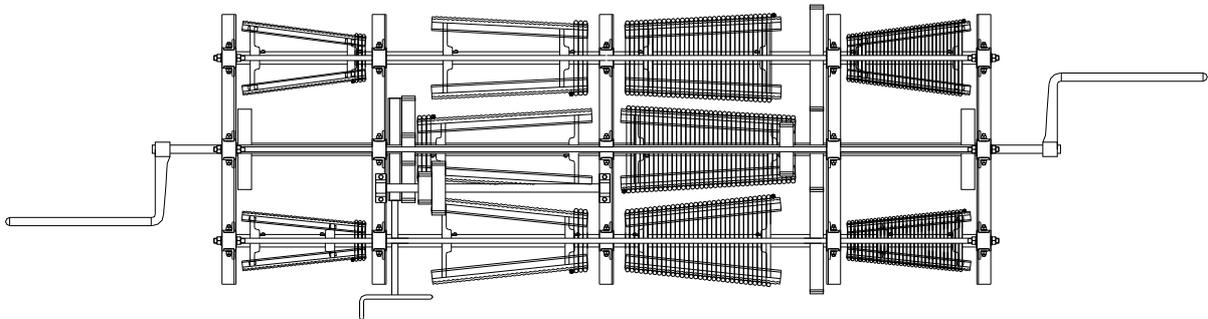


Konstruktion von Jarvis-Brasswinden  
Für die Fünfmastbark „France II Renaissance“

# Studien-Arbeit

Wolgast, 30.09.2001

Jan Huerkamp  
Matr.-Nr. 138684



## Inhalt

1. Einleitung	1
1.1 Geschichtlicher Hintergrund (von Piet Meereboer)	1
1.2 Die Winden der „France II“	4
1.3 Brasswinde nach Middendorf und andere Vorlagen	4
1.4 Vorgehensweise bei der Konstruktion	7
2. Auswertung der Quellen	7
2.1 Underhills Zeichnungen	7
2.2 Piet Meereboers Papier	8
2.3 Marcel Wurst's Papier	9
3. Festlegen der Brassführung	16
4. Ermittlung der Brass-Längen und der Trommelgrößen	17
5. Lastannahmen	17
5.1 Berechnung der Bruchkraft der Brasswinden	18
5.2 Berechnung der notwendigen Brasskräfte	18
5.3 Ermittlung der erforderlichen Untersetzung des Vorgeleges	18
6. Konstruktion der Winden	20
6.1 Abmessungen	20
6.2 Anordnungen	20
7. Spannungsnachweis	22
8. Motoren- oder Handantrieb ?	24
9. Quellen	29

### Anhang

- „De inrichting en werking van de braslier von Capt. J.C.B. Jarvis“ von Piet Meereboer
- GL Vorschriften für moderne Riggkonzeptionen (Auszüge)
- Diskette mit der Exceldatei (ursprüngliche Version von Piet und veränderte Version)

## 1. Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den theoretischen Grundlagen, die erforderlich sind, um die geplante Fünfmastbark für Kreuzfahrtzwecke „France II Renaissance“ mit Brasswinden nach dem Jarvis-Patent auszurüsten. Ergebnisse sind die prinzipielle Konstruktion der Winden und die Führung der Brassen auf dem Schiff.

### 1.1 Geschichtlicher Hintergrund

Die folgende Einleitung ist eine Übersetzung der Einleitung aus dem Papier „De inrichting en werking van de braslier van Capt. J.C.B. Jarvis“ von Piet Meereboer<sup>1</sup>, dem ich für das zur Verfügung stellen seiner Broschüre und der dazugehörigen Exceldateien zu Dank verpflichtet bin. (Das Papier ist im Anhang angefügt)

Im Konkurrenzkampf mit der sich entwickelnden Dampfschiffahrt war man in der Segelschiffahrt stets auf der Suche nach Möglichkeiten, die Unterhaltskosten der Segelschiffe zu senken. Im Vergleich zu Dampfschiffen waren die großen Segelschiffe relativ preisgünstig. Um diese in Fahrt zu halten, mußte man jedes Jahr einen Teil der Segelgarderobe und das verschlissene laufende Gut erneuern. Diese Kosten waren verglichen mit den Brennstoffkosten der Dampfer eher klein. Die Kosten für einen Neubau lagen bei den Seglern viel niedriger, weil keine teuren Anlagen eingebaut werden mußten. An diesen Kosten konnte sowieso nicht mehr viel eingespart werden. Im Gegensatz zu den Personalkosten, die ein großes Einsparpotential boten. Für einen englischen Klipper um 1850 wurden ca. 35 Mann Besatzung benötigt. Um die Jahrhundertwende war die Mannschaft auf 20 reduziert worden für Schiffe, die drei bis viermal so groß waren (Tonnage)!

<sup>1</sup> vgl. Piet Meereboer, „De inrichting en werking van de braslier van Capt. J.C.B. Jarvis“, Terneuzen, 1999

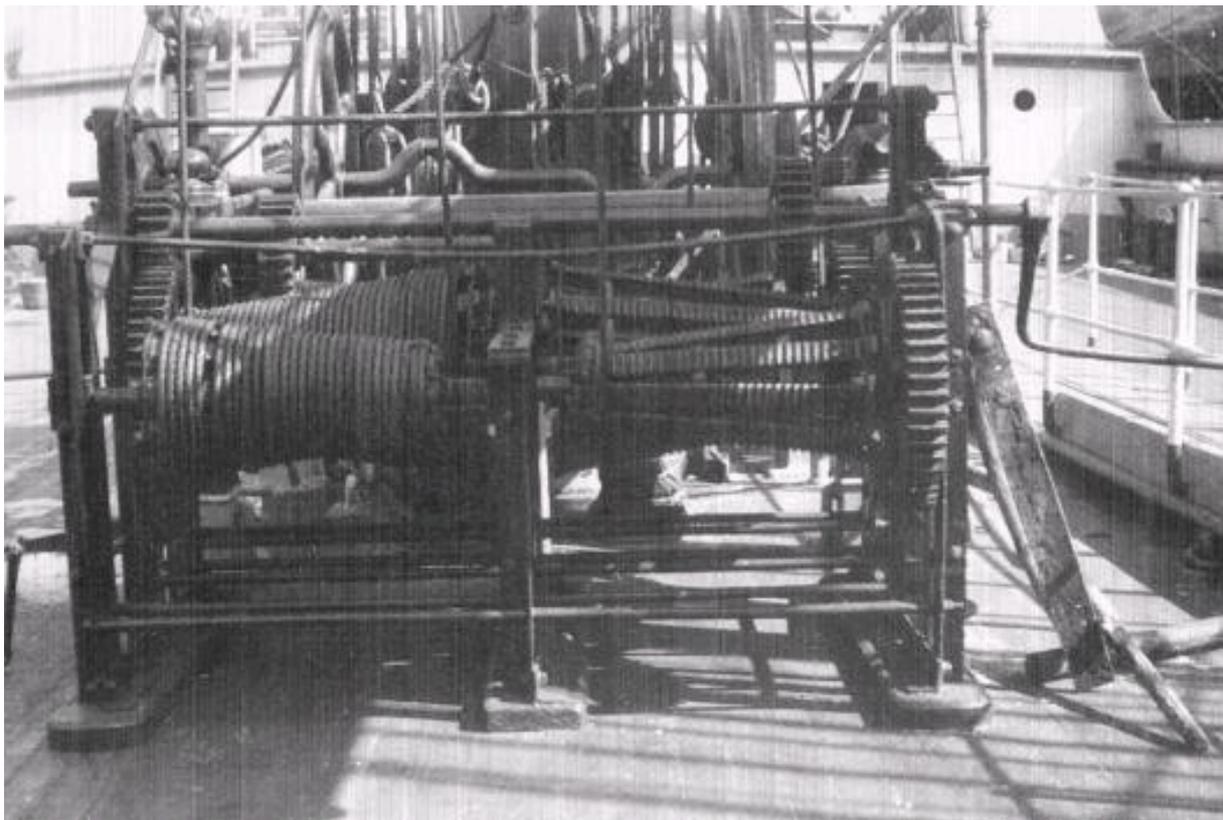


**Das Deck am Achtermast (der 4.) des Fünfmastvollschiffs „Preußen“.** Hier tummeln sich die Winden: im Vordergrund eine Dampfwinde mit Kettenfuß für Transmission, rechts eine provisorisch beschwerte Krüppelwinde (der Klappläufer mit dem Sack schwebt hinter dem Mast), dann (wie hier üblich) vor dem Mast die Brasswinde für die Mittelmastbrassen, dann die Schwungräder der Pumpen, dann (hinter dem Mast) die Brasswinde für den Kreuzmast, eine Fallwinde für die Obermars- oder die Oberbramrah, dann eine Ladewinde (zu oder von der die Kettentransmission führt), vor dem Boot ein Gangspill, und unter den Trägern der Boote hängt noch eine Relingswinde (horizontaler Spillkopf). Einen Schritt hinter dem Rufer läuft das Steuerseil von der Rudermaschine achtern zum Steuerrad auf dem Brückendeck. Die oberen seitlich gut fixierten Umlenklöcke der Unterrah- und Untermarsrahbrassen sind recht tief unter der Saling angebracht, damit sie nicht an den Untermarssschoten (die mit kleinen Blöcken zum Mast geholt werden) schamfilen. Gut zu erkennen auch die nach vorn laufenden unteren Brassen des Kreuzmastes, mit ihrem ungünstigen Zugwinkel. Von den Backbordpardunen (rechts im Vordergrund) laufen über den Unterstag des Kreuzmastes fest angebrachte Seile zu den Steuerbordpardunen (in etwa 4 m Höhe über dem Deck). Diese sollen verhindern, daß das (gerade nicht angeschlagene) Stengestagssegel auf die Boote oder die Säule des Peilkompasses fällt (oder sie hochreißt).

Diese Mannschaftsreduzierung wurde durch zwei Maßnahmen erreicht. An erster Stelle stand die Vereinfachung der Takelagen. Es kamen immer mehr Barken in Fahrt. Viele Vollschiffe wurden in der zweiten Hälfte des 19. Jh. zur Bark umgetakelt. Der nächste Schritt führte zur Schonerbark, der Jackass-Bark und den Gaffelschonern, von denen der Größte ein Siebenmaster war.

Außerdem wurden die verschiedenen Segel kleiner. Das Marssegel war so groß, daß das Schiffsvolk Schulter an Schulter auf der Rah lag um es zu bergen oder zu reffen. Durch die Teilung des Marssegels in zwei Segel (Unter- und Obermars) waren die beiden Einzelnen nicht nur leichter zu handhaben, sondern es entfiel auch das arbeitsintensive Reffen des ungeteilten Marssegels. Kapitäne, die gern schnelle Reisen machten, standen dieser Art von Neuerung nicht so offen gegenüber, denn dadurch entstand zwischen den Segeln ein Ausschnitt, durch den der Wind entweichen konnte...

Zum Ende des 19. Jh. wurden auch die Bramsegel geteilt. Über dem Bramsegel stand schon das Royalsegel. Das Royalsegel blieb unberührt und aus die Bram wurde geteilt in Unter- und Oberbram. Schließlich wurde die gesamte Segelgarderobe reduziert. Fuhren die Klipperschiffe noch Sky- und Leesegel, so kamen diese doch auf den Windjammern nicht mehr zur Anwendung. Die Takelung wurde breiter und weniger hoch. Wenn auch noch die Royals weggelassen wurden, sprach man von einem Jubilee-rig oder Baldheaded-rig.



**Brasswinde der Viermastbark „Lawhill“.** Einige Unterschiede zu den üblichen deutschen Winden sind deutlich, und haben vielleicht mit dem frühen Baujahr der Winde (1892 – nur 2 Jahre nach der Patentanmeldung) zu tun: Die Antriebswelle wird seitlich durch schräge Flacheisen gestützt (statt durch eine durchlaufende Stange rechtwinklig zu den Wellen), das Arretierblech für das Kleine Antriebsrad scheint nicht vorgesehen zu sein, und ich kann einfach die Bremse nicht finden (sollte links sein). Die Kurbel rechts ist etwas mehr verbogen, als die meisten.

Eine zweite Maßnahme zur Reduzierung der Mannschaft war die Verwendung von Winden. Und hier kommt Kapitän J.C.B. Jarvis ins Spiel. Winden konnten entwickelt werden durch die Einführung von Eisen- und Stahldraht. Das Heißen der Rahen und das Umbrassen eines ganzen Mastes war schwere Arbeit und erforderte viele Leute. Hier konnte man Arbeitskraft sparen.

Jarvis hat mehrere Erfindungen gemacht, darunter die Fallwinden (für Rahen) und Schotwinden, aber die Erfindung der Brasswinden in den 90iger Jahren des 19. Jh. war gewiß die bedeutendste. Abgesehen davon, daß man nun mit weniger Leuten umbrassen konnte, hatte die Winde auch den Vorteil, daß sie mittschiffs stand. Dadurch lief die Mannschaft weniger Gefahr, weggespült zu werden, wenn das Leeschanzkleid, an dem die Brassen bedient werden mußten, durchs Wasser zog.

Und doch wurde die Brasswinde in England nicht allgemein angewandt; konservativ, wie sie waren, interessierten sich die Kapitäne der Segelschiffahrt nicht für niemodsche Ideen.

Auf den letzten großen Segelschiffen wurde noch ein Dampfkessel an Bord eingeführt: Der Donkey-Kessel. Hiermit konnten die Winden und Gangspills angetrieben werden.

## 1.2 Die Winden der „France II“

Die 1913 bei der Chantier de la Gironde in Bordeaux gebaute Fünfmastbark mit Hilfsmotoren „France II“ gehörte zur letzten Generation der Frachtsegler<sup>2</sup> (wenn man sie noch als Segler bezeichnet, weil sie ja von Anfang an Hilfsdieselmotoren hatte, die allerdings nach dem 1. Weltkrieg ausgebaut wurden).

So hatte die alte „France II“ natürlich auch Brasswinden. Sie wurden von der Firma Lesauvage et Patras, Le Havre in Lizenz hergestellt. Die Winden dieses gigantischen Schiffes waren allerdings dadurch einzigartig, daß sie statt der üblichen 6 Trommeln (mit denen 3 Rahen eines Mastes kontrolliert werden konnten) 10 Trommeln hatten. D.h. alle Rahen an jedem der 4 vollgetakelten Masten konnten mit den Winden gebraßt werden. Auch die geplante neue Fünfmastbark für Kreuzfahrtzwecke „France II Renaissance“ soll solche erhalten. Der Entwurf der Takelage für dieses Schiff ist in meiner Diplomarbeit<sup>3</sup> dargestellt.

## 1.3 Brasswinde nach Middendorf und anderen Vorlagen

Als Vorlagen für die Konstruktion der Brasswinden werden die noch in Betrieb Befindlichen auf der „Sedov“ und der „Krusenstern“ (beides ehemalige deutsche Viermastbarken) und die Zeichnungen von Middendorf<sup>4</sup> benutzt. Die Beschreibung der Wirkungsweise und die Konstruktionszeichnungen der damals üblichen Winden sind in den **Anlagen 1-3** wiedergegeben.

*Anmerkung:* Die Anlagen werden hier rückwärts gezählt, d.h. die 1. Anlage liegt am weitesten hinten. Dies soll ermöglichen, daß beim Lesen nur Anlagen ausgeklappt (aber nicht wieder eingeklappt) werden müssen, also immer die aktuellste oben auf liegt. Dann spielt es auch keine Rolle, ob die Anlagen einzeln oder Alle zusammen eingeklappt wurden.

Originalunterlagen für die 10-Trommel-Winden waren bisher nicht zu finden. Allerdings ist aus der Zeichnung des Decksarrangements der „France II“, die von H.A. Underhill<sup>5</sup> angefertigt wurden, die prinzipielle Anordnung der Trommeln zu erkennen.

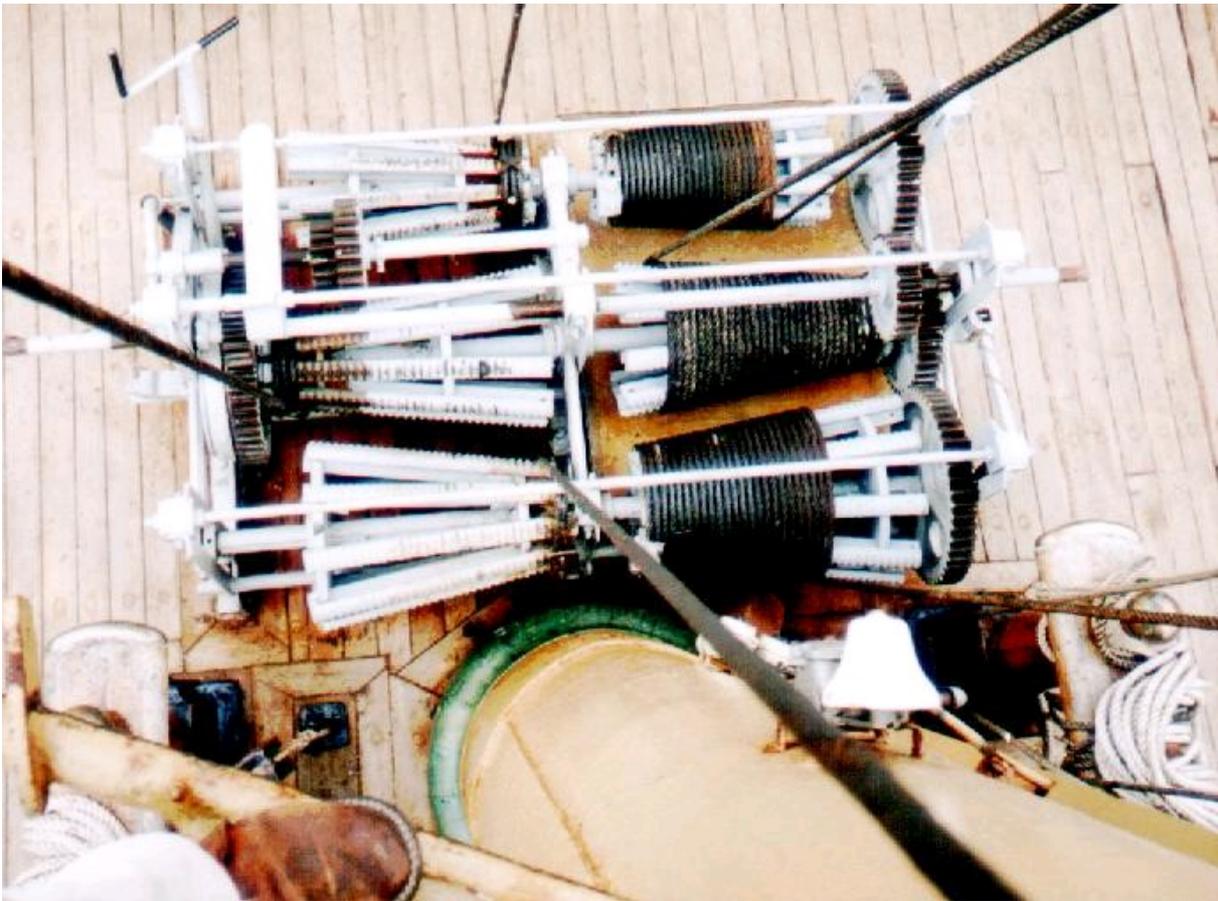
Die Fotos auf den folgenden Seiten zeigen die Winden der „Sedov“, die nahezu unverändert in Gebrauch geblieben sind und mit den Zeichnungen von Middendorf genau übereinstimmen.

