mogelijk dan enkel wat de norm voorschreef. Een uitwerking op papier lijkt hier evenwel niet nodig te zijn geweest. Met het groeien van het vlak begint de bouw al in een stadium te komen waarin de ene handeling de volgende oproept, zonder dat er andere middelen nodig zijn dan een voortdurende controle op de symmetrie.

Van groot belang waren de vorm en het verloop van de scheerstrook. Dat was een tijdelijke gang die rond het schip werd aangebracht en die de omtrek en daarmee de grootste breedte van de te bouwen romp zichtbaar maakte. De gang bepaalde behalve de breedte ook de holte (de afstand in het ruim tussen bovenkant kiel en de hoogte van de scheerstrook) en het is geen wonder dat Van Yk schrijft dat sommige scheepsbouwers die scheerstroken bewaarden voor een eventueel later soortgelijk schip (Van Yk blz. 75). Belangrijk was ook dat de scheerstrook de zeeg van het schip aangaf: de voor het oog zo bepalende berghouten kwamen precies boven en onder de strook te

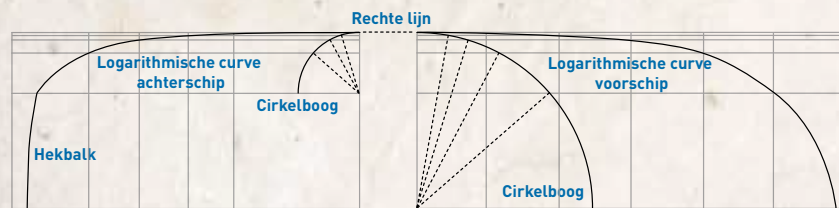
Met een niet al te strak gespannen touw tussen het uiteinde van de plank aan de schoren en de hekbalk kon de zeeg van het schip eenvoudig worden vastgesteld. De scheerstrook werd met deze lijn vastgemaakt en wees de plaats aan voor de later aan te brengen berghouten. De plaats van voor- en achterspant is aangegeven, Witsen stelt het grootspant op $1/3$ van de lengte, Van Yk noemt twee middenspanten, ongeveer 10 voet uiteen, de enige plek 'van 't geheele Schip, dat met sig selven gelijk is'.



liggen. Hier merkte Gurgul iets op wat tot nu toe steeds door iedereen over het hoofd is gezien: de voorsteven werd aan weerskanten gestut door een schoor. Op meerdere afbeeldingen is te zien dat er een horizontale plank was aangebracht tegen die twee schoren. Het kan als een onderling verband tussen de schoren en de steven zijn bedoeld, maar waarschijnlijker is dat er vanaf de hekbalk aan de achterkant een touw met een kleine inzakking werd gespannen, waarmee de zeeg van de later aan te brengen scheerstrook kon worden bepaald. De vuistregels voor het oplopen van de berghouten en het dek zullen daarbij leidend zijn geweest voor de mate van kromming. Een onderdeel in het ontwerp dat niet geometrisch werd bepaald, maar waarvan de juiste vorm met eenvoudige timmermanstechnieken kon worden verkregen. Het bovenaanzicht van de strook daarentegen vergde wel wat eenvoudige wiskunde. Het is opnieuw Gurgul die ontdekte dat er in het bovenaanzicht van de pinas twee geometrisch bepaalde

Siewert van der Meulen:
een shell-first gebouwd
schip in een vroeg stadi-
um. Let op de dwarsplank
aan de beide schoren
voor de voorsteven.

krommen zijn toegepast, beide uitgevoerd als een logaritmische curve, in het midden aan elkaar verbonden met een rechte lijn. Bij een logaritmische curve wordt een kwart cirkel steeds gehalveerd: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ enz. Horizontale lijnen worden door de snijpunten getrokken. De te tekenen afstand wordt in gelijke delen verdeeld en door de snijpunten van verticalen en horizontalen wordt de logaritmische curve getrokken, die dus in feite een uit elkaar getrokken cirkelboog is.



Van boven bekeken vormde de scheerstrook een logaritmische curve. Zo'n curve ontstaat door het telkens delen van de cirkelboog door 2. De eerste straal gaat naar de helft van de boog, de tweede naar een kwart, de derde naar $\frac{1}{8}$ enz.

Als de positie en de vorm van de scheerstrook aldus was bepaald, kon er eigenlijk niets meer misgaan, het ontwerp van het onderwatergedeelte was compleet. Boven water werd de vorm van de romp voornamelijk bepaald naar de zin van de scheepsbouwer en zijn opdrachtgever, zonder dat daar wiskundige truckjes voor nodig waren. Van Yk fulmineert zelfs tegen bouwmeesters die naar zijn mening 'door een verkeerde Waan van 't moy' de stutten (de bovenste spantdelen) in het voorschip te ver naar buiten laten buigen 'hoewel met veel Houtspilling verzeld' (Van Yk blz. 72). Kortom, er werd te vrij vormgegeven naar zijn zin. Witsen geeft voor 'het inkomen' van de stutten de regel dat ze ter hoogte van het bovenste dek bijna 2 voet naar binnen moeten buigen om de bovenkant van het schip smaller te maken (Witsen blz. 74). Dat was goed voor de stabiliteit en bemoeilijkte eventueel enteren door vijanden. Maar de vorm van oorlogsschepen maakte men boven juist zo wijd mogelijk, mede om dezelfde redenen.

