

Entwicklung und Konstruktion moderner Formelyachten der 15 m² SNS Klasse

Ruedi Stadelmann, Dipl.–Ing.¹

Kastanienbaumstrasse 275, 6047 Kastanienbaum

Luzern, den 10. September 2002

Abstract:

Der vorliegende Bericht handelt über die spezifischen Fragestellungen und Aufgaben, welche einen Designer beschäftigen, der mit dem Konstruktionsauftrag für eine Yacht der 15m² SNS Klasse beauftragt wird.

Einleitend wird die Geschichte der Internationalen Meterklassen und die der daraus entstandenen 15m² SNS Klasse vorgestellt. Die durch die Vermessungsregeln bedingten Designlimiten dieser Klasse werden veranschaulicht und bedeutende Fragestellungen im Designprozess diskutiert. Die teilweise im Bericht angedeuteten Erfahrungen aus Schlepp-tankarbeiten mit diesem Yachttyp weisen in eine Zielrichtung, wohin die zukünftige Entwicklung mit 15m² SNS Konstruktionen führen könnte. Die für diesen Yachttyp spezifischen Fragen im Bereich Segel- und Riggdesign werden diskutiert und interpretiert. Abschliessend sind kurz die Zukunftschancen für solche Yachten hinterfragt.

¹ Mail to:stadelmann.yachtdesign@tic.ch

Inhalt

1	Einleitung.....	3
1.1	Die Internationale Meter Klasse	3
1.2	Die 15m ² SNS Klasse.....	3
1.2.1	<i>Vermessungsregel</i>	5
1.2.2	<i>Der „Design Space“</i>	7
1.2.3	<i>Aufgaben des Designers</i>	8
2	methoden.....	9
2.1	Ausgangslage.....	9
2.1.1	<i>Wind- und Wellenverhältnisse im Regattagebiet</i>	9
2.1.2	<i>Regattakurs</i>	10
2.2	Rumpf-, Kiel- und Ruderdesign	10
2.2.1	<i>Grundsätzliches</i>	10
2.2.2	<i>Rumpf- Kiel und Rudergeometrien</i>	11
2.2.3	<i>Schlepptankversuche, Resultate und Analysen</i>	11
2.3	Deck- und Cockpit layout	15
2.4	Rigg und Segeldesign	15
2.4.1	<i>Segelfläche</i>	15
2.4.2	<i>Aufteilung</i>	15
2.4.3	<i>„Lead“</i>	16
2.4.4	<i>Mastfall</i>	16
2.5	<i>„Full scale“ Informationen</i>	16
2.6	Werkstoffe und Strukturdesign	17
2.7	Zukunftsperspektiven	18
2.7.1	<i>Technische Weiterentwicklung</i>	18
2.7.2	<i>Marktchancen für eine solche Yacht</i>	18
3	Schlussfolgerung.....	19
4	Anhang	20
4.1	Literaturliste	20
4.2	Abbildungen, Tabellen und Diagramme	21

1 EINLEITUNG

1.1 Die Internationale Meter Klasse

Im Jahre 1906 trafen sich in London, auf Anregung des Engländers Brooke Heckstall-Smith, verschiedenste Schiffbauingenieure und auch Segler aus Frankreich, Deutschland und England. Ihr Ziel war, eine neue, erstmals International gültige Vergleichsformel für Rennyachten zu entwickeln, welche das Regattasegeln unter fairen Bedingungen ermöglichen sollte. Es entstanden die Regeln der Internationalen Meter Klassen (Jauge International, manchmal JI abgekürzt), eine Vermessungsformel welche heute mit nur wenigen Änderungen nahezu 100 Jahre Bestand hat.

Die Entwicklung und das Design von Regattayachten der Internationalen Meter Klassen sind für jeden Yacht designer eine interessante Herausforderung. Es ist nicht nur die Ausstrahlung und Eleganz dieses Yachtstyps, sondern auch der verhältnismässig einfache und trotzdem kluge Aufbau der Vermessungsformel, der die Sache faszinierend macht. Leider ist es eine Tatsache, dass die Blütezeit dieser Schiffe der Vergangenheit angehört und es darum eher eine Ausnahme ist, wenn uns heutzutage irgendwo eine 5m-JI, 6m-JI, 8m-JI, 10m-JI oder gar eine 12m-JI Yacht begegnet².