<sup>2</sup> vgl. Villiers, Alan und Picard, Henri, „The Bounty Ships of France“, New York, Charles Scribner's Sons, 1972

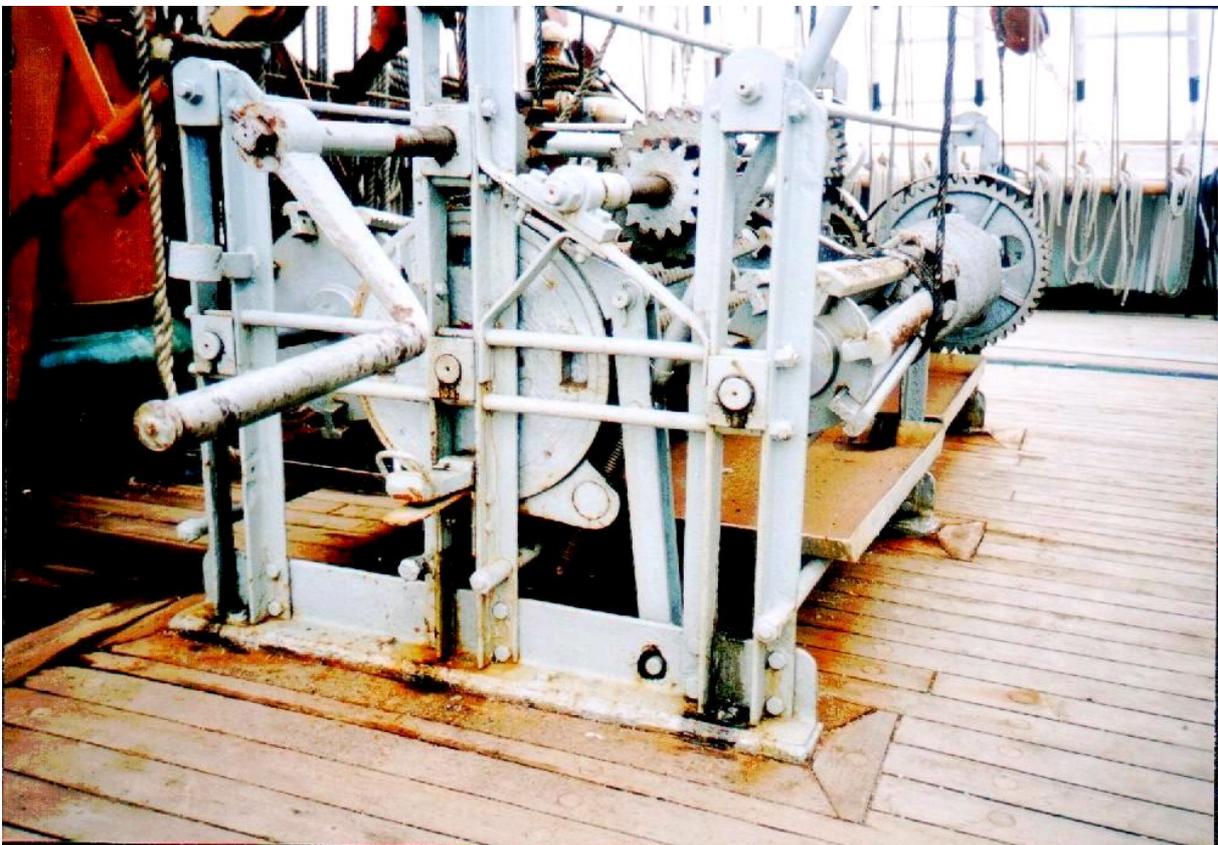
<sup>3</sup> vgl. Huerkamp, Jan, „Auslegung der Bemastung und Takelung einer Fünfmastbark für Kreuzfahrtzwecke“, Diplomarbeit an der FH-Kiel, 2001

<sup>4</sup> vgl. Middendorf, Friedrich Ludwig, „Bemastung und Takelung der Schiffe“, Berlin 1903, Reprint Hamecher Verlag 1977

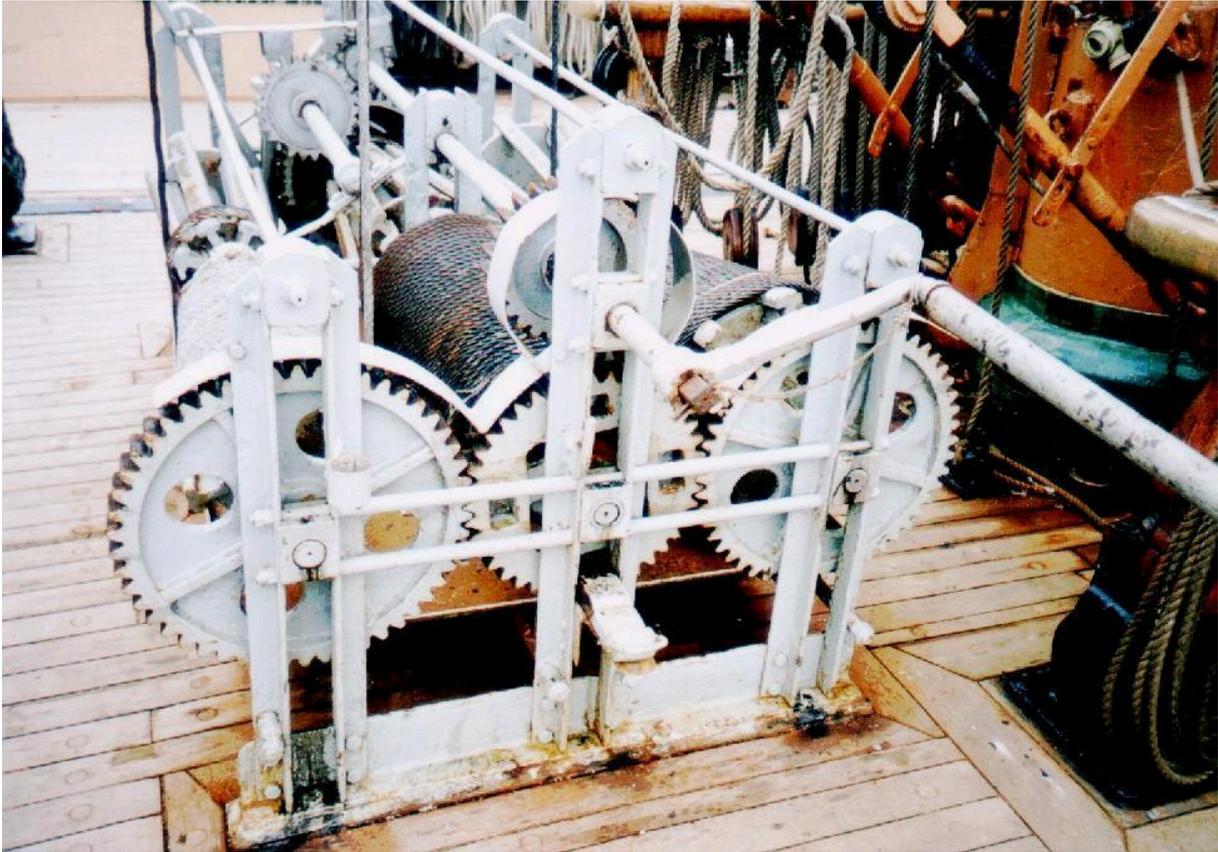
<sup>5</sup> vgl. Underhill, Harold A., „Deep water sail“, Glasgow 1949, Brown Son & Ferguson ltd.



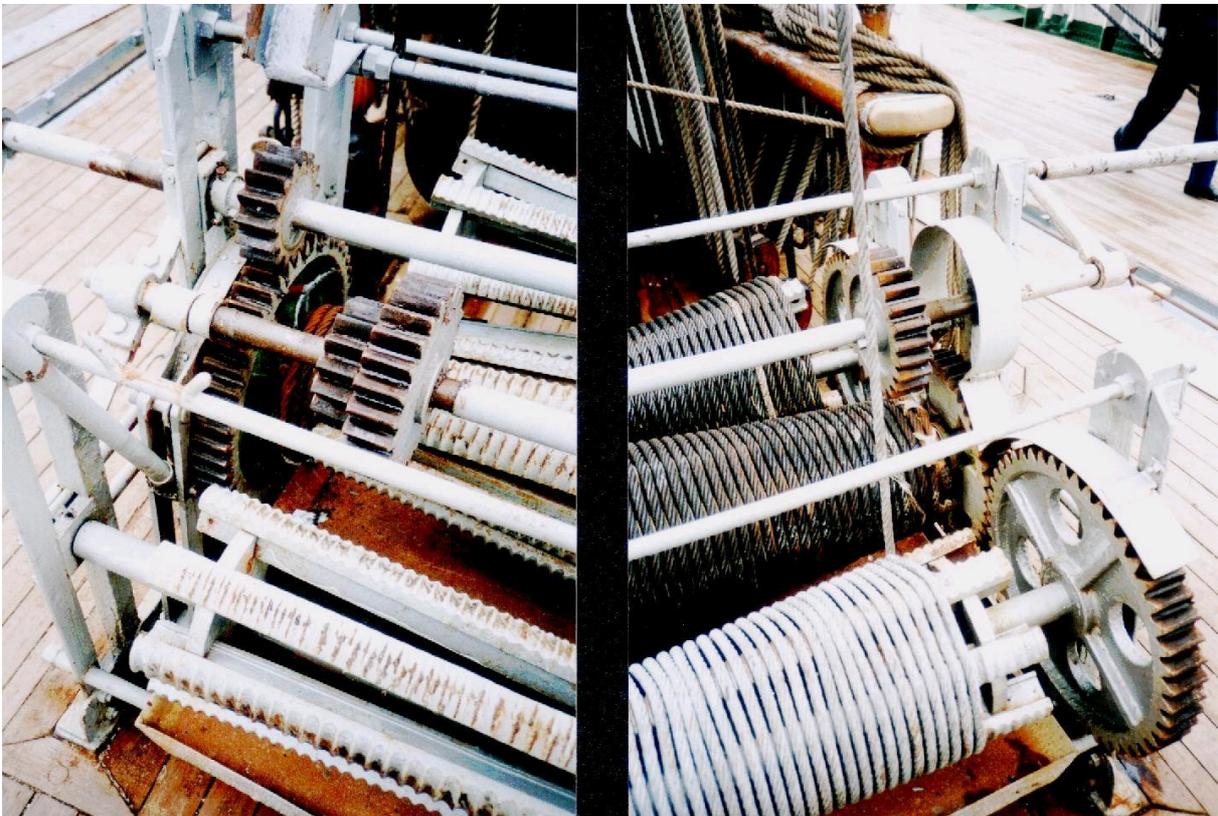
**Winde am Besanmast der „Sedov“** (Achtermast-Brassen). Weil die Winde vor dem Mast steht, sind die Hilfswelle und die Bremse auf der anderen Seite der Mittelwelle (vorn) montiert. Dadurch sind auch die Brassen anders auf die Trommeln geführt, denn die Brassen der Unterrah und der Obermarsrah (vorn) müssen den Hilfsrädern weichen, und alle anderen Brassen folgen logisch dieser Vorgabe.



**Winde am Achtermast der „Sedov“** (Großbrassen) von Bb gesehen. Gut zu erkennen die Anordnung der Bremse und des Stopper-Riegels. Die Wannen, die auf den unteren Stangen liegen sollen das Herabfallen von Fett auf das Deck verhindern.



Dieselbe Winde von Stb gesehen. Die Rohre auf den Kurbelgriffen haben einen Durchmesser von 45 mm, fühlen sich aber ein bißchen zu groß an (40 oder 36 mm könnte man besser greifen) und sie haben auch zu viel Spiel. Die Stopper-Riegel haben nicht (mehr ?) Stifte, die durch sie selbst und ihre Auflage gesteckt werden (um sie zu arretieren), wie die zeitgenössischen Zeichnungen zeigen, sondern einen entsprechenden kurzen Stift, der an der Unterseite vorseht und in das dafür vorgesehene Loch passt. Das funktioniert auch, ist leichter und schneller, aber nicht so sicher (siehe auch *Anlage 3a*).



Die Zahnräder dieser Winde. Links das Kleine Antriebsrad, das gerade in das Untere Antriebsrad greift, und die beiden Hilfsräder auf der Hilfswelle. Der 2. Gang ist eingelegt. Um den 1. Gang einzulegen, werden die Hilfsräder auf der Hilfswelle verschoben bis das kleine Rad in das Untere Antriebsrad greift, und dann verschiebt man die Antriebswelle, bis das Kl. Antriebsrad in das Große Hilfsrad greift. Rechts zu sehen: das Verbindungsrad und die beiden Außenräder. Um den 3. Gang einzulegen, verschiebt man die Antriebswelle noch weiter nach rechts, so daß das Große Antriebsrad in das Verbindungsrad greift. Auf dem

linken Bild kaum zu sehen ist das hoch geklappte Halblech, das das Kl. Antriebsrad (und damit die Antriebswelle) in den 3 verschiedenen Positionen fixiert. Rechts sieht man, daß die Brassens der Unterrah und der Obermars gefettet sind, während der Draht der Untermarsrah trocken (verzinkt) ist.

## 1.4 Vorgehensweise bei der Konstruktion

ist wie folgt:

- Sichten und Überprüfen des von Piet zur Verfügung gestellten Materials (Theoretische Grundlagen der Längen- und Durchmesserermittlung sowie der Exceldatei)
- Festlegen der Brassführung
- Erweitern der Exceldatei, um auch die Bramrahen berücksichtigen zu können (Als Ergebnis werden die Längen aller Brassens und die Trommelgrößen und Durchmesser ermittelt)
- Berechnung der Bruchkraft der Winde (Summe der Bruchkräfte der Luvbrassen)
- Berechnung der zum Brassens erforderlichen Kräfte unter verschiedenen Segelzuständen (Als Ergebnis wird eine sinnvolle Untersetzung der Zahnräder für den Handbetrieb ermittelt)
- Konstruktion der Winde (Anordnung und Dimensionierung der Bauteile, Zeichnungen)

Die Definition der Bezeichnungen der Einzelteile der Winde erfolgt in Anlehnung an die Zeichnungen aus dem Buch „The Fourmasted Barque Lawhill“, die auf den Seiten 25-27 von Piets Meereboers Papier wiedergegeben sind. Die Liste der deutschen Bezeichnungen ist dort im Anhang hinter der Seite 24 eingefügt (aus Übersichtsgründen?).

## 2. Auswertung der Quellen

### 2.1 Underhills Zeichnungen

In seinem Buch „Deepwater sail“ zeigt der englische Autor Harold A. Underhill u.a. Zeichnungen vom Deckslayout der „France II“. Das Buch erschien zum ersten mal 1952. Das Schiff ging allerdings schon 1922 verloren, so daß nicht angenommen werden kann, daß Underhill es jemals betrat. Er erwähnt, daß die Grundlage für die von ihm angefertigten Modellbaupläne die Original-Baupläne der Werft zur Verfügung gestanden haben. Seine Darstellungen der 4 Brasswinden erscheinen hastig gezeichnet und sind an den Masten recht verschieden, stellen aber die prinzipielle Anordnung einheitlich dar (*Anlage 4*).

Demzufolge waren die Winden auf der „France II“ hinter den Masten aufgestellt - außer am Besanmast natürlich. (auf deutschen Seglern fand man sie oft vor den Masten).

Die mittleren Beiden der 6 Haupttrommeln werden von Underhill so gezeigt, daß die kleineren Durchmesser der konischen Trommeln zur Mitte zeigen. Alle anderen Zeichnungen und Fotos von Brasswinden in der Literatur zeigen aber eine umgekehrte Anordnung (d.h. die mittleren Beiden Trommeln sind mit den großen Durchmessern einander zugewandt und die äußeren 4 Trommeln zeigen mit den kleinen Durchmessern nach innen).

Auf diese mit großer Wahrscheinlichkeit standardmäßige Konstruktion wurden an den Seiten je 2 zusätzliche Trommeln auf die beiden hinteren Wellen aufgesetzt. Bei Diesen setzt sich (nach Underhill) die alternierende Anordnung fort (dick zu dick etc.). Die versetzte Anordnung erfolgt wegen der damit verbundenen Platzersparnis. Die Untersuchung der Führung der Brassens zwischen der Saling und der Winde wird entweder die bevorzugte Anbringung der Trommeln ergeben oder zeigen, daß beide Möglichkeiten gleichwertig verwendet werden können. Die Konstruktion der Winde wird davon kaum beeinflusst, weil die große und die kleine Scheibe ja ausgetauscht, und damit der Konus umgedreht werden kann.