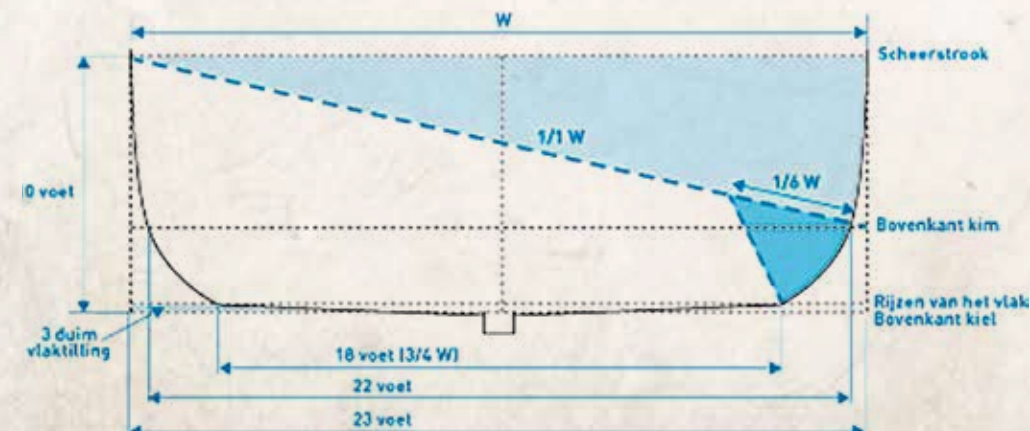
Wrakken

We hebben tot hier alleen de literatuur gevolgd in onze speurtocht naar geometrische technieken. Maar ook als we de schaarse wrakken bekijken die in zodanige staat de tijd hebben overleefd dat we ze nog kunnen weergeven in een redelijk lijnenplan, blijkt dat Witsens theoretische weergave van de constructie van het grootspant ook hier duidelijk aan te tonen is, zij het met een soortgelijke variatie in de keuze van de plaats van de passerpunten voor de gebruikte cirkelbogen als wat we zagen bij de pinas. Hier de reconstructie van het grootspant van de Samuel, zoals door Gurgul geanalyseerd. Zoals te zien is hier het centerpunt voor de grote boog op de volledige breedte van het schip genomen en dat van de kleine boog staat op een zesde deel van de breedte. Het schip heeft maar 3 duim vlaktilling, en het vlak is hier, ook afwijkend van de norm, van twee-derde naar driekwart van de breedte gegaan.

Tekeningen

Wat betreft de laatste categorie, de originele tekeningen, kan worden vermeld dat een klein aantal vroege scheepstekeningen bewaard is gebleven, waarvan de meeste zijn te dateren rond de overgang van de zeventiende naar de achttiende eeuw. Rond die tijd ontstond er om verschillende redenen belangstelling de vorm van schepen te archiveren. Dat hield met name in het maken van lijnenplannen, wat echter niet vanzelf ging. Ik noemde al eerder dat het format zoals wij dat tegenwoordig kennen nog niet was ontwikkeld. Pas sinds het invoeren van diagonale sentlijnen rond 1725 zien we langzamerhand een algemene consensus ontstaan over hoe een compleet lijnenplan er moet uitzien (zie hiervoor *In Tekening Gebracht* van A.J. Hoving en A.A. Lemmers). Gurgul heeft

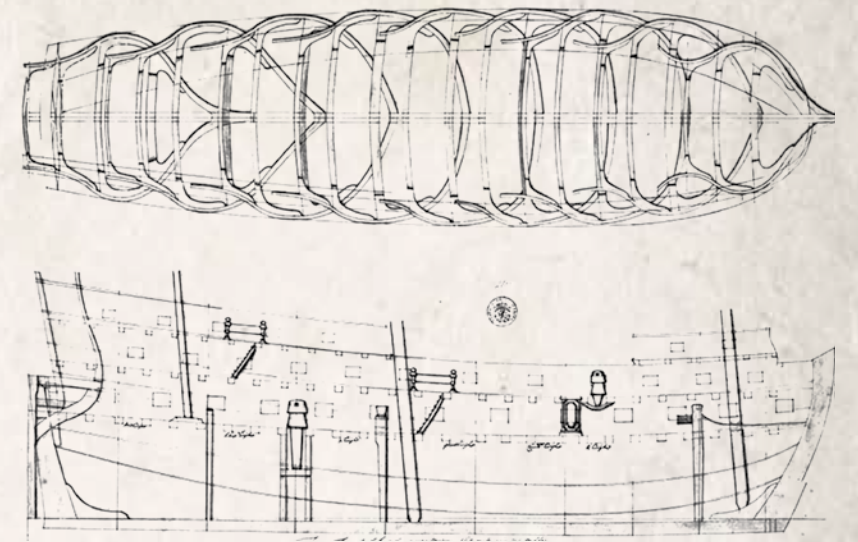
Gurguls analyse van het wrak van de Samuel (ca 1650). De bovenste cirkelboog heeft als straal de volledige breedte van het schip, de tweede $\frac{1}{6}$ daarvan. Het vlak was niet $\frac{2}{3}$ van de breedte, maar $\frac{3}{4}$. De bodem rees slechts 3 duim.