## 2.2 Piet Meereboers Papier

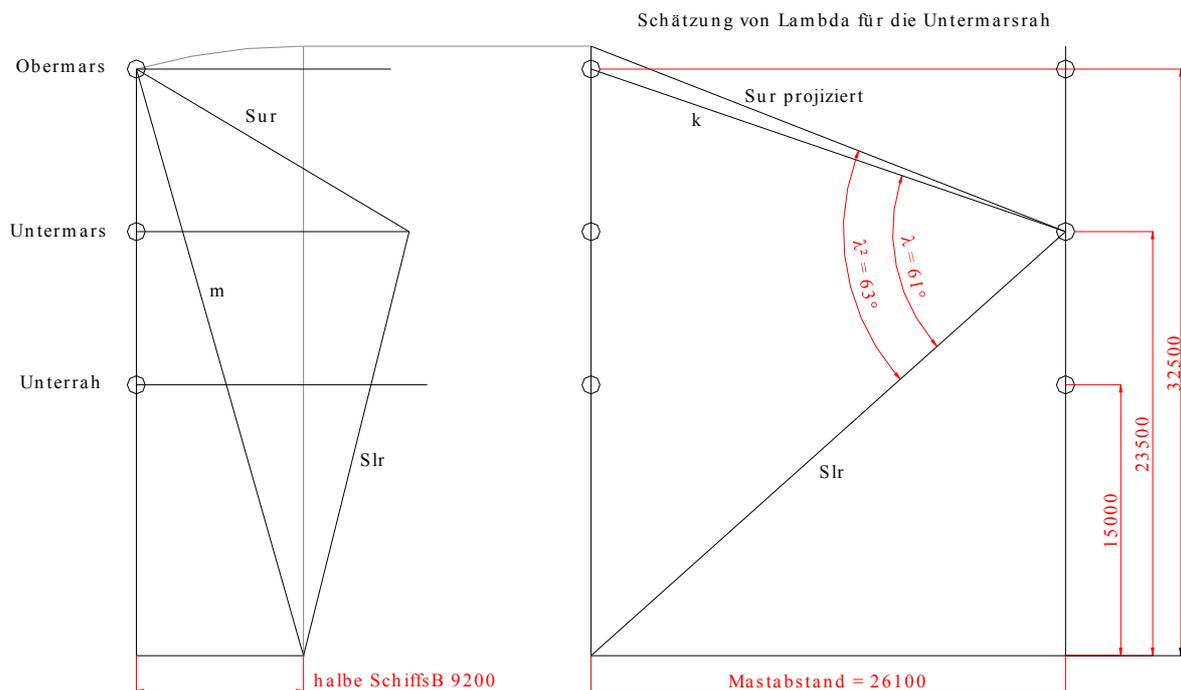
Die Broschüre „De inrichting en werking van de braslier van Capt. J.C.B. Jarvis“ von Piet Meereboer beschreibt den geschichtlichen und technischen Hintergrund der Jarviswinde. Vor allem aber werden hier die theoretischen Grundlagen dargestellt, die zur Ermittlung der Brasslängen für die verschiedenen Brasszustände (vierkant- und hart gebrast), sowie der daraus resultierenden Längen und Durchmesser der Trommeln notwendig sind.

Ich habe die Formeln in den Kapiteln „De lengte van de brassen“ und „De inrichting van de lier“ nachvollzogen und fand alles plausibel und konnte keine Fehler finden außer den im Folgenden beschriebenen:

Auf Seite 10 werden die Winkel der virtuellen Brassens (Sur und Slr) zur Vertikalen ( $\rho$  und  $\phi$ ) berechnet und der Winkel zwischen diesen Beiden ( $\lambda$ ) wird mit der Differenz vom Halbkreis ermittelt ( $180^\circ - \rho - \phi = \lambda$ ). Wie aus der *Anlage 5* ersichtlich wird, liegen diese Winkel aber in verschiedenen Ebenen. Der wirkliche Winkel zwischen Sur und Slr ist also größer als der von Piet ermittelte.

Es stellt sich natürlich die Frage nach der Bedeutung dieses Fehlers, denn die Längen der Brassens werden ja sowieso für den idealen Zustand berechnet, daß der Durchhang gleich Null ist, was natürlich nicht der Realität entspricht. Es soll also abgeschätzt werden, wie groß der Unterschied zwischen diesen beiden Winkeln  $\lambda^2$  und  $\lambda$  ist. Dazu werden in untenstehender Skizze die erwähnten Winkel für die Untermarsrah der „France II Renaissance“ zeichnerisch ermittelt (das Problem tritt überhaupt nur auf, wenn einer der Brassläufer an Deck und der andere an den Mast (zur Schiffsmittle) geführt wird – also bei den Marsrahen).

Offenbar beträgt für diesen Fall der Unterschied der Winkel nur  $2^\circ$ . Für die Ermittlung der wirklichen Brasslängen wird dieser Winkel aber noch einmal halbiert. Der Fehler wird als so gering angesehen, daß er vernachlässigt werden kann.



Die Vernachlässigung des unterschiedlichen Falls der hintereinander stehenden Masten in Piets Berechnungen hat einen minimalen Einfluß auf den Winkel  $\lambda$ , und kann so hingenommen werden. (Die Neigung der Masten nach achtern nimmt in der Regel um  $0,5^\circ$  bis  $1,5^\circ$  zu – was auf der „France II Renaissance“ bei einem Mastfall-Unterschied von  $0,5^\circ$  und einer Höhe der Obermarsrah über Deck von  $32,50$  m bedeutet, daß die obere Brassbefestigung ca.  $0,30$  m weiter hinten befestigt ist als theoretisch angenommen.)

Auch die Unterschiede im Mastbau werden nicht berücksichtigt (ob Mast und Marsstenge aus einem Stück gebaut sind oder nicht). Hier gilt das eben angeführte: der Fehler ist marginal.

In der Praxis werden die oberen Läufer der Brassen meist an den Stengen manchmal aber auch an den Stengestagen befestigt, so daß Zentimeter-genaue Berechnungen ohnehin nicht sinnvoll sind.

Auf Seite 10 muß es in der 5. Zeile von unten heißen  $\cos \varphi = h1 / Slr$  statt  $\tan$ ... In der Exceldatei ist es aber richtig programmiert.

### 2.3 Der Vortrag von Marcel Wurst

Im Folgenden ist der Text eines Vortrages über die Installation der Brasswinden auf dem Klipper „Cisne Branco“<sup>6</sup> wiedergegeben, der großzügigerweise von dem Verfasser Marcel Wurst zur Verfügung gestellt wurde. Das Papier gibt einen guten Eindruck von der praktischen Seite der Auf- und Einstellung der Winden und behandelt einige spezielle Probleme dabei. Deshalb wird es hier wiedergegeben, obwohl dadurch manches innerhalb dieser Studienarbeit doppelt erwähnt wird.

Es sind in Marcel Wurst's Papier allerdings kleine Ungereimtheiten enthalten. Solche wurden kenntlich gemacht (rot unterstrichen), während Anmerkungen von meiner Seite kursiv erscheinen. Die im Text genannten Zeichnungen stehen nicht zur Verfügung, aber ich habe mich bemüht, sie sinngemäß zu ersetzen.

#### Die Jarvis – Patent – Brasswinde Marcel Wurst

Im Zusammenhang mit dem Auftrag, das Rigg des Clippers „Cisne Branco“, einem Segelschulschiff der brasilianischen Marine, zu erstellen, bekam die Navcon naval consulting GmbH, Wolgast, auch den Auftrag, in dieses Rigg die Bedienung der Brassen durch die Jarvis - Winden einzubinden. Die Beschreibung Middendorfs zu den Brasswinden ist wohl die prägnanteste :

„Eine Brasswinde ist so konstruiert, daß mit Hilfe zweier Kurbeln und einfachem Vorgelege 3 Achsen betrieben werden können, welche 2 je aus zwei Scheiben und mehreren Stäben bestehende konische Trommeln tragen.

Die Stäbe haben Höhlungen, in welche sich die einzelnen Windungen der Brassen legen. Um jede Trommel so justieren zu können, daß sich beim Brassen annähernd an der einen Bordseite ebensoviel Tauwerk abwickelt, wie sich an der anderen Seite abwickelt, sind die beiden Scheiben einer jeden Trommel auf der Achse verschiebbar, so daß sich durch eine passende Verschiebung einer oder beider Scheiben jede gewünschte Konizität erzielen läßt.“<sup>7</sup>

Zeichnung : Middendorf S. 376 oben und Seite 376 unten rechts.

Diese Zeichnungen hat Middendorf nach den Brasswinden der „Preussen“ vorgenommen, welche 1897 mit den Jarvis – Winden ausgerüstet wurden, die in Deutschland durch die Firma F.C.W. Wetzel, Hamburg vertrieben wurden. Nach der erfolgreichen Erprobung dieser Winden ließ F.C. Leisz einen Großteil der Flying –P-Line mit diesen Winden ausrüsten, da sich der wirtschaftliche Erfolg einfach nicht von der Hand weisen ließ. Unter den Schiffen, die Leisz mit den Jarvis – Winden ausrüsten ließ befand sich auch die „Passat“, deren Winden noch heute an Bord zu besichtigen sind.

Die Konstruktion der Winden auf der „Cisne Branco“ wurde in Anlehnung an jene Brasswinden vorgenommen, die sich auf der „Passat“ in Travemuende befinden. Allerdings wurden sie auf die veränderten Bedingungen der „Cisne Branco“ angepaßt. Also wurden sie maßstäblich verkleinert und ihnen wurde ein Hydraulikantrieb hinzugefügt, der wahlweise neben dem Handbetrieb benutzt werden kann.

Mein Anteil an der Arbeit an den Jarvis - Winden bestand darin, die fertig konstruierten Winden und die notwendige Brassführung für den Segelbetrieb einzustellen und zu justieren. Dabei hatten wir mit verschiedenen Fragestellungen zu tun, da seit mehreren Jahrzehnten keine Segler mit diesen Winden gebaut wurden und die noch existierenden Winden entweder nicht mehr funktionsfähig, darunter leider auch die der „Passat“, sind oder benutzt werden.

In der „Provisional Specification `Improved Means for Bracing the yards in Square-rigged Ships´ vom 26. September 1890 beschreibt Captain J.C.B. Jarvis die Funktionsweise der Winden folgendermaßen:

„This invention relates to certain improved means for bracing the yards in square-rigged ships and consists in a combination of two or more sets of drums, of conical form, as will hereinafter appear according to the number of yards which it is desired to bring under control.

As at present practised each yard is braced by itself to the port and starboard sides of the ship. When the ship is sailing and is required to go on a new tack the one side has to be eased off and the other side hauled in by members of the crew.

In this the braces are carried from the yard-arms of the foremast to the mainmast and thence through blocks to the set of drums or winches upon which the hauling will be effected. The number of drums will be according to the number of yards. As example suppose there be six yards on the foremast, viz. Lower yards, upper and lower top sail yards, upper and lower top gallant yards and the royal yard. **The braces of the first third and fifth yards are carried to the corresponding drums**, that is the port brace to the port drum and the starboard brace to the starboard drum. The second fourth and sixth yards are worked by ordinary rope braces as at present, but the yards being all connected together by the sails the pulling round of the lower yards will bring the other yards round also.

<sup>6</sup> vgl. Marcel Wurst, „Die Jarvis Patent Brasswinde“, Vortrag für das Symposium Yacht- und Segelschiffbau , 2000

<sup>7</sup> Middendorf, a.a.O. , S. 375

The said drums are made conical for the purpose that when the yards are square, that is at right angles to the line of keel each drum will be half filled by the wire rope brace wound upon it the fixed ends being in each case next the centre. As the yards is slewed the „sum“ of the length of the two braces becomes shorter than their „sum“ was when the yard was square, consequently the conical drums becomes necessary in order to take up more of the brace hauled in and to give off less of the brace paid out. The drums are held in position by friction pulleys and by pawls so they can be worked together or independently or be adjusted to the required lengths.

The pinion for driving may be toothed as 1 to 5 of the purchase wheel; the cogs connecting the drums are all of the same size and number of teeth so that the drums all make the same number of revolutions.

The coning of the drums must be proportional to the differences in the length of the braces when squared and when slewed. The size of each drum or pair of drums must be proportional to the actual lengths of braces governed by distance apart of masts and lengths of yards.

The difference between lower yard drums and third and fifth yard drums must be proportional to the difference in lengths of the respective yards and these gradations can be most easily settled in each case by making cast iron frames preferable with six, twelve or twenty four faces and piecing up with hard wood blocks which can be turned and bevilled (sic) to the required dimensions.“<sup>8</sup>

Zusammenfassend bedeutet dies :

- Die Führung der Brassens erfolgt vom vorderen zum hinteren Mast, dort werden sie auf die jeweilige Trommel der Winde umgelenkt.
- Die Anzahl der Trommeln ist der Anzahl der Rahen zugeordnet, die mit der Winde bedient werden sollen.
- Entsprechend der Anordnung von Unterrah, **Untermars und Unterbram** zur Jarvis – Winde ist es möglich einen kompletten Mast zu brassen.

*Jarvis spricht von einem Beispielschiff mit 6 Rahen, von denen die Brassens der „**first third and fifth yards**“, also der ersten, dritten und fünften Rah (Unterrah, Obermarsrah und Oberbramrah) zur Winde geführt werden.*

- Die Brassens der Steuerbordseite werden auf der Steuerbordseite der Winde belegt, für die Backbordseite gilt Entsprechendes.
- In Vierkant gebrass, sind sie zur Hälfte mit den Brassdrahtläufern gefüllt, deren Ende zur Mitte der Winde an den jeweiligen Trommeln befestigt werden.
- Da die Trommeln beim Einholen der Brasse mehr Draht aufnehmen müssen, als auf der anderen Seite ausgegeben wird, müssen sie konisch sein.
- Der Konus muß entsprechend dem Unterschied in den Brasslängen zwischen Vierkant und Hart gebrass sein.
- Alle Trommeln einer Winde drehen sich mit der gleichen Geschwindigkeit.
- Die Größe der Trommeln muß entsprechend der wirklichen Länge der Brassens sein, die sich aus dem Abstand zum Mast und der Länge der Rah ergibt.
- Der Unterschied der jeweiligen Trommeln für eine Rah zu den Trommeln für die anderen Rahen ist verhältnismäßig zu deren Längenunterschieden.
- Der Neigungswinkel des Konus wird durch bewegliche Scheiben entsprechend der tatsächlichen Notwendigkeit eingestellt.

Als John Charles Barron Jarvis diese Spezifikation zum Patentantrag einreichte, war er 33 Jahre alt und verfügte über 21 Jahren Erfahrung auf See. Diese Erfahrung ermöglichte es dem, am 5. August 1857 geborenem Jarvis, durch Beobachtung einige geometrische Problembereiche beim Rigggen und Bedienen eines Seglers festzustellen, in diese Winde einzuarbeiten und mechanische Lösungen zu finden.

Dabei handelt es sich um folgendes: Während des Brassens, also dem Vorgang eine Rah von einer Seite des Schiffes auf die andere zu bewegen, vermindert sich durch die Kreisbewegung der Rah um den Mast der Abstand der Rahnocken zum hinteren Mast. Dieses ergibt sich zum einen aus der Konstruktion der Beschläge, mit welchen die Rah um den Mast herumgedreht wird. Also dem Tonnenrack, welches den Rahmittelpunkt nach hinten führt und den Schwanenhälsen, welche das gleiche bewirken, **als auch dem Mastfall**. (*Der Mastfall spielt dabei keine Rolle, er ändert sich nicht beim Brassens*) Verdeutlicht werden soll dies durch die beiden folgenden Zeichnungen:

1. Zeichnung von Tonnenrack (*Middendorf, Seite 301 Fig. 118 unten links*)

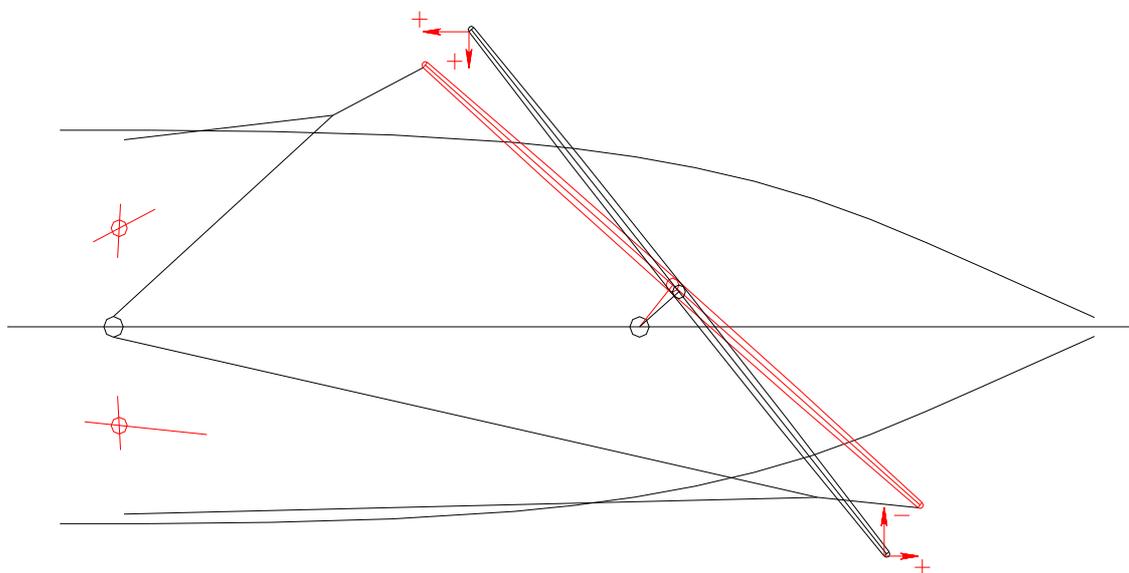
2. Zeichnung von Schwanenhals (*Middendorf, Seite 304 Fig 119 unten*)

**Die Folge davon** ist, daß auf der holenden Seite der Brassens mehr Tauwerk eingeholt werden muß, als auf der anderen Seite ausgegeben werden muß.

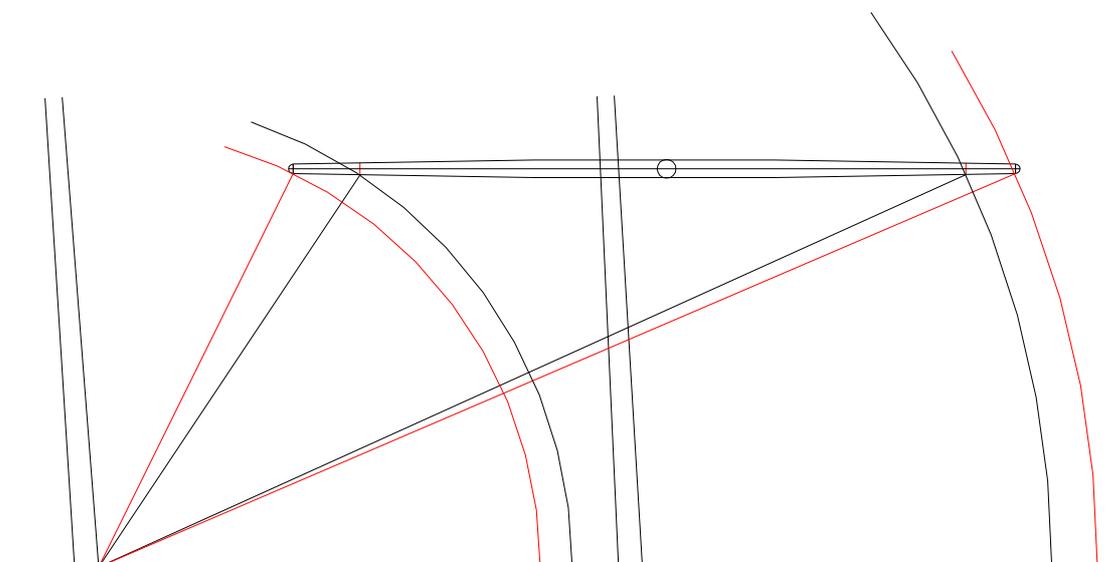
*Die Ursachen für die verschiedenen Holewege der Brassens in Luv und Lee sind vielfältig und werden im Folgenden besprochen. Die Bauweise der Racken hat daran einen kleinen Anteil.*

<sup>8</sup> „Provisional Specification `Improved Means for Bracing the yards in Square-rigged Ships“ Quelle : [http://pc-78-120.udac.se:8001/WWW/Nautica/Rigging/Jarvis\(patent\).html](http://pc-78-120.udac.se:8001/WWW/Nautica/Rigging/Jarvis(patent).html)

Hauptursache für diese Erscheinung ist, daß sich beim Anbrassen die Luvnock der Rah ein Stück von dem (hinteren) Anschlagpunkt der Brasse entfernt (X-Richtung), aber diesem Punkt auch näher kommt (Y-Richtung). Auf der Leeseite hingegen gehen beide Bewegungen (X- und Y-Richtung) auf den Anschlagpunkt zu. Die folgende Skizze soll diesen „Kreiseinfluß“ verdeutlichen.



Ein geringer ausgleichender Effekt rührt von der Tatsache her, daß man, wenn die Brassen von ihrem hinteren Befestigungspunkt aus relativ steil nach oben gehen (in einem großen Winkel zum Horizont), weniger Meter Brasse einholen muß um die Rah zu drehen, als wenn die Brassen flacher liefen. Dieser „Resteffekt“ (oder Winkeleffekt) ist um so stärker, je mehr sich die Situation der Brassläufer der Vertikalen annähert. Die folgende Skizze gibt einen Eindruck davon:



In dem Diagramm in der **Anlage 6** sind folgende (teils graphisch ermittelte) Verläufe über die Brasswinkel aufgetragen (für die Unterrah und die Obermarsrah):

- Gesamtlänge des Brassläufers (aus den Rahblättern in Piets Excel-Datei)
- Kreiseinfluß (Brasslängen ausschließlich von oben betrachtet)
- Resteinfluß (restliche Einflüsse auf die Brasslänge, hauptsächlich Winkeleinfluß – wo die Brasslängen ausschließlich von der Seite betrachtet werden). Ergibt sich aus Gesamtlänge minus Kreiseinfluß.

- *aktuell abgewickelte Brasslänge* (= Aktuelle Brasslänge (abhängig vom Brasswinkel) minus Länge der Leebrasse bei hart angebrast)
- *Trommelform* (= aktuell aufgewickelte Brasslänge = aktuell abgewickelte Brasslänge der anderen Seite)

*Die Verläufe der Kurven „Trommelform“ entsprechen qualitativ den idealen Trommelsilhouetten. D.h., hätten die Stäbe der verschiedenen Trommeln eine aus diesem Verlauf resultierende Form wäre die mit den Taljen ausgleichende Längenänderung der Brassläufer theoretisch gleich Null. Aus diesen Kurven wird auch deutlich, daß beim Aufbrassen und bei der (üblichen) Verwendung von geraden Stäben die Leebrassen weniger gefiert- und gleichzeitig die Luvbrassen mehr geholt werden, als sie selbst das eigentlich möchten. Das erklärt, warum die (Lee-) Brassen mit den dafür vorgesehenen Taljen während des Brassvorgangs (oder vorher) gefiert werden müssen.*

Dieser Effekt ist bei der Bedienung der Brassen von Hand nicht weiter wichtig, da dieses permanent während des Brassvorganges korrigiert werden kann. Innerhalb eines mechanischen Systems muß aber diese Korrektur fortlaufend erfolgen. Die Schlußfolgerung Jarvis, dieses über einen Konus zu bewerkstelligen ist nicht unbedingt neu für die Zeit gewesen, ähnliches wurde schon bei einem ähnlichen Problem bezüglich der Ruderanlagen als Lösung gefunden, jedoch nicht auf die Bewegung der Rahen übertragen.<sup>9</sup>

Ein weiteres Problem, welches sich allerdings wiederum nicht bei der Bedienung der Rahen von Hand bemerkbar macht, ist die Tatsache, daß die Rahen sich einerseits nicht unbedingt um die selbe Achse drehen, wenn der Mast aus mehreren Stengen besteht und die Wege, welche die Rahnocken beschreiben unterschiedlich lang sind, gleicht Jarvis, durch die Verstellung der einzelnen Trommeln auf den entsprechenden Konus, aus. Dadurch wird es möglich, eine gewünschte Synchronisierung der Rahbewegungen zu erreichen und auch auf eine Winde, deren Trommeln sich mit gleicher Geschwindigkeit bewegen eine höhere oder geringere Einhol- oder Ausgabegeschwindigkeit zu erreichen. Im Nachhinein sind dies recht simple Lösungen für ein relativ komplexes System.

Natürlich hat der ursprüngliche Gedanke Jarvis leichte Veränderungen in der praktischen Umsetzung auf den verschiedenen Schiffen, auf den solche Winden genutzt wurden, erfahren. So wurden oftmals aus Platzgründen die vorderen und die hinteren Trommelpaare gleichermaßen installiert, jedoch das mittlere Trommelpaar genau entgegen gesetzt. D. h. bei der vorderen und der hinteren Trommel befand sich bspw. der kleinere Durchmesser in der Mitte, bei der mittleren Trommel wurde dort jedoch der größere plaziert, so das die Trommeln insgesamt dichter zu einander positioniert werden konnten. Weiterhin stellt Middendorf bezüglich der Anordnung der Rahen, die mit der Jarvis – Winde bedient werden fest:

„Die Anordnung besteht im allgemeinen darin, daß die sämtlichen drei unteren Rahen eines Mastes durch eine geeignete Windevorrichtung gleichzeitig angebraßt werden.“<sup>10</sup>

Der Vorteil dieser Anordnung liegt auf der Hand, wenn bedacht wird, daß die Marssegel eines Rahsegler, die Schlechtwettersegel sind, und sie somit am längsten von allen Segeln gesetzt bleiben. Der große Nachteil dieser Anordnung ist jedoch, daß eine bewegliche Rah in dieses Windensystem eingebunden wird. Da sich diese Rahen in der Höhenpositionierung verändern, verändern sich auch die notwendigen Längen der Brassen. Die Winde selbst ist aber nicht darauf ausgerichtet, diese Höhenänderung der Rah und die resultierende Längenänderung der Brassen zu erfassen. Im Gegenteil ist aus Jarvis Anordnung der Rahen deutlich zu entnehmen, daß über eine solche Winde ausschließlich die festen Rahen bedient werden sollen. (Keineswegs. Von den von Jarvis erwähnten Rahen 1, 3 und 5 sind 2 Rahen fierbar (nämlich die Obermarsrah und die Oberbramrah) Der Vorteil hier besteht darin, daß ein gesamter Mast mit der Jarvis – Winde gebrast werden kann. Der Nachteil dieser Anordnung besteht aber darin, daß unter schlechten Wetterbedingungen weiterhin Decksmannschaft im Bereich der Schanz arbeiten muß und somit im Bereich des übergenommenen Wassers arbeiten muß, um die Obermarsrah zu brassen.

Beiden Anordnungen ist jedoch der Vorteil gemeinsam, daß grundsätzlich weniger Decksmannschaft notwendig ist, um die Manöver durchzuführen, die Verlagerung der Brassen in die Schiffsmitte eine Erhöhung der Arbeitssicherheit zur Folge hat und damit die Schiffssicherheit insgesamt erhöht wird.

Während der Arbeiten an den Jarvis – Winden auf der „Cisne Branco“ folgten wir dem Gedanken Middendorfs und lösten das Problem der beweglichen Rahen durch eine Verlängerung der Brasstaljen. Dabei sind diese quasi an dem losen Ende des Brassdrahtläufers befestigt. Dabei sieht die Führung der Brassen grundsätzlich folgendermaßen aus:

Zeichnung 1: „Brassführung“ (siehe Anlage 1)

Dabei wird ein Brassdrahtläufer, dessen Ende auf der Jarvis – Winde belegt ist über einen Block an den Mast geführt. Dann verläuft der Brassdrahtläufer parallel am Mast entlang, bis er in der gewünschten Höhe wiederum über einen Block umgelenkt wird und durch einen weiteren Block, der an einem Brassstander, dessen Ende an der Rahnock angeschlagen ist, befestigt wird, zur Reling hinuntergeführt wird. Dabei ist am Ende des Brassdrahtläufers eine Brasstalje befestigt, die aus Tauwerk und zwei Blöcken bestehend an der Reling befestigt ist und deren holender Part auf der Nagelbank belegt wird.

Die Aufgabe der Brasstalje ist eigentlich die genaue Einstellung der Brassen, um einen möglichen Spannungsunterschied in den einzelnen Brassen ausgleichen zu können. Gleichzeitig kann darüber aber auch der Höhenunterschied einer beweglichen Rah ausgeglichen werden. Jarvis selbst beschreibt diese Brasstalje in seiner Spezifikation nicht. Jedoch sind diese Taljen systembedingt notwendig, um die Funktion der Jarvis – Winden zu gewährleisten.

Auf der „Cisne Branco“ haben wir feststellen können, daß die Lose, die durch einen Spannungsunterschied in den Brassen entstehen kann, unter Umständen dazu führen kann, daß der Draht von der Trommel springt und einen „Überläufer“ verursacht, der das gesamte System blockieren kann. Beim Segeln wäre ein solcher Vorgang fatal, da er die Manövrierfähigkeit des Schiffes erheblich einschränkt. Das Entstehen dieser Überläufer wird zudem begünstigt durch die Konizität der Windentrommeln, die dazu führt, das ein lockerer Draht aus den Führungen springt und die Trommel zum kleineren Durchmesser herunter rutscht. Einerseits läßt sich dieses aber durch die Korrektur durch die Brasstaljen vermeiden und andererseits ist diese Konizität unerlässlich.

<sup>9</sup> vgl. „Seamanship in the age of Sail“, S. 66 ff, J. Harland, Conway Maritime Press, 1996

<sup>10</sup> vgl. „Bemastung und Takelung der Schiffe“ S. 373, Middendorf, Hamacher, Kassel, 1903

Jarvis hat in seiner Spezifikation dargelegt, daß die Länge der Brassen nicht gleichbleibend ist, wenn sich die Rahen nicht mehr in der Vierkantposition, also im rechten Winkel zur Kiellinie, befinden. Die Länge der Brassen einer Rah minimiert sich, sobald die Rah aus dieser Vierkantposition hinaus bewegt wird.

Zeichnung 2 „Brasslängenänderung“ (steht nicht zur Verfügung)

Jarvis überträgt diese Längenänderung zwischen den zwei Brassituationen Vierkant und Hart angebrasst auf einen Konus. Middendorf jedoch schränkt ein, daß eine solche Übertragung nur näherungsweise erfolgen kann.<sup>11</sup> Die Längenänderung während des Brassens erfolgt zwischen dem Führungsblock am hinteren bzw. vorderen Mast und der Brasstalje, welche an der Reeling befestigt ist.

Zeichnung 3: „Vergleich Brasslängen“ (steht nicht zur Verfügung)

Da sich die Längenänderung zwischen der Brasstalje und dem Anschlagpunkt an der Rah und die Längenänderung zwischen dem Anschlagpunkt an der Rah und dem Führungsblock proportional verhält, habe ich die geometrische Bestimmung der Längen mit dem Satz des Pythagoras, auf die Hälfte beschränkt.

Der Formelbestimmung sei aber vorangestellt, daß maßgeblichen Einfluß auf die Änderung in den Längen der Brassen die folgenden Faktoren haben :

- Der Abstand zwischen den Masten (M)
- Der Abstand zwischen dem Anschlagpunkt an der Rah und der Rahmittelpunkt ®
- Der Abstand des Rahmittelpunktes (gemessen an der Innenkante der Rah) vom Mast (x)
- Die Höhe der Rah (h1) in Bezug auf den Führungsblock (h2)

Zeichnung 4 „Schematische Zeichnung“ P.Meerebroer<sup>12</sup>

Die Länge bestimmt sich also folgendermaßen:

$$Su = \sqrt{((Sur - t)^2 + v^2)}$$

Wobei  $Sur = \sqrt{(M+x)^2 + R^2 + (h2 - h1)^2}$

Und  $t = s \cos \lambda$ ,  $v = \sqrt{s^2 - t^2}$ ,  $\lambda = 180 \text{ Grad} - \varphi - \rho$ ,  $\rho = \arcsin(g/Sur)$ ,

$$\varphi = \arcsin(hi/Sir)$$

$Sir = \sqrt{(M+d+x^2 + R - \frac{1}{2} Br - b)^2 + (h1 - h3)^2}$

$Sú = \sqrt{(M+x)^2 + R^2}$

Diese Längenberechnung hat Jarvis nun für zwei Zustände vorgenommen: Vierkant und Hart angebrasst. Dies ist minimal notwendig, da die Längen der Brassdrahtläufer vorgeben, wieviel Draht insgesamt auf der Trommel der Jarvis – Winden aufgenommen werden muß. Dabei gilt :

- 1.) Im hart angebrassten Zustand, also wenn eine Rah, soweit wie möglich auf die eine Seite des Schiffes geholt wurde, befindet sich auf der holenden Seite der Winde das Maximum an aufgespultem Draht und auf der fierenden Seite das Minimum an Draht.
- 2.) Im Zustand der vierkant gebrassten Rah befindet sich auf den beiden Trommeln der Jarvis – Winde gleichviel Draht und die Hälfte der Umdrehungen ist gemacht.

Nachdem diese beiden Drahtmengen, die auf der Trommel aufgenommen werden mußten bestimmt waren, ließ sich bestimmen, welche Durchmesser die Trommeln haben mußten. Dieses läßt sich zwar auch rechnerisch bestimmen jedoch glaube ich, daß diese Neigung des Konus ermittelt wurde durch probieren. Middendorf schreibt dazu :

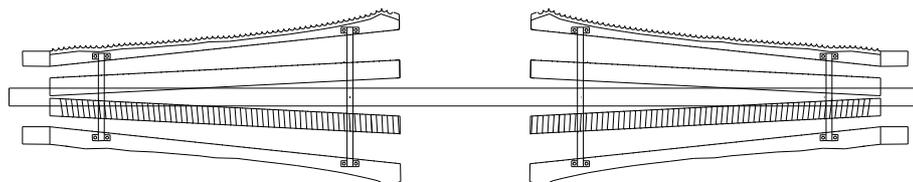
„Ist die beste Form der Trommel ausprobiert, dann werden die Scheiben fest gekellt und die einzelnen Stäbe in die Einschnitte der Scheiben gelegt und hier mittels Holzkeilen befestigt.“<sup>13</sup>

In diesem Weg der Bestimmung des Konus der Trommel liegt auch der Grund, warum einerseits die Brasstalje zur Feinjustierung notwendig und andererseits eine Spannungsänderung in den Brassen unvermeidbar ist. Die Längenänderung zwischen diesen beiden Extremsituationen der Rah erfolgt nicht linear, sondern **proportional** (potentiell ? siehe Anlage 6) und läßt sich aus diesem Grund nur näherungsweise auf einen Konus übertragen.

Zeichnung „Längenänderung auf Grade „ (steht nicht zur Verfügung)

Bei der Überlegung dies Jarvis – Winden auf einen vollautomatisierten Betrieb einzurichten, sind wir zu dem Schluß gekommen, daß es notwendig ist, entweder die Form der Trommel in der Gestalt zu ändern, daß die Stäbe nach innen gewölbt sein müssen, oder es notwendig ist, die Brasstaljen über einen hydraulischen Druckmesser ein- bzw. auszufieren. (Siehe hierzu auch Kapitel 8 – Für und Wider des Motorenantriebs)

Zeichnung „innengewölbte Trommeln“



Um eine Rah ohne Spannungsänderungen in den Brassen mittels eine Jarvis – Winde zu bedienen, muß der Konus entsprechend der tatsächlichen Längenänderungen in den jeweiligen Brassituationen zwischen Vierkant und Hart angebrasst abgestimmt sein. Mit einer solchen Trommel ist es möglich das Ende des Brassdrahtläufers fest am Anschlagpunkt an der

<sup>11</sup> vgl. Middendorf, a.a.O., S.375

<sup>12</sup> vgl. P.C. Meerebroer, „De inrichting en werking van de braslier van Capt. J.C.B. Jarvis, Terneuzen, 1999

<sup>13</sup> vgl. Middendorf a.a.O, S.375

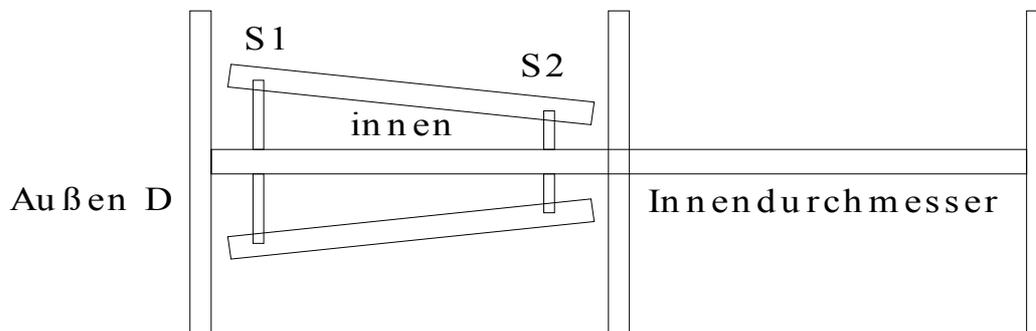
Reling oder dem Brassbaum zu belegen. Eine Brasstalje ist nicht mehr notwendig. Eine mögliche Materiallängung im Draht kann durch Einkürzen auf der Winde behoben werden.

Die Innenwölbung des Konus entspricht der Kurve der Umkehrfunktion, welche sich ergibt, wenn die Längenänderungen der Brassen in den jeweiligen Situationen erfasst werden.

Soweit zur Theorie.