een prachtige tekening geanalyseerd die zich in het Marine-archief bevindt en die waarschijnlijk rond de eeuwwisseling is gemaakt. Op deze tekening zijn al wat meer geometrische technieken toegepast, zoals een elliptische kromme voor het achterschip (bij een elliptische kromme wordt de cirkelboog niet steeds gehalveerd, maar verdeeld in gelijke delen), al wordt in principe nog steeds de oude indeling van vlak, kim en scheerstrook aangehouden. Toch kijken we hier naar de aankondiging van een heel nieuw tijdperk, met grootspantconstructies die uit niet minder dan vier verschillende op elkaar aansluitende cirkelbogen bestaan. Het voert te ver deze ontwikkeling hier te volgen, maar duidelijk is, dat zowel uit het voorbeeld van de literatuur (Witsens pinas) als uit gevonden wrakken zoals de *Samuel* en uit de vroege tekeningen, duidelijk blijkt dat geometrische principes ook de Nederlandse scheepsbouwers niet vreemd zijn geweest. Opgemerkt moet worden dat de hier gepresenteerde selectie van mij is, Gurgul heeft meerdere wrakken en tekeningen onder handen gehad, waaruit steeds dezelfde conclusies konden worden getrokken.

Conclusie

Terug naar de onenigheid over of de Nederlandse bouwmeesters wel of niet naar tekeningen bouwden. Ik stelde eerder al dat de vraag verkeerd was. Die had moeten zijn: maakten ze gebruik van wiskundige ontwerptechnieken of niet. Dat deden ze. Maakten ze daarmee voor ons bruikbare lijnenplannen? Nee, die zouden we zeker hebben gevonden. Ze ontwierpen (wellicht op papier) onderdelen, zoals de stevens, de scheerstrook en het grootspant, maar dat leidde kennelijk nooit tot het soort plannen dat voor ons herkenbaar en bruikbaar is. Ze hadden de tekeningen deels nodig voor het begin van de bouw, maar ook om de vorm en afmetingen van het benodigde hout te kunnen bestellen. Als de bouw eenmaal gaande was, had op een enkele uitzondering na, geen bouwmeester nog uitgebreide plannen nodig, want de ene bouwphase leidde automatisch tot de volgende. 'Het schip bouwde zichzelf', zoals Bill Leonard, de bouwmeester van de in het laatst van de vorige eeuw over zijn shell-first gebouwde Australische replica van het VOC jacht de *Duyfken* opmerkte. Bij modelbouwproeven met de shell-first methode bleek precies hetzelfde. Timmermansoplossingen, zoals het spannen van senten en



Tekening van 'Een Fregat schip lang over stevens 162 voet van 72 stukken'. Marinecollectie, Den Haag.

het gebruik van flexibele latten (de zogenaamde -rij-) om krommen op het hout af te tekenen, waren samen met de ervaring van de bouwmeester voldoende om een perfect schip op te leveren. Werd er voor elk schip een nieuw ontwerp gemaakt? Nee, het is bijna zeker dat scheepsbouwers zich in hoge mate specialiseerden in bepaalde scheepstypen. En eenmaal een goed 'ontwerp' in handen hebbend, was het veel eenvoudiger dat te volgen dan steeds maar weer een nieuw ontwerp te maken. Dat kan een van de oorzaken zijn geweest van het bijzonder trage tempo waarin veel ontwikkelingen in de scheepsbouw zich voltrokken. Op een schilderij van Moolenaar zien we een trotse Edammer scheepsbouwer zijn totale productie tonen aan zijn dochter en schoonzoon. Het zijn bijna allemaal waterschepen en fluiten, met hier en daar een prestigieus spiegelship er-tussen. Het laat zich raden of de bouwer voor elk schip een nieuwe tekening heeft gemaakt.

Dank
Met dank aan Waldemar Gurgul, Maarten Bunte en Emiel Hoving, die alle technische tekeningen heeft gemaakt.

Onder: Op dit schilderij van Moolenaar uit 1682 toont de Edammer scheepsbouwer Matijsen Aerlinck trots zijn denkbeeldig bijeengebrachte complete oeuvre aan zijn dochter en schoonzoon. Het is door de vele waterschepen en fluiten duidelijk welke typen hij als specialisme had.