Die Beschreibung Middendorfs bezüglich der Einstellung und Justierung der Trommeln durch Probieren haben wir auf der „Cisne Branco“ am eigenen Leib erlebt und es läßt sich nur feststellen, daß dieses Try-and Error-Prinzip natürlich einige Zeit und Geduld erfordert, da dies bedeutet, die Einstellung an den Scheiben vorzunehmen, um dann durch Brassen zu überprüfen, ob sie richtig ist. Ist sie es nicht, muß die Rah wieder in Vierkant gebracht werden und sämtliche Einstellungen verändert werden. Dabei lassen sich an den Trommeln ausgehend von der Grundeinstellung der Trommel die folgenden unterschiedlichen Möglichkeiten zur Veränderung des Neigungswinkels feststellen:

Zeichnung „Grundsituation der Trommel“



1. S1 wird nach innen verschoben und S2 bleibt gleich.

Dadurch wird der Neigungswinkel größer und pro Umdrehung ist die Aufnahme bzw. Ausgabe von Draht erhöht. Dadurch dreht sich die entsprechende Rah auch schneller um den Mast. Dabei verkleinert sich der Innendurchmesser und der Außendurchmesser vergrößert sich.

2. S1 wird nach innen verschoben und S2 ebenfalls.

Dabei vergrößert sich der Neigungswinkel stärker als im Beispiel 1.

Die Einnahme oder Ausgabe des Drahtes erfolgt noch schneller, die Geschwindigkeit der Rah erhöht sich entsprechend und der Innendurchmesser verkleinert sich stärker, der Außendurchmesser vergrößert sich entsprechend.

3. S1 bleibt in der Position, S2 wird nach außen verschoben.

Hier vermindert sich der Neigungswinkel des Konus, die Aufnahme bzw. Ausgabe von Draht verlangsamt sich, der Innendurchmesser wird vergrößert und der Außendurchmesser verkleinert. Die Geschwindigkeit der Rah ist vermindert.

4. S1 bleibt gleich, S2 wird nach innen verschoben.

Durch eine solche Einstellung wird der Neigungswinkel wiederum vergrößert, der Anfangsdurchmesser wird zwar verkleinert, aber der Enddurchmesser wird erhöht. Am Anfang wird zwar weniger Draht aufgespult, als in der Ausgangssituation jedoch ist die Aufnahme bzw. Abgabe pro Umdrehung erhöht und die Geschwindigkeit der Rah erhöht sich.

5. S1 und S2 werden nach außen verschoben.

Dadurch verringert sich der Neigungswinkel, der Innendurchmesser wird kleiner und der Außendurchmesser ebenfalls. Die Geschwindigkeit der Rah nimmt ab.

*Diese 5 Punkte sind teilweise unplausibel. Allgemein kann man zu dieser Problematik sagen, daß die Winkelgeschwindigkeit einer Rah sich vergrößert, wenn mehr Draht auf- und abgespult wird, also wenn die Durchmesser erhöht werden. Die Geschwindigkeit ist also nicht abhängig von der Konizität sondern nur von den Durchmessern der Trommeln.*

*Für den Fall, das aus der Vierkant-Position heraus angebrasst wird, gilt Folgendes:*

- *Werden die Brassen lose muß die Konizität vergrößert werden (S1 und/oder S2 nach innen)*
- *Kommen die Brassen steif muß die Konizität verkleinert werden (S1 und/oder S2 nach außen)*
- *Dreht sich die Rah zu langsam, müssen die Trommeldurchmesser vergrößert werden (S1 und S2 zum kleinen Durchmesser hin verschieben)*
- *Dreht sich die Rah zu schnell, müssen die Trommeldurchmesser verkleinert werden (S1 und S2 zum großen Durchmesser hin verschieben)*

Über diese unterschiedlichen Formen der Verschiebung der Scheiben kann also Einfluß genommen werden, wie viel Draht des Brassdrahtläufers auf der Trommel aufgenommen werden kann und mit welcher Geschwindigkeit die Trommelpaare bei gleicher Umdrehungszahl aller Trommeln den Draht ausgeben bzw. aufnehmen. Letzteres ist auch gerade dann von Bedeutung, wenn die Rahen in ihrer Bewegung synchronisiert werden sollen und eine gewünschte Brassituation, wie bspw. das Fächerbrassen, d.h. das Einstellen der Rahen in unterschiedlichen Winkeln zur Schiffsachse, zu einem beliebigen Zeitpunkt gewährt sein soll.

Auf der „Cisne Branco“ war es uns aufgrund der Tatsache, daß die Trommel ein wenig länger waren, als unbedingt erforderlich möglich einen weiteren Weg zur Synchronisierung zu wählen. Wir konnten die Belegpunkte des Drahtes auf den Trommeln verschieben. Dabei führte die Verlagerung des Drahtes nach innen zur Verlangsamung der Drehgeschwindigkeit der Rah und die Verlagerung nach außen zur Erhöhung. Auf diese Art und Weise war es uns einerseits möglich Zeit während der Justierung zu sparen und andererseits das gewünschte Ergebnis zu erreichen

Durch die Verbindung der herkömmlichen Jarvis – Winde mit einem Hydraulikantrieb auf der „Cisne Branco“ war die Justierung der Winde zum bestmöglichen Zustand, also der Situation mit den geringsten Spannungsänderungen in den Brassens, unbedingt erforderlich. Dies wird vor allem dann deutlich, wenn bedacht wird, wie sich die Kräfte, welche über die Hydraulik auf dieses System gebracht werden letztlich wirken.

Durch die Führung der Brassens wurde jede auf die Rahnock wirkende Kraft vervierfacht. Die Hydraulik, die den Betrieb ungemein erleichterte, sollte über Proportionalventile gesteuert werden, damit sie stufenlos schaltbar war und verfügte über eine Leistung von 200 KW. Letztlich unterblieb aus ökonomischen Erwägungen der Einbau der Proportionalventile, aber in der Folge bedeutete dies trotzdem, daß an den Rahnocken mit einer Kraft von 28 t gearbeitet werden konnte. Dieses auf einen Hebel von 16 m bedeutet eine ausreichende Kraft aufbringen zu können, die bei zu großer Spannung ausreichen kann, die Rahen zu verformen oder zu brechen.

Wir konnten uns selbst anschauen, welchen Effekt diese angesprochenen Kräfte bewirken, als durch die fehlerhafte Bedienung, ein Segel wurde während des Brassens anlässlich der Sea-Trials durch die Probefahrt – Crew der Werft nicht komplett los geworfen, eine Spannung aufgebaut wurde, die eine Unterrah flexibel verformte und ein Tauwerk zerriß, welches eine Bruchlast von etwa 3,6 t hatte. Das Geräusch und die Bewegung der Rah, die einem gespannten Bogen entsprach war wirklich nicht schön.

Es war nicht möglich innerhalb des Kostenzwanges, der sich während des Baus an der „Cisne Branco“ ergab, hydraulische Spannungsmesser und ähnliches einzubauen, also konnten wir auch dieses Problem nicht gänzlich beseitigen. Zur Zeit als Jarvis diese Winde erdachte, war es aber über den Handbetrieb nicht möglich diese Kräfte aufzubringen. Demzufolge ist ihm auch nicht anzulasten, daß eine solche Feinabstimmung nicht vorgenommen wurde. Damals reichte die Justierung über die Brasstälje und auch innerhalb eines halbautomatisierten Betriebes, wie er auf der „Cisne Branco“ vorgesehen war, läßt sich dieses gewährleisten. Im Hinblick auf die Einsparung von Kosten während des laufenden Schiffsbetriebes aber muß darüber nachgedacht werden, daß es weitere Möglichkeiten gibt, die eine solche Winde bietet. Dabei sollte auch nicht vergessen werden, daß es zwar andere Möglichkeiten gibt, Rahen über Winden zu bedienen jedoch diese meist kostenintensiver sind, als der Betrieb über die Jarviswinde.

Die Konsequenzen aus dem wahlweisen Einsatz der Jarvis – Winde im Handbetrieb oder im hydraulischen Betrieb waren aber nicht die einzige besondere Anforderung beim Einrichten der Winde auf der „Cisne Branco“. Wir mußten uns auch mit den Auswirkungen einer gedrehten Winde auseinandersetzen. Dies ergab sich aus der Situation, daß die ausführende Werft Veränderungen an den Aufbauten des Schiffes vorgenommen hatten, die wir beim Bau der Jarvis Winde nicht berücksichtigen konnten, da diese fertiggestellt waren, als die Änderungen vorgenommen wurde. In der Konsequenz bedeutete dies für uns, wir konnten die Winde für den Großmast lediglich um 180 Grad gedreht einbauen. Dies bedeutete aber auch, daß die Brassens auf den Trommeln nicht in der vorgesehenen Reihenfolge befestigt werden konnten, sondern auch diese verdreht waren.

Dies führte dazu daß die Brassdrahtläufer der beiden unteren Rahen teilweise gegeneinander reiben konnten und sich gegenseitig aus den Führungen auf der Winde drückten. Wir konnten dieses Problem lediglich durch eine gänzlich geänderte Führung der Großunterrahbrassen lösen.

Dabei wurde der Brassläuferdraht nicht an einen Führungsblock am hinteren Mast geführt, sondern auf einen Poller an der Schiffsreling. Von dort wurde er dann zu einem tieferen Punkt am Mast umgelenkt und über einen dort befestigten Block wiederum auf die Jarvis – Winde umgelenkt. Der relativ ungünstige Zugwinkel nach unten, der dabei entsteht, ließ sich dabei nicht vermeiden. Allerdings handelt es sich bei den Unterrahmen um feste Rahen, die einerseits nur eine geringe Möglichkeit haben aus der Horizontalen zu kippen, andererseits im einen justierten Brassystem mit der gleichen Kraft nach oben festgehalten werden, wie sie nach unten gezogen werden. (Das mag man unbewiesen kaum so hinnehmen) Die Scherungsbelastung auf dem Beschlag am Mast, die durch ein Kippen der Rah aus der Horizontalen verursacht wird, liegt nach unserer Einschätzung auch im Bereich der Materialtoleranzen. (?)

Zeichnung : Führung der Großbrassen (steht nicht zur Verfügung)

Insgesamt haben im Schnitt 2 bis 3 Personen 6 Wochen an der Installation und der Einrichtung der Brassens und Jarviswinden gearbeitet, bis sie auf der „Cisne Branco“ innerhalb der Gegebenheiten optimal arbeitete. Wir mußten dabei vieles von den Dingen, die Jarvis gewußt hatte, wieder erlernen, aber es lassen sich die Vorteile dieser Winde nicht von der Hand weisen, wenn bedacht wird, daß es uns möglich war, einen gesamten Top unter Zurhilfenahme der Hydraulik mit nur zwei Personen zu brassen. Eine Arbeit die unter günstigen Bedingungen mit dem drei- oder vierfachen an Personalaufwand verrichtet wird. Dieser Effekt dürfte auch Leisz damals bewogen haben, diese Brasswinden auf seinen Schiffen zu installieren. Im Lebenslauf von J.C.B. Jarvis wird schon aus früherer Zeit von einem Mann-über-Bord-Manöver berichtet, während dem es möglich war, den Großmast der „Lawhill“ mit nur zwei Mann Besatzung in kürzester Zeit backstehen zu lassen<sup>14</sup>, damit also das Schiff auf zu stoppen. Vermutlich war die körperliche Arbeit angesichts der Übersetzung von 1 zu 5 anstelle der 1 zu 7 Übersetzung und des Einsatzes der Hydraulik auf der „Cisne Branco“ eine wesentlich größere.

Jarvis werden weitere Neuerungen zugeschrieben, jedoch kann ich nicht beurteilen, in wie weit dieses korrekt ist, da sich diese Angaben nicht weiter bestätigen ließen. Ich empfinde allerdings allein die Entwicklung dieser Brasswinden als eine beachtliche Leistung. Es ist meiner Meinung nach zu bedauern, daß diese Winden im Zuge des Niedergangs der Frachtsegler derart in Vergessenheit geraten sind, daß es heute kaum jemanden gibt, der sich mit ihrer Bedienung und Wirkungsweise auskennt. Vor allem da die Ökonomischen Aspekte aus betriebswirtschaftlicher und arbeitsökonomischer Sicht nicht bestreitbar sind.

Etwa vier Monate nach der erfolgreichen Übergabe der „Cisne Branco“ wurde ein weiterer Neubau, das Schwesterschiff die „Stad Amsterdam“, mit entsprechenden Winden in den Dienst gestellt. Ich kann zu den dort befindlichen Winden nichts anführen, weiß aber das die Brass winden der „Cisne Branco“ ihre Funktionsfähigkeit seit der in Dienststellung bewiesen haben und von der brasilianischen Marine mit Stolz während der Open-ship-Tage vorgeführt werden.

Marcel Wurst

*Marcel Wurst ist ein ehemaliger Mitarbeiter der navcon GmhH und war als Rigger an der Montage der Takelage der „Cisne Branco“ beteiligt.*

<sup>14</sup> [http://pc-78-120.udac.se:8001/WWW/Nautica/Biography/GB/Jarvis,\\_JCB.html](http://pc-78-120.udac.se:8001/WWW/Nautica/Biography/GB/Jarvis,_JCB.html)

### 3. Festlegen der Brassführung

Wie die Brassen zwischen den Rahen und Masten und zu den Winden geführt werden, wenn normale Brasswinden (mit 6 Trommeln) verwendet werden, ist aus der **Anlage 1** ersichtlich.

Die Brassen der 3 unteren Rahen können bei diesem Schiff nicht wie üblich auf das Schanzkleid geführt werden, weil sie oberhalb der Rettungsboote und Kräne angebracht werden müssen, um diese nicht zu behindern. Sie werden deswegen auf Rohrbügel gesetzt, die die Boote überragen. (siehe **Anlagen 7 und 8**)

Grundsätzlich gilt, daß jede Brasse als Klappläufer geschoren werden muß, so daß sie 2 verschiedene holende Parten haben kann, von denen die Eine auf die Winde läuft und die Andere auf eine Talje oder einen Klappläufer aus Fasertauwerk gesetzt wird. Letztere dienen zum regulieren der Brassspannung und zur Kontrolle der Längenänderung, wenn die Rahen gefiert werden.

Die aus der **Anlage 8** ersichtliche Führung der Brassen wird im Folgenden einzeln erläutert:

- **Unterrahmen:** Beide Parten des Klappläufers laufen zu dem Bügel. Die holende Part der Talje wird auf die dahinter liegende Nagelbank geführt, und das Windenende der Brasse läuft zu einem Umlenckblock unter der Saling und von dort zu dem Mittleren der 3 großen Trommelpaare.
- **Untermarsrahmen:** Die Brassen werden so geschoren, wie die der Unterrahmen, d.h. beide Parten laufen an Deck zu dem Bügel. (Die obere Part des Brassläufers kann nicht zur Marssaling geführt werden, weil sonst die Luvbrassen der Royalpardune schamfilen würden – sie muß also weiter nach außen gelegt werden.) Das vordere der 3 großen Trommelpaare nimmt den Brassläufer auf.
- **Obermarsrahmen:** Die untere Part läuft nach unten zu der auf dem Bügel befestigten Talje und die obere Part zu einem zweiseibigen Umlenckblock zwischen der Bramsaling und der Obermarsrah (siehe **Anlage 7**) und wird von dort nach unten auf das hintere große Trommelpaar der Winde geführt (auf der mittleren Welle).
- **Unterbramrahmen:** Die untere Part läuft zu einem zweiseibigen Umlenckblock zwischen Bramsaling und Obermarsrah (durch den auch die obere Part der Obermarsbrasse läuft) und wird von dort nach unten auf das vordere äußere Trommelpaar geführt. Die obere Part fährt durch einen zweiseibigen Block über der Oberbramrah und läuft dann etwa parallel mit den Pardunen an Deck, wo sie auf ihre Talje gesetzt ist. Die Verlegung der oberen Parten zur Bramsaling würde die Häufung von Blöcken an dieser Stelle unzulässig vergrößern.
- **Oberbramrahmen:** Diese Brassen werden prinzipiell genauso geführt, wie die der Unterbramrahmen. Der untere Drahtläufer führt durch einen Umlenckblock zwischen Bramsaling und Obermarsrah (über dem zweiseibigen Block) und von da auf die Winde.

Bei der Festlegung der Brassführung in der Takelage muß darauf geachtet werden, daß die Brassen (auf ihrem Weg vom vorderen zum hinteren Mast) im hart angebrassenen Zustand nicht mit der hintersten Pardune in Berührung kommen. Dies gilt besonders für verhältnismäßig breite Schiffe. Falls die Gefahr besteht, kann dem dadurch begegnet werden, daß die Brasschenkel verlängert werden und/oder die Brassen am hinteren Mast höher oder weiter außen (ans Deck) geführt werden. Bei den 3 unteren Rahen wird davon ausgegangen, daß mindestens eine Part des Brassläufers zur Schiffsseite geführt wird.

Für die endgültige präzise Festlegung der Positionen der Umlenckblöcke und der genauen Führung der Brassen ist die Anfertigung einer 3D-Zeichnung oder eines Modells zu empfehlen.

Die Durchmesser der Brassen werden nach Middendorf<sup>15</sup> bemessen:

<sup>15</sup> vgl. Middendorf, a.a.O., Seite 375 ff.

Name der Rah	Rahlänge	Draht Umfang	Draht Durchmesser
Unterrah	32,00 m	63 mm	20 mm
Untermarsrah	30,20 m	60 mm	20 mm
Obermarsrah	27,70 m	57 mm	18 mm
Unterbramrah	24,40 m	51 mm	16 mm
Oberbramrah	21,20 m	44 mm	14 mm

#### 4. Ermittlung der Brass-Längen und der Trommelgrößen

Im Folgenden werden kurz die Änderungen beschrieben, die in der gegebenen Exceldatei nötig wurden, um auch die Brassen für die Bramrahen berechnen zu können.

Es wurden alle wichtigen Namen aus dem niederländischen übersetzt und ihre im Handbuch angegebenen Definitionen hinzugefügt, um das Verständnis zu erleichtern.

Im Eingabeblatt (Invoer) wurden die entsprechenden Zeilen für die beiden zusätzlichen Rahen hinzugefügt, wobei die Größe d weggelassen werden konnte (weil beide Parten der Klappläufer zum dahinter stehenden Mast führen und keine an Deck). Die neue Größe h5 wurde eingeführt, um den Umlenkpunkt der oberen Part zu definieren.

In allen anderen Blättern wurden die erforderlichen Felder für die Berechnungen der Brambrassen hinzugefügt und in derselben Weise, wie die Vorhandenen, verknüpft.

Anschließend wurden auf die, von Piet empfohlene, Art iterativ die Trommelgrößen ermittelt. Dabei traten Schwierigkeiten auf, wenn die Zahnräder der Mittelwelle und der Seitenwellen unterschiedliche Zähnezahlen hatten (z.B. 50 : 40 : 50, wie bei den handelsüblichen Winden um die Jahrhundertwende): Die Trommeln wurden dann (laut dem Programm) umgekehrt konisch, obwohl sie, der Logik folgend nur dicker und kürzer hätten werden sollen. Die Überprüfung der Ursachen ergaben, daß in dem Blatt „lier“ die Anzahl der Lagen mit dem Zähnezahlverhältnis multipliziert wurden (Zeilen 9 und 12). Die Anzahl der Lagen in diesem Blatt soll aber nur abhängig sein von den Größen der Trommel und der erforderlichen Brasslänge (die Lagenzahl bestimmt man ja durch das Verändern der Trommeldurchmesser iterativ). Nachdem die Formeln entsprechend verändert waren, funktionierte die Trommeleinstellung in „afstelling“ bestens.

Die **Ergebnisse** der Excel-Berechnungen sind in der **Anlage 9** dargestellt. (Die Bedeutung der Buchstaben und Kürzel gehen aus der Skizze auf Seite 18 in Piets Papier hervor.) Die Werte in der veränderten Exceldatei (siehe beigefügte Diskette) entsprechen denen der „France II Renaissance“, so daß die Entstehung der Ergebnisse dort nachvollzogen werden kann.

#### 5. Lastannahmen

Entscheidend für die Belastungen der Winden sind die Kräfte in den Brassen. Dabei werden grundsätzlich 2 Fälle unterschieden:

- Die Kräfte in den Brassen entsprechen den Bruchkräften dieser Drahtseile
- Die Kräfte in den Brassen werden für drei definierte Segelzustände (siehe 4.2) + einen Böenfaktor von zusätzlich 1 Beaufort ermittelt. Hiervon werden die größten Kräfte benutzt. Die Bauteile müssen so dimensioniert sein, daß eine annehmbare Sicherheit gegen plastisches Verformen gegeben ist.

##### 5.1 Berechnung der Bruchkraft der Winden

Die Bruchkräfte der Drahtseile werden der Tabelle 1.10 der GL Vorschriften für Riggkonzeptionen entnommen (6x36 Warrington Seale).

Name der Rah	Draht D	Bruchkraft
Unterrah	20 mm	221 kN
Untermarsrah	20 mm	221 kN
Obermarsrah	18 mm	181 kN
Unterbramrah	16 mm	143 kN
Oberbramrah	14 mm	109 kN
Gesamtbruchkraft :		875 kN

## 5.2 Berechnung der notwendigen Brasskräfte

Die Berechnung der Kräfte in den Brassschenkeln (nach den Vorschriften des GL<sup>16</sup> – siehe Anhang) wird in dem Blatt „GL Kräfte“ vorgenommen. Diese Kräfte werden für 3 verschiedene Fälle ermittelt:

- Fall 1: Beaufort 6, alle Rahsegel gesetzt
- Fall 2: Beaufort 8, Fock, Untermars und Obermars gesetzt
- Fall 3: Beaufort 10, Untermars gesetzt

Ausgehend von der Schiffsgeometrie und den vom GL vorgeschriebenen Formeln werden zunächst die Kräfte in den Segeln, und daraus resultierend die Kräfte an den Schenkeln der Brassen der verschiedenen Rahen ermittelt. Dabei wird berücksichtigt, wo die Brassen hinten seitlich befestigt sind (am dahinterstehenden Mast – also mittschiffs, oder an Deck – also auf halber Schiffsbreite). Der horizontale Winkel der Schenkel (also wo die Brassen höhenmäßig befestigt sind) wird erst im nächsten Rechnungsgang berücksichtigt.

Die Ergebnisse für einen Zustand (bei Windstärke 6 und allen Segeln) sind in der **Anlage 10** dargestellt.

Die Berechnung der Kräfte in den Brassläufern erfolgt in dem Blatt „Brasskräfte“. Es wird wie folgt verfahren: Die Kräfte in den Schenkeln werden aus dem Blatt „GL Kräfte“ in die erste Zeile geliefert und werden in der 3. Zeile in das Feld für den gegenwärtigen Zustand (z.B. 6 Beaufort) eingegeben. Dann werden in dem Blatt „GL Kräfte“ die Bedingungen für den nächsten Fall (z.B. 8 Beaufort) geschaffen, und die nun aktualisierten Ergebnisse aus Zeile 1 in das graue Feld des entsprechenden Zustandes eingetragen. So tut man für alle 3 Fälle. In den folgenden Zeilen des Blattes „Brasskräfte“ werden dann in Abhängigkeit von den Befestigungspunkten (und sich daraus ergebenden Winkeln) die Kräfte in den Brassläufern errechnet. Das sind die Kräfte, die in den 3 verschiedenen Zuständen auf die Brasswinden wirken.

Diese sind in der **Anlage 11** dargestellt.

## 5.3 Ermittlung der erforderlichen Untersetzung des Vorgeleges

Im folgenden soll, ausgehend von den Kräften in den Brassläufern, das erforderliche Moment an der Mittelwelle berechnet werden, um daraus, und aus dem ebenfalls zu ermittelnden vorhandenen Moment an der Antriebswelle, die Untersetzung des Getriebes zu erhalten.

### 1. Maximales Moment, das an der Antriebswelle aufgebracht wird:

Louis Lacroix schreibt in seinem Buch „Les Derniers Cap-Horniers Francaise“<sup>17</sup>, daß an den Kurbeln der Brasswinden der alten „France II“ 8 Leute gleichzeitig arbeiten konnten. D.h. die Handgriffe der Kurbeln waren wohl etwas länger als der Standard (= 550 mm – erlauben 2 Leute gegenüber + Einer an der Stirnseite). Gewöhnlich ist der Hebelarm einer solchen Kurbel etwa 350 mm (aus ergonomischen Gründen). Die Kraft, mit der ein Mann auf die Kurbel wirken kann wird mit ca. 40 kg angenommen (400 N).

Es ergibt sich also das maximale Moment an der Antriebswelle mit:

$$2 \text{ Kurbeln} * 4 \text{ Leute} * 400 \text{ N} * 0,35 \text{ m Hebel} = 1120 \text{ Nm}$$

Das erforderliche Moment an der Mittelwelle geteilt durch dieses Antriebsmoment ergibt die Mindestuntersetzung im kleinsten (1.) Gang.

### 2. Widerstand des Gesamtsystems

<sup>16</sup> vgl. GL , Bauvorschriften , I Schiffstechnik , Teil 4 , Kapitel 2 Moderne Riggkonzeptionen , Hamburg 1990

<sup>17</sup> vgl. Lacroix, Louis, „Les Derniers Cap Horniers Francaise“, Paris, 1922

Die Ergebnisse der Berechnungen zu den Punkten 2., 3. und 4. sind in der **Anlage 12** dargestellt.

Zur Näherung des Widerstands des Gesamtsystems (Reibung der Winden, Umlenkung und Reibung der Brassen, Reibung in den Beschlägen etc.) wird wieder die Viermastbark „Sedov“ als Vergleichsschiff herangezogen. Auf diesem Schiff können 2 Mann die baren Rahen (ohne gesetzte Segel) brassen und geraten darüber durchaus ins Schwitzen. Dazu muß bemerkt werden, daß weder die Zahnräder noch die Brassen der beobachteten Winde gefettet waren. Die Umlenkblöcke der Brassen haben Bronzescheiben, die auf Stahlbolzen laufen (keine Kugellager). Die Kraft pro Mann wird wieder mit 400 N, und der Kurbel-Hebel mit 0,35 m angenommen. Mittels der Zähnezahlen im benutzten Gang (der 2.) wird die Untersetzung zwischen der Antriebs- und der Mittelwelle ermittelt.

Der Gesamt-Reibungswiderstand auf der „France II Renaissance“ wird auf das 1,5-fache der „Sedov“ geschätzt: Statt der üblichen 3 Rahen werden auf der FR II 5 Rahen gebrast, die auch noch länger sind. Allerdings sind die Bramrahen wesentlich kleiner als die unteren Rahen und die Reibung bei der Umlenkung ihrer Brassen deswegen wesentlich geringer.

Das so berechnete Moment aus den Widerständen muß beim Betrieb der Winde zusätzlich zu dem Moment aus den erforderlichen Brasskräften aufgebracht werden.

### **3. Erforderliches Moment an der Mittelwelle**

Um die erforderlichen Momente an der Mittelwelle zu ermitteln, werden die Brasskräfte (für die 3 verschiedenen Fälle) mit ihren jeweiligen Hebeln (kleiner Radius der Trommel + Halber Drahtdurchmesser) und dem entsprechenden Verhältnis der Zähnezahlen der Verbindungszahnräder multipliziert. Diese Momente werden summiert. Das größte auftretende Moment an der Mittelwelle ergibt zusammen mit dem Moment aus den Widerständen das erforderliche Gesamtmoment an der Mittelwelle.

### **4. Zähnezahlen der Zahnräder**

Im kleinsten Gang (dem 1.) sollen die Leute mit der Winde in der Lage sein, die Rahen unter nahezu allen Umständen zu brassen, wobei im täglichen Betrieb der 2. Gang am häufigsten benutzt wird.

Im 1. Gang treiben die Leute an den Kurbeln über das kleine Antriebsrad (Standard = 5 Z.) das große Hilfsrad (25 Z.) an, das mit dem kleinen Hilfsrad (15 Z.) eine Einheit bildet. Dieses wirkt auf das Untere Antriebsrad (50 Z.), das auf der Mittelwelle befestigt ist. Auf der gegenüberliegenden Seite der Winde treibt das Verbindungsrad (40 Z.), das auf der Mittelwelle fest sitzt, die beiden Außenräder (50 Z.) an, die damit die beiden übrigen Wellen bewegen.

Das Untersetzungsverhältnis im 1. Gang muß also so groß sein, daß das durch die Kurbelknaben eingebrachte Moment an der Mittelwelle mindestens ebenso groß ist, wie das erforderliche Gesamtmoment an der Mittelwelle.

Wie aus der *Anlage 9* ersichtlich wird, ist die Untersetzung völlig ausreichend, wenn die Standard-Zahnräder (wie um die Jahrhundertwende üblich) verwendet werden, obwohl die Segelflächen ja doch recht groß sind und auch noch die Bramsegel mit der Winde gebrast werden.

Wenn man den Zustand betrachtet, in dem die größte Brasskraft erforderlich ist, wird allerdings schnell deutlich, daß die Bramsegel hierfür keine Bedeutung haben, weil bei den (definierten) 8 Windstärken nur noch die 3 unteren Segel stehen, die ja sonst auch (z.B. auf der ähnlich großen „Preußen“) mit den Brasswinden bedient werden.

## 6. Konstruktion der Winden

### 6.1 Abmessungen

Die *Anlage 13* zeigt die prinzipielle Konstruktion der Winden.

Die Konstruktion der 10-Trommel Brasswinden für die geplante Fünfmastbark „France II Renaissance“ erfolgt so nah wie möglich an den alten Vorbildern, wie sie Middendorf beschreibt und wie sie noch auf einigen Viermastbarken zu finden sind. Dies geschieht aus mehreren Gründen:

- Es sind bewährte Konstruktionen aus wenigen verschiedenen Bauteilen, von denen viele aus handelsüblichen Halbzeugen (Rundstahl, Winkel, Rohre...) bestehen.
- Falls es in der nahen Zukunft noch weiteren Bedarf an Brasswinden gibt, oder falls dem Eigner der FR II die Idee der 10-Trommel-Winden allzu verwegen erscheint, kann diese Konstruktion mit geringen Veränderungen benutzt werden.

Die Abmessungen von vielen Bauteilen (Winkel, Stangen, Rohre, Lagerblöcke, Schrauben, Scheiben, Stäbe etc.) werden also unverändert übernommen und hier nicht extra besprochen.

Selbst die meisten globalen Maße der Winden können (als Ergebnis der unveränderten Zahnradurchmesser – aus den Berechnungen der Brasskräfte und der erforderlichen Untersetzung) übernommen werden.

Die Länge der Stäbe (auf die die Brassläufer aufgewickelt werden) ergibt sich aus den Berechnungen der Trommeln (*Anlage 9*) und ist bestimmend für den Abstand der Wellenlagerblöcke, die von den Rahmen (Winkelstahl) gehalten werden:

- Das lichte Maß zwischen den Lagerblöcken der 6 großen Trommeln ergibt sich aus der folgenden Summe: maximale Stablänge (850 mm) + Luft (10+20 mm) + Unteres Antriebsrad (65 mm) + Bremse (65 mm) + Luft für die Bremse (10 mm) = 1020 mm
- Das lichte Maß zwischen den Lagerblöcken der 4 kleinen Trommeln ergibt sich aus: maximale Stablänge (600 mm) + Luft (2\*25 mm) = 650 mm

Die Höhe der Antriebswelle, auf der außen die Kurbeln befestigt werden, wird oft mit 900 mm über Deck angenommen, damit die Leute eine angenehme Höhe zum Kurbeln haben. Daraus folgend ergeben sich die Höhen der übrigen Wellen und sonstigen Bauteile.

### 6.2 Anordnungen

Im Folgenden werden einige Anordnungen hintergründig beleuchtet:

- **Verhältnis der Drehzahlen der Trommel-Wellen zueinander:** Die 3 trommel-tragenden Wellen werden untereinander mit 3 Zahnrädern verbunden. Bei den alten Winden hatte das Verbindungsrad (das Rad auf der mittleren Welle) 40 Zähne und die beiden anderen 50. Dadurch drehten sich die Außenwellen 4 mal, wenn sich die Mittelwelle 5 mal drehte. Dadurch wurde es möglich, daß die am stärksten belastete Brasse (die der Unterrah) in vielen kleinen Lagen aufgewickelt und somit das von der Welle zu ertragende Moment klein gehalten werden konnte. Würde man die Marsbrassen mit derselben Anzahl an Lagen aufwickeln bekäme man recht kleine Trommel-Durchmesser und damit u.U. bauliche Probleme (wie es bei den Trommeln der Brambrassen der Fall ist, wo jedoch andere, schmale Stäbe verwendet werden können).

Außerdem ist „Gut nachgemacht“ oft besser als „Schlecht selbsterfunden“. Diese Anordnung wird also übernommen.

- Anordnung der kleinen Trommeln:** Die Trommeln, auf die die Brambrassen aufgewickelt werden, werden auf denselben Wellen plaziert, wie die der Marsbrassen, damit (wie eben erläutert) die Brassen mit weniger Lagen aufgespult werden können, und somit die Trommeldurchmesser nicht zu klein werden. Die Stäbe, aus denen die kleinen Trommeln bestehen haben einen anderen (kleineren) Querschnitt, als die der großen Trommeln, damit diese kleinen Trommeldurchmesser baulich verwirklicht werden können (wenn die Unterkanten der (gegossenen) Stäbe dann doch gegen die Welle stoßen, muß eben am Ende der Stäbe eine Ecke abgeschnitten werden.

Alle konischen Trommeln werden so angeordnet, daß die kleinen Durchmesser nach innen zeigen. Dadurch soll vermieden werden, daß beim Aufwickeln der Brassen Lücken entstehen (was theoretisch möglich wäre, wenn die Konusse anders herum angeordnet würden, weil die Brassen ja fast von mittschiffs (nämlich der Marsstenge) kommen und somit eine natürliche Tendenz nach innen auf der Trommel haben). Allerdings befinden sich die Umlenklöcke der Brambrassen in 33 m Höhe über dem Deck und die Trommeln sich höchstens 1,50 m seitlich der Blöcke (Winkel =  $2,6^\circ$ ), so daß man diesen Einfluß nicht überbewerten braucht.
- Feststellmöglichkeiten:** Bei der gewöhnlichen Ausführung der Brasswinden haben die massiven Gußkörper des Verbindungsrades und der Unteres-Antriebsrad-mit-Bremstrommel-Einheit an den Außenseiten je 4 Ausschnitte, welche die Riegel aufnehmen. Die Letztgenannten werden zwischen den Winkelstählen des mittleren Rahmens hindurch- und in die Räder gesteckt, so daß die Mittelwelle (und damit auch die mit ihr verbundenen Außenwellen) blockiert sind. Diese Riegel müssen leicht von dem Volk an den Kurbeln zugänglich sein.

Bei dieser speziellen Winde müssen demzufolge extra „Blockierscheiben“ an den äußersten Enden der Mittelwelle vorgesehen werden, weil es zu umständlich ist, die Zahnräder zu erreichen. Je nachdem, wie teuer die Herstellung der Gußformen (oder anderweitige Fertigung) ist, kann das Verbindungsrad als Blockierscheibe ausgeführt (und noch 2 mal angefertigt) werden, oder es werden besondere Scheiben entworfen und hergestellt. Die letztgenannte Version ist natürlich eleganter, aber die andere Methode hat sicherlich einige Vorteile (wie Redundanz und Einfachheit), und die Zahnräder können ja auch mit einem Schutzblech abgedeckt werden, so daß sich niemandes Zöpfe reinwickeln.
- Die Winde am Besanmast (Achtermastbrassen):** Die Winde am Besanmast steht nicht, wie bei den anderen Masten, hinter dem Mast, sondern davor – weil den Platz dahinter ja das Besansegel beansprucht. Die Hilfswelle und die Bremse werden deswegen (um die Mittelwelle) gespiegelt angeordnet, so daß sie sich auf der Vorderseite dieser Winde (also wie üblich der Mastabgewandten Seite) befinden. Außer den Schutzblechen müssen dafür keine Bauteile verändert werden, sie werden nur anders herum angebaut.
- Schutzbleche:** Die Zähne der Zahnräder sollten in der Regel gefettet sein (die Zahnräder auf der „Stad Amsterdam“ wurden allerdings aus Bronze und Niro gefertigt (so daß je Bronze auf Niro abrollt) und werden nicht gefettet). Aus Sicherheitsgründen und um die Berührung mit diesen schmutzigen Teilen zu vermeiden, werden die Zahnräder (soweit möglich) mit Schutzblechen abgedeckt (die Bleche folgen in geringer Distanz dem Verlauf der Laufflächen der Zahnräder). Die Anbringung dieser Bleche ist deswegen nur bedingt möglich, weil die Räder auf der Hilfswelle und das kleine Antriebsrad (mit seiner Welle) verschieblich sind und mit dem über sie gestülpten Halteblech in ihrer jeweiligen Position fixiert werden (so daß sie nicht durch Bleche abgedeckt werden können).
- Lager :** Zwischen den Wellen und den Lagerblöcken, durch die sie laufen, werden Bronzebuchsen vorgesehen. Auf den alten Winden war es üblich, schräg von oben Löcher bis zur Welle zu bohren und durch diese Öl einzufüllen, und damit die Wellen zu schmieren. Durch diese Löcher läuft aber auch Regenwasser und wäscht das Öl heraus und führt zu Korrosion, wenn nicht sehr häufig und regelmäßig nachgeölt wird (wobei das Öl auch unten aus den Lagern wieder herausläuft). Praktischer sind Schmiernippel anstelle der offenen Löcher, so daß das Fett zwischen Buchse und Welle gepresst werden kann und dort auch bleibt (erstmal).

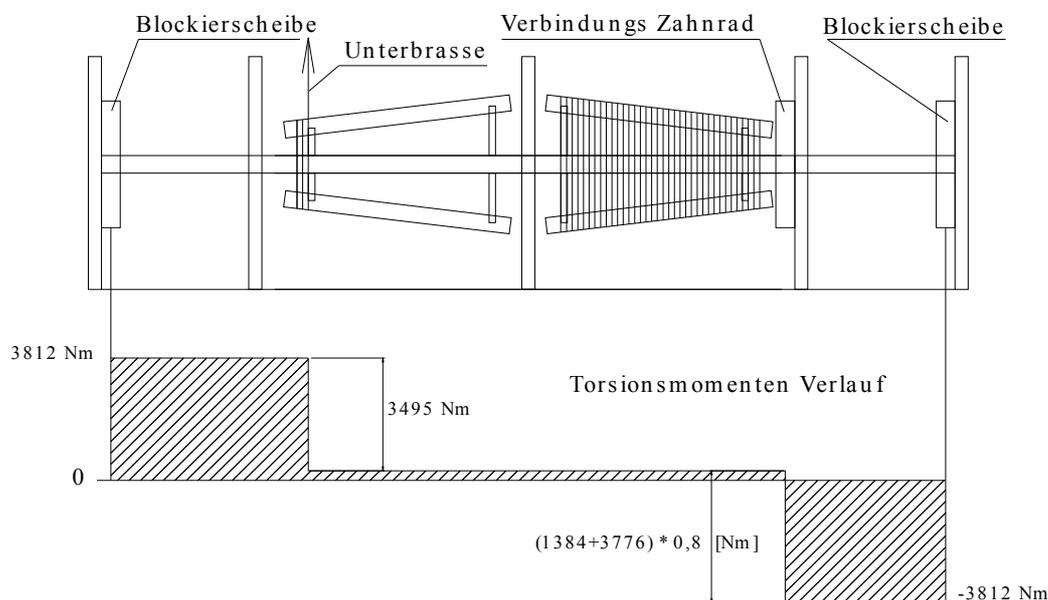
## 7. Spannungsnachweis

Bei der Betrachtung der Festigkeit der Winden erscheinen 2 Dinge kritisch:

- Die in der Mittelwelle entstehende Schubspannung durch die Torsion aus der Summe der Momente, die aus den Brasskräften herrühren.
- Die Schubspannungen in den Zähnen der Zahnräder auf den Außenwellen, die durch die Übertragung der Momente von den Außenwellen zur Mittelwelle entstehen.

Die Berechnungen sind in den **Anlagen 14 und 15** dargestellt.

Die Mittelwelle wird an ihren Enden durch die Blockier-Scheiben (in denen die Stopperriegel stecken) arretiert. Diese beiden Scheiben wirken den Momenten entgegen, die durch die Unterbrasse und die Zahnräder der Außenwellen eingebracht werden. Das maximale Torsionsmoment in der Mittelwelle ist halb so groß, wie die Summe aller eingebrachten Torsionsmomente (aus den verschiedenen Brassen, die auf ihre Trommeln wirken). Der Momentenverlauf sieht wie folgt aus:



Zur Spannungsermittlung in der Welle werden **1.** die Momente aus den Bruchkräften der für die Brassläufer benutzten Drahtseile benutzt, sowie **2.** die Momente aus den Brasskräften für die 3 Verschiedenen Besegelungsfälle + Böenfaktor. (Dazu werden die Brasskräfte ermittelt, die durch die definierten gesetzten Segel (1.Fall → alle Rahsegel , 2. → UR, UM und OM , 3. → UM) entstehen, wenn eine Windstärke mehr einfällt ( 1.Fall → 7 Beaufort , 2. → 9 B. , 3. → 11 B.)).

Weil sich im Verlauf der Berechnungen zeigte, daß die Spannungen für den Fall des Brassenbruchs viel zu hoch wurden, werden auch die Spannungen für den Fall einer originalen Brasswinde (um 1900) ermittelt, um die rechnerischen Ergebnisse besser mit den empirischen Werten vergleichen zu können. Dazu werden als

Bruchkräfte für die Drahtseile die von Middendorf (Seite 346)<sup>18</sup> gemachten Angaben verwendet, und es wird hierbei davon ausgegangen, daß nur die 3 unteren Rahen auf die Winde laufen.

### **Beschreibung der Excelberechnungen: (Anlage 14)**

Um die Brasskräfte für die 3 verschiedenen Segel-Zustände zu erhalten, werden die Ausgangswerte (Brasswinkel in „Invoer“ und Windstärke sowie gesetzte Segel in „GL-Kräfte“) eingestellt. Die Ergebnisse daraus (Kräfte in den Brassläufern) werden in die 2. Zeile geliefert und per Hand in die 5. Zeile (in die grauen Zellen) eingegeben.

Darunter werden die Kräfte in den Schenkeln und (daraus folgend) in den Läufern errechnet (unter Berücksichtigung der vertikalen Zugwinkel).

Die Torsionsmomente an den Wellen werden mit den Brasskräften und den geometrischen Gegebenheiten der Winde (im Blatt „Trommel“ ermittelte Durchmesser, Drehzahlverhältnis der Wellen zueinander) berechnet. Die Bruchkraft der Brassdrähte wird der GL Tab. 1.10 aus den Vorschriften für Riggkonzeptionen<sup>19</sup> entnommen. Von den 3 Segelfällen wird das größte ermittelte Moment benutzt.

Das maximale Torsionsmoment in der Mittelwelle wird jeweils mit der Hälfte der eben berechneten Momente angenommen (weil durch die beiden Blockierscheiben 2 „Gegenmomente“ wirken). Mit dem Wellendurchmesser wird das Torsionswiderstandsmoment berechnet und die Spannungen ergeben sich aus Torsionsmoment geteilt durch Widerstandsmoment.

Um die Kräfte an den Zähnen der Zahnräder zu ermitteln, die die Momente der Außenwellen auf die Mittelwelle übertragen, werden die örtlichen Momente (die aus den entsprechenden einzelnen Brasskräften resultieren) durch den Radius der (gleichgroßen) Zahnräder geteilt. Durch das anschließende Teilen durch die (mit Breite und Dicke ermittelte) Querschnittsfläche des Zahnes ergeben sich dann die Spannungen.

### **Ergebnisse:**

Aus den Berechnungen geht hervor, daß das größte Torsionsmoment (abgesehen vom Bruch) im 2. Segelfall entsteht, also wenn eine Böe von 9 Beaufort (23 m/s) in die noch an jedem Mast stehenden 3 unteren hart angebrassten Rahsegel einfällt. Unter diesen Umständen wird das Schiff sehr schnell und stark krängen, so daß die Kräfte in den Brassen nur kurzzeitig ihren hier berechneten Wert erreichen. Bei normalfestem Stahl als Material für die Bauteile der Winde (höchste zul. Schubspannung = 135 N/mm<sup>2</sup>) und der ermittelten Spannung von 90 N/mm<sup>2</sup> ergibt sich eine Sicherheit gegen plastische Verformung von 1,5. Das ist eine relativ geringe Sicherheit, wenn man die große Wichtigkeit der Winden für das Funktionieren des Schiffes betrachtet, allerdings kann man davon ausgehen, daß eher das Obermarssegel in Stücke geht (falls das Schiff selbst dem Druck nicht schnell genug ausweicht).

Der Bruchkraft der 5 Brassdrähte hat die Mittelwelle erwartungsgemäß nicht viel entgegenzusetzen (Sie müsste einen Durchmesser von mindestens 125 mm haben, um der entstehenden Torsion zu widerstehen).

Das ist nicht überraschend, aber ist es auch zulässig? Denn wie es aussieht, hätte auch zu Middendorfs Zeiten die Welle dem Bruch der 3 Brassen nicht standgehalten. Wie schon gezeigt wurde, unterscheiden sich die tatsächlichen Spitzenbelastungen der neuen 10 Trommel-Winde und der alten Winden nicht. Sie sind nur abhängig von der Größe und Anordnung der Segel und der Takelage. Da diese Größen vergleichbar sind mit denen von bewährten Schiffen, wie z.B. der „Preußen“, der „Potosi“ und natürlich der alten „France II“, müssen auch die auf die Brasswinden wirkenden Kräfte vergleichbar sein (es ist wohl kaum zu vermuten, daß die Schiffe heute härter gesegelt werden als damals). Es stellt sich also die Frage, ob durch das Wirken der Segel in den Brassen überhaupt eine Kraft entstehen kann, die der Bruchkraft nahe kommt.

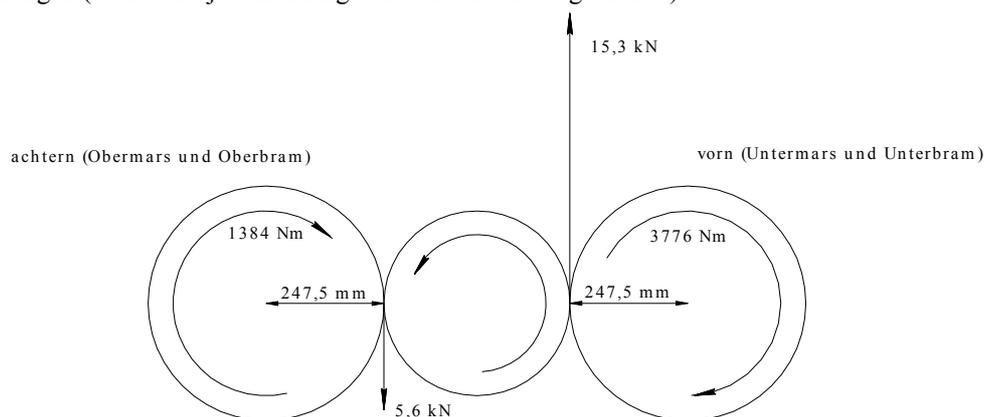
Deshalb wird folgendes Szenario durchgespielt: Die Rahen des Fockmastes sind vierkant gebrast (so daß die krängende Kraft der Segel relativ gering ist, obwohl das stehende und laufende Gut das Seinige dafür tut), es stehen noch alle Rahsegel und die Windstärke beträgt 11 Beaufort (31 m/s). Die aus der Torsion folgende Spannung in der Mittelwelle würde 110 N/mm<sup>2</sup> betragen und die Sicherheit gegen plastisches Verformen betrüge immer noch 1,23 (*siehe Anlage 15*). Der althergebrachte Durchmesser der Wellen (60 mm) wird also als ausreichend angesehen.

<sup>18</sup> vgl. Middendorf, a.a.O., Seite 346

<sup>19</sup> vgl. GL, Bauvorschriften, I Schiffstechnik, Teil 4, Kapitel 2 Riggkonzeptionen, Hamburg 1997, Tab. 1.10

Zu den Zahnrädern: Gewöhnlich beträgt die Breite der Zahnräder an Brasswinden 2,5 Zoll (63,5 mm). Die Dicke der Zähne ergibt sich aus dem mittleren Umfang der jeweiligen Zahnräder und der Zähnezahl. Eine „Wellenlänge“ =  $495 \text{ mm}$  mittl. Durchmesser \*  $\pi$  / 50 Zähne = 31,1 mm. Diese Entfernung entspricht einem Zahn und einer Lücke auf dem mittleren Umfang, d.h. die Dicke des Zahns ist an der Auflagestelle etwas geringer als die Hälfte davon = 15 mm. Daraus ergibt sich die Querschnittsfläche von  $945 \text{ mm}^2$ .

Die aus den Torsionsmomenten der Außenwellen und dem Zahnradradius ermittelten Kräfte (siehe untenstehende Skizze) führen zu Schubspannungen in den Zähnen, die im Segelfall niedrig liegen (**Anlage 14** unten). Beim Bruch der Brassen ergeben sich für die Jahrhundertwendenwinde, wie auch für die Neuzeitliche zu hohe Spannungen (aber da ist ja schon längst die Mittelwelle abgedreht...).



Alle anderen Bauteile (z.B. Schrauben) können leicht unter Zuhilfenahme der schon verwendeten Kräfte und Momente dimensioniert werden.

Bei der Konstruktion der Bandbremse ist zu beachten, daß sie in beide Drehrichtungen belastet wird, d.h. die Befestigung am (und durch das) Deck (2 Flacheisen) wird nicht nur auf Zug sondern auch auf Druck beansprucht und muß somit auf Knickung berechnet werden.

## 8. Argumente für und gegen den Antrieb von Brasswinden mit hydraulischen oder elektrischen Motoren

Im Folgenden werden pro und contra des Handantriebs im Vergleich mit dem kombinierten Motoren- und Handantrieb erläutert. In einer vorläufigen Spezifikation für die „France II Renaissance“ wurde ein motorischer Antrieb für die Brasswinden gewünscht. Die Vor- und Nachteile desselben sollten aber sorgfältig abgewogen werden. Dazu werden hier ein paar Anregungen gegeben:

### 1. Erforderliche Mannschaft

Das am häufigsten vorgebrachte Argument für den Motorenantrieb von Brasswinden (Hydraulik- oder Elektromotoren) ist die Personaleinsparung. Für die Bedienung einer so ausgestatteten Winde wären 2 Leute ausreichend: Nachdem ein Mann die Taljen der unteren Leebrassen (Unterrah, Unter- und Obermarsrah) und der Andere die der oberen Leebrassen (Unter- und Oberbramrah) ein wenig gefiert hat, übernimmt der Eine die Bremse an der Winde und der Andere den Schalter und das Brassen kann beginnen.

Allerdings ist die Mannschaftersparnis bei Winden mit Motorenantrieb gegenüber Winden mit Handantrieb nicht so groß, wie es zunächst scheinen mag. Für die Bedienung einer handbetriebenen Winde (mit 10 Trommeln) sind notwendig:

- **Bei baren Rahen (keine Rahsegel gesetzt)** → 4 Leute pro Winde: Die Leetaljen und die Bremse werden gefiert und die 4 Leute kurbeln. D.h. alle 4 Masten können durch 16 Leute gleichzeitig gebrast werden.
- **Unter normalen Bedingungen (Rahsegel entsprechend den Wetterverhältnissen gesetzt)** → 7 Leute pro Winde: Einer an der Bremse und 6 Leute kurbeln. D.h. 2 Masten können mit den 16 Leuten gleichzeitig gebrast werden (was in etwa 3-5 min dauert).
- **In einer Wende** → Die 3 mittleren Masten können leicht gleichzeitig gebrast werden (weil der Wind die Rahen herumdückt): so dass zunächst nur je Einer an der Bremse und 4 an den Kurbeln (Summe = 15 Leute) arbeiten müssen. Danach gehen die Leute zum Großmast und können den Fockmast umbrassen: Einer an der Bremse, 8 Leute kurbeln und die anderen stehen bereit, um nötigenfalls die Leute an den Kurbeln abzuwechseln (Summe < 16 Leute).

Summiert man für diese 3 Fälle die erforderlichen Mannschaften auf, so kommt man für den Handbetrieb auf insgesamt 16 und für den Motorbetrieb auf 8 Leute.

Man könnte argumentieren, dass beim Motorenantrieb der Mann an der Bremse ja überflüssig ist, weil der Motor die Winde bremsen kann, aber dabei würde man außer Acht lassen, dass ja auch beobachtet werden muss, was einerseits im Rigg und andererseits auf den 10 Trommeln der Winde vor sich geht, was einen Mann allein schnell überfordern könnte.

In jedem Fall müssen vor dem betätigen der Winde die Taljen der Leebrassen ein wenig gefiert werden, um eventuell auftretende Spannungsunterschiede in den Brassens auszugleichen und um die Gesamtreibung zu verringern.

## 2. Technik

Der Handbetrieb (der in der motorengetriebenen Version als Notantrieb auch vorhanden sein muss) besteht aus leicht durchschaubaren mechanischen Bauteilen und ist, wenn er regelmäßig benutzt wird, sehr zuverlässig und haltbar (die Winden auf der „Sedov“ und auf der „Krusenstern“ funktionieren seit 80 Jahren). Die meisten Bauteile sind genormte Halbzeuge, die, falls notwendig, leicht ausgetauscht werden können.

Beim Motorenantrieb müssen die Motoren stufenlos regelbar sein. Deswegen kommen nur frequenzgesteuerte Elektromotoren oder Hydraulikmotoren mit Proportionalventilen in Frage. Diese sind in der Konstruktion, Anschaffung, im Unterhalt und der Reparatur natürlich aufwendiger als der Handantrieb (der ja zusätzlich vorhanden sein muss). (Der Unterhalt wird u.a. dadurch verteuert, dass das erforderliche Personal besser ausgebildet sein muss und deswegen sicherlich mehr Heuer verlangen wird.)

## 3. Kontrolle der Kräfte

Im Handbetrieb erfolgt die Kontrolle der durch die Winde ins Rigg eingebrachten Kräfte auf natürliche Weise: Wenn die Winde zu schwer geht werden die Leute langsamer oder hören ganz auf zu kurbeln, und sehen nach, wo es hakt.

Wenn in der Wende der Fockmast Stück für Stück herum gebrast wird, so entspricht der Kraftaufwand über dem Brassweg in etwa dem physischen Zustand der Männer (anfangs kräftig, später eher weniger). Für den Fall, dass die Leute eher am Ende sind, als die Rahen, sollten die Ersatzleute einspringen.

Auf diese Weise ist in jedem Fall sicher gestellt, dass die Rah nicht durch die Krafteinwirkung an der Winde gegen die Pardunen schlägt und Schaden anrichtet. (Das dies nicht durch das Herumschwingen der Rahen infolge des Winddruckes (an den mittleren 3 Masten) geschieht, liegt in der Hand des Mannes an der Bremse.)

Für die Ausrüstung und Bedienung von Winden mit Motorenantrieb gilt allgemein, dass der Ausbildungsstand und die stete Aufmerksamkeit der Leute, die sie bedienen im selben Grade steigen muss, wie die durch die Winden erzeugte Kraft.

Die Rückmeldung der durch die Brasswinden im Rigg erzeugten Kräfte sind anfangs nur zu sehen (später dann auch zu hören: Zeng!), aber keinesfalls zu spüren. Momentenbegrenzer in der Windensteuerung sind sinnvoll, um im Verlauf des Brassens auf entstehende unzulässige Spannungen hinzuweisen. Allerdings müssen sie natürlich so eingestellt sein, dass die Winde die erforderlichen Kräfte (Aufbrassen bei Starkwind) auch aufbringen kann. Dass dieselben Kräfte aber beim Anbrassen (wobei der Zugwinkel der Leebrassen noch effektiver wird) die Rahen gegen die Pardunen ziehen, kann (automatisch) nur ein Endlagenschalter verhindern. Die Möglichkeit, dass im späteren Schiffsbetrieb jemand nach eventuellen wiederholten Unterbrechungen beim Brassens durch den Momentenbegrenzer, diesen zu seinen Gunsten verstellt oder gar ausschaltet, soll nur kurz erwähnt werden.

#### 4. Handhabung

Die Wende ist das schwierigste Manöver mit einem großen Rahsegler und läuft stark vereinfacht etwa so ab: Man geht in den Wind und wenn die Rahsegel auf der alten Luvseite back stehen, aber auf der alten Leeseite noch voll stehen, werden außer dem Fockmast alle vollgetakelten Masten rundgebrasst (auf der anderen Seite hart angebrasst). Der Winddruck in den Segeln lässt die Rahen herumschwingen und man braucht meist nur die Lose aus den Brassen zu holen. Den Fockmast lässt man back stehen, so dass der Bug herumgedrückt, und das Schiff zum Abfallen auf dem neuen Bug gezwungen wird. Erst, wenn die Rahsegel der hinteren Masten fast voll stehen, werden die Rahen des Fockmastes Hand über Hand herumgeholt.

Im Handbetrieb erfolgt dieses relativ schnelle Herumschwingen der hinteren Rahen entweder im größten Gang der Winde (geringste Untersetzung ca. 1,2-fach), der in Sekundenschnelle von den Kurbeln aus eingelegt werden kann (indem die Antriebswelle verschoben wird) oder man lässt kurzzeitig die Kurbeln los und kontrolliert die Winde nur mit der Bremse.

Erfolgt dieses Umbrasen der Rahen an den hinteren Masten zu langsam, so wird das Schiff durch die vierkant back stehenden Segel stark aufgestoppt und unter Umständen misslingt die Wende. Bei der Auslegung eines Motorenantriebs muss dies berücksichtigt werden, d.h. der Antrieb muss in der Lage sein den ganzen Topp in Sekunden herzubrasen (wenn es leicht geht), oder der Motor muss schnell und zuverlässig ein- und auszukuppeln sein, so dass man die Rahen ungehindert selbst herumkommen lassen kann.

Auch beim Motorenantrieb ist natürlich darauf zu achten, dass die Geschwindigkeit der Rahen zum Schluss abnimmt und sie nicht gegen die Pardunen schlagen.

#### 5. Notbetrieb

Wie schon häufiger erwähnt, ist bei einer Motorengetriebenen Brasswinde der Handbetrieb als Notbehelf unbedingt notwendig. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird im Bordalltag aber der Motorenantrieb benutzt werden und nur hin und wieder (wenn überhaupt) der Handantrieb. Das kann zu zwei Dingen führen:

1. Durch die Kraftübertragung vom Motor zur Winde (Kette, Zahnräder o.ä.) erhöht sich der Widerstand der Winde im Handbetrieb.

Als Beispiel hierfür sollen die Winden der „Cisne Branco“ dienen: Die Übertragung von dem Hydraulikmotor zur Winde erfolgt mittels einer Kette („dicke Fahrradkette“). Von dem Eigner wurde das vorhandene Spiel bemängelt; also wurden die Ketten stärker gespannt. Das führte dazu, dass die Reibung derart zunahm, dass auf diesem 50 m langen Schiff 2 Leute kaum in der Lage waren, die baren Rahen zu brassen.

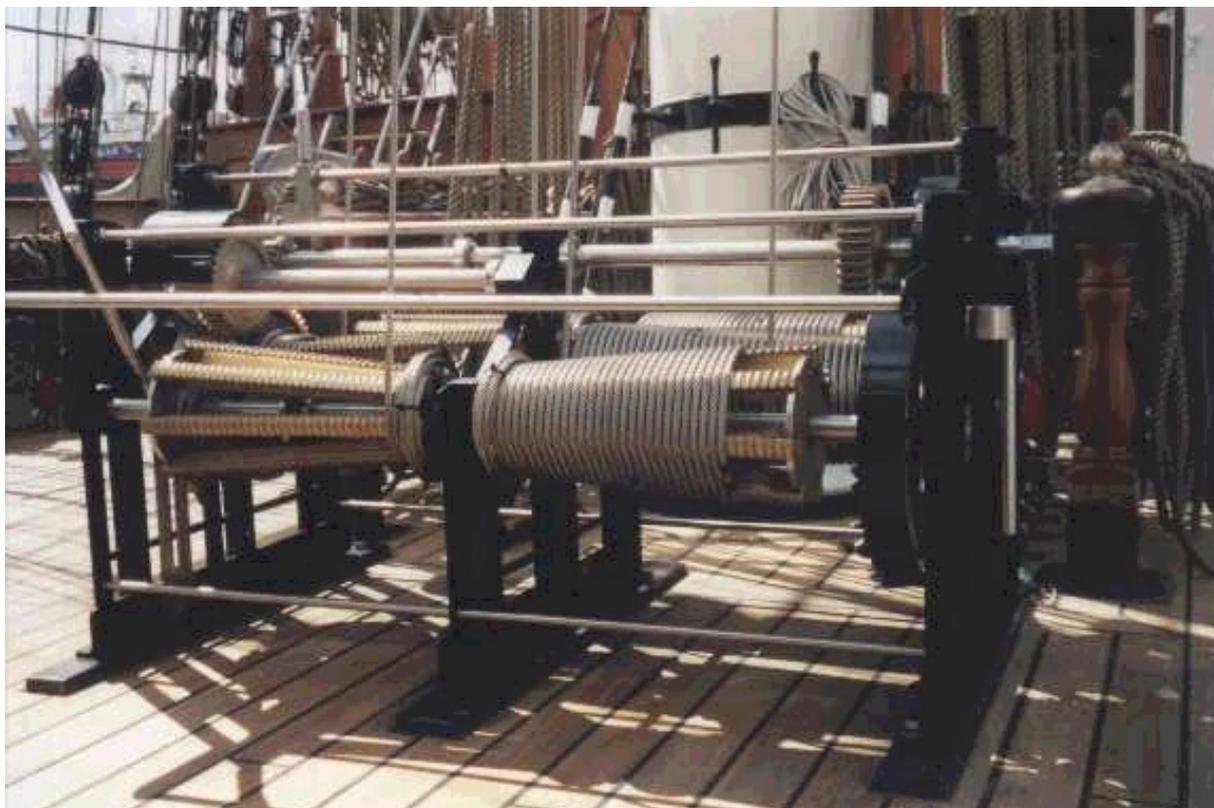
Dieser Aspekt muss konstruktiv bedacht werden.

2. Es ist eine allgemeine Erscheinung, dass Dinge, die nicht benutzt werden, verkümmern. Je seltener der Handantrieb benutzt wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass er beim Schmieren übersehen wird, dann fest rostet und anschließend dick übermalt wird, so dass sich kommende Generationen fragen, wozu denn die oberste Welle da ist.

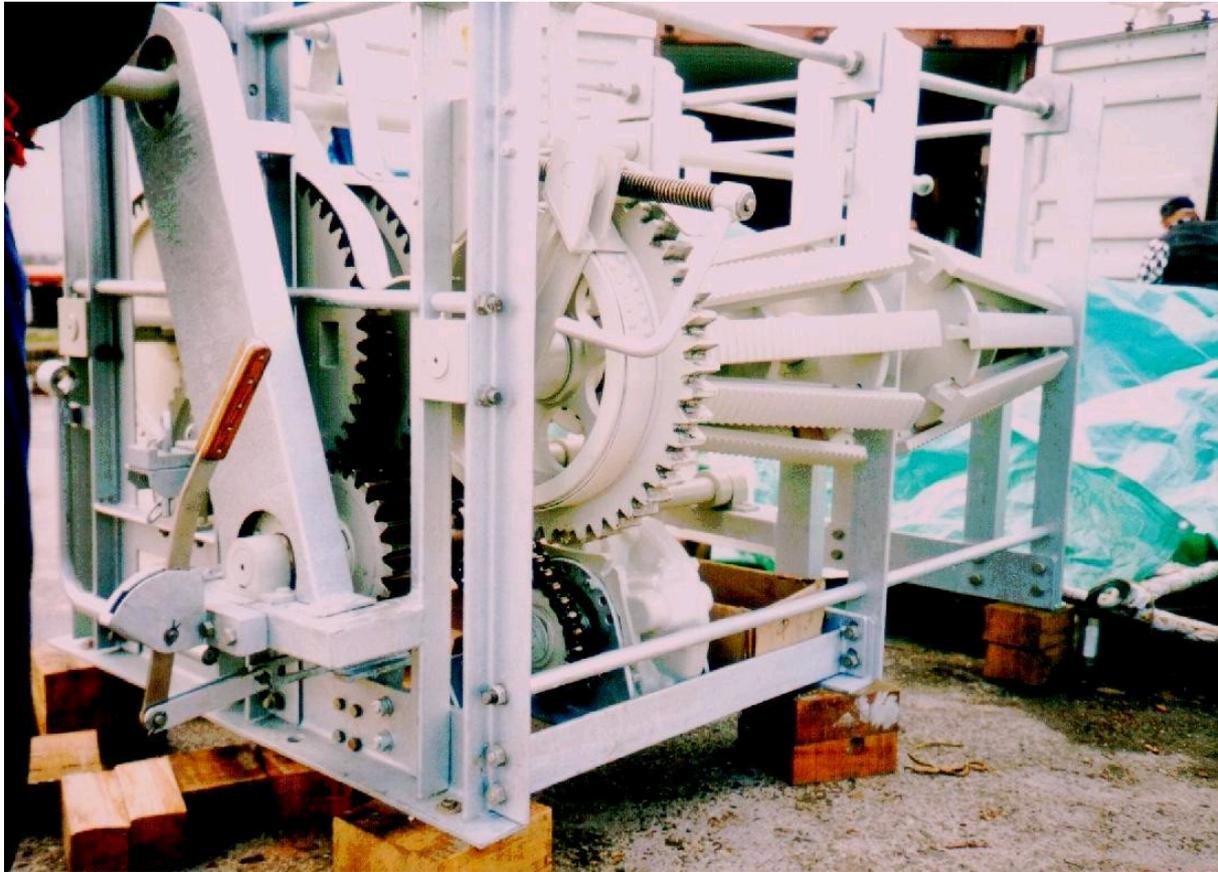
Das kann sicherlich leicht vermieden werden, muss es aber auch, denn falls nur ein Windenmotor Schwierigkeiten macht, und der Handantrieb nicht bereit ist, dann ist das Schiff segeltechnisch funktionsunfähig.

## 6. Schlussbetrachtung

Obwohl in der Schlussphase der kommerziellen Segelschiffahrt der Antrieb der zahlreichen Deckswinden mit Dampf oder Petroleummotoren möglich und üblich war, wurden doch nie Versuche gemacht, Brasswinden auf diese Art anzutreiben (etwa durch Kettentransmission). Und auch von den beiden neuen Brasswinden, die in den letzten Jahren für die „Stad Amsterdam“ und die „Cisne Branco“ gebaut wurden, hat, paradoxerweise, die Winde für den weniger stark bemannten der beiden Klipper nur einen Handantrieb, während die Winden des brasilianischen Marineschulsschiffes mit einem hydraulischen Antrieb versehen wurden. (Ob ein so kleines Schulschiff überhaupt Brasswinden haben sollte, sei mal dahingestellt).



**Brasswinde auf der „Stad Amsterdam“** (Gold und Geschmeide, wohin man schaut): Die Winden wurden aus Nichtrostendem Stahl und Bronze gefertigt. Die angrenzenden Zahnräder bestehen jeweils aus unterschiedlichem Material, so daß stets Niro auf Bronze reibt. Die Bauweise entspricht der Althergebrachten, aber weil die Trommeldurchmesser relativ klein sind, wurden überall nur 7 Stäbe (statt 9 für dicke Trommeln) verwendet. Auch die Brassen bestehen aus Niro-Draht.



**Brasswinde der „Cisne Branco“** vor der Montage in Amsterdam. Beachte die vielen großen Zahnräder des Getriebes, unter der Bremse ist der Hydraulikmotor mit der Kette zu sehen. Unter dem Schutzblech hinter dem Kupplungshebel läuft eine andere Kette, die die Kraftübertragung von der Antriebswelle zum Getriebe übernimmt. Die Rahmen sind feuerverzinkt und die anderen Bauteile mit Farbe beschichtet.

In der *Anlage 13* ist die Konstruktionszeichnung der Winden der „Cisne Branco“ dargestellt. Die Konstruktion stammt aus der Feder des ehemaligen navcon GmbH-Mitarbeiters Peter Brüning (Maschinenbau Ingenieur): Die Trommeln drehen alle gleichschnell, das Getriebe ist völlig anders gestaltet und untersetzt, die Zahnräder sind alle auf einer Seite der Winde, die Bremse ist an einem Rahmen befestigt (statt an einem durch das Deck geführten Bolzen), je 3 Scheiben unterstützen die Stäbe (statt 2).

Die von Manchen angedachte Variante , Brasswinden so weiter zu entwickeln und zu perfektionieren, dass sie vollautomatisch (z.B. von der Brücke aus) gefahren werden können, scheint mir unausgereift und bedingt sinnvoll.

- Unausgereift, weil einige geometrische Probleme von Rahseglertakelagen in der „zentimetergenauen Berechnung“ offenbar vernachlässigt werden. So z.B. das Dumpen der Rahen (Drehen der Rahen um die Schiff längsachse (x-Achse)), oder die Brasslängenänderung der fieberbaren Rahen, oder das notwendige Fieren der Geitau und Gordinge in Lee beim Umbrassen, von Störungen, wie Überläufern oder Lücken, beim Aufwickeln der Brassen auf die Trommeln mal ganz abgesehen. Die Parten der Brassläufer, die nicht auf die Winde gehen, müssen immer verstellbar sein, und wenn dies ebenso automatisch erfolgen soll (z.B. mit einzelnen kaptiven Winden), könnte man die Brassen auch gleich mit diesen holen und sich die Jarvis-Winden sparen.
- Bedingt sinnvoll scheint mir der potentielle automatische Betrieb von Brasswinden, weil die dadurch beabsichtigte Mannschaftsreduzierung zu weit führen würde: Denn z.B. für das Einpacken eines ca. 0,5t schweren Untersegels (z.B. der Fock) auf einer 100 m langen 4 Mast Bark sind, bei einigem Wind, etwa 15 Mann erforderlich (wenn erst die eine Seite eingepackt wird und dann die Andere), und gewiss möchte man noch einige Leute an Deck wissen.  
D.h. wenn so viele Leute (an den Brasswinden) eingespart würden, wie theoretisch möglich wäre, würde man das Schiff gefährlich unter besetzen.

## Anlagenliste

1 – Brassführung nach Middendorf	zu 1.3
2 – Brasswinde nach Middendorf	zu 1.3
3 – Funktionsbeschreibung nach Middendorf	zu 1.3
3a – Skizze des Stopper-Riegels	u 1.3
4 – Winden der „France II“ nach Underhill	zu 2.1
5 – Winkelebenen	zu 2.2
6 – Diagramm Verlauf der Brasslängen	zu 2.3
7 – Leitblöcke	zu 3.
8 – Brassführung der FR II	zu 3.
9 – Trommelgrößen (Ergebnisse)	zu 4.
10 – Kräfte in den Brassschenkeln bei 6 Beaufort	zu 5.2
11 – Kräfte in den Brassläufern für 3 Zustände	zu 5.2
12 – Ermittlung der Untersetzung	zu 5.3
13 – Zeichnung der Winden der FR II	zu 6.
14 – Spannungsnachweis bei Amwindkurs	zu 7.
15 – Spannungsnachweis bei Vorwindkurs	zu 7.
16 – Zeichnung der „Cisne Branco“ Winden	zu 8.

## Quellen:

1. Edwards , Kenneth , „The fourmasted barque ‚Lawhill‘“, Conway Maritime Press , London, 1996
2. Gieck, „Technische Formelsammlung“, Germering, Gieck Verlag, 1995
3. GL , Bauvorschriften , I Schiffstechnik , Teil 4 , Kapitel 2 Moderne Riggkonzeptionen , Hamburg 1990

4. GL , Bauvorschriften , I Schiffstechnik , Teil 4 , Kapitel 2 Riggkonzeptionen , Hamburg 1997
5. Hamecher, Horst, "Fünfmast-Vollschiff "Preußen" Königin der See, Kassel, Hamecher Verlag, 1980
6. Huerkamp, Jan, "Auslegung der Bemastung und Takelung einer Fünfmastbark für Kreuzfahrtzwecke" , Diplomarbeit an der FH-Kiel , 2001
7. Laas, Walter, "Die großen Segelschiffe", Berlin, Verlag Julius Springer, 1908 , Reprint Hamecher Verlag 1972
8. Lacroix, Louis, "Les Derniers Cap Horniers Francaise", Paris, 1922
9. Marchaj, C. A. , "Aerodynamik und Hydrodynamik des Segelns", Bielefeld, Delius Klasing Verlag, 1991
10. Meereboer, Piet „De inrichting en werking van de braslier van Capt. J.C.B. Jarvis“, Terneuzen, 1999
11. Middendorf, Friedrich Ludwig , „Bemastung und Takelung der Schiffe“, Berlin 1903 , Reprint Hamecher Verlag 1977
12. Underhill, Harold A. , „Deep water sail“, Glasgow 1949, Brown Son & Ferguson ltd.
13. Villiers, Alan und Picard, Henri, "The Bounty Ships of France", New York, Charles Scribner's Sons, 1972
14. Wurst, Marcel „Die Jarvis Patent Brasswinde“, Vortrag für das Symposium Yacht- und Segelschiffbau , 2000