1.2 Die 15m² SNS Klasse

Auf den Schweizer Seen war die Internationale Meter Klasse hauptsächlich mit 5m-JI, 6m-JI, und wenigen 8m-JI vertreten. Da die Internationale Meter Formel, Yachten mit sehr grossen Verdrängung/Länge Verhältnissen produziert, war dies ein Handicap für die auf den Seen vorherrschenden Leichtwindverhältnisse. Zusätzlich erhöhte die große Verdrängung auch den Anschaffungspreis einer Regattayacht.

² Die Internationale 5.5 Meter Yacht, bekannt als Olympiaboot in Gebrauch von 1956 bis 1968, basiert auf einer anderen Formel. Auch mit diesem Schiffstyp, wie mit der 15m² SNS auch, wollte man die teuren Meterklassen mit einem für die damalige Zeit erschwinglicheren Olympiaboot ersetzen.

Basierend auf diesen Fakten, schufen die Yachtdesigner Codinet, Camatte und Amiguet im Jahre 1933 eine neue Klasse, ähnlich der 5m-JI, aber mit dem Endresultat der Vermessungsformel 4³ und einer maximalen vermessenen Segelfläche von unter 15m². Die 15m² SNS⁴ war geboren.

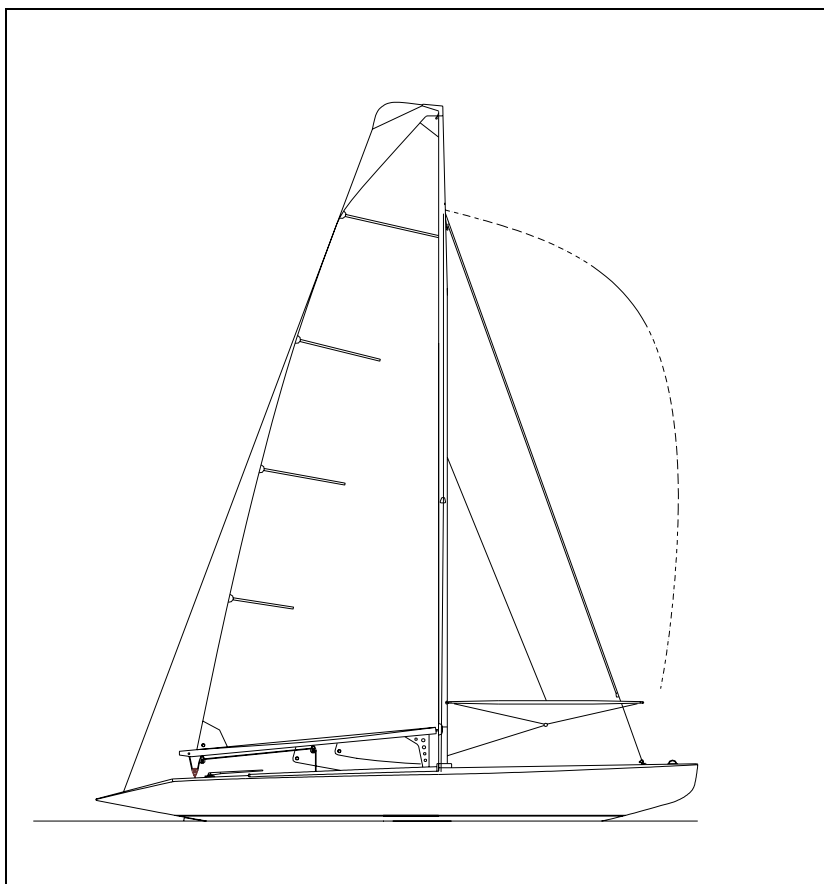


Abbildung 1: Moderne 15m² SNS Yacht

Während der geschwächten Wirtschaftslage in den folgenden Jahren war die neue Regattaklasse eine echte Alternative zu den teureren Yachten der Internationalen Meterklasse. Es wurden, trotz der herrschenden wirtschaftliche Krise, beachtlich viele

³ Das mittlere Kettenmass, in der original Formel „d“ genannt, wurde weggelassen. Dies ermöglicht dem Designer beim 15m² SNS viel modernere Rumpfgeometrien zu entwickeln als bei den ursprünglichen Meterklassen.

⁴ SNS steht für *Serie Nationale Swiss*

Yachten gebaut und die Klasse vergrösserte sich schnell. Anfang der 40er Jahre wurde die Regel unter der Anleitung eines weiteren Yachtdesigners, H. Coponet nochmals leicht verändert. Eine weitere Änderung wurde 1979 ratifiziert, man wechselte damals von einem dreiviertel Rigg zu siebenachtel Takelage und erlaubte ein freistehendes Spatenruder.

Bis zum heutigen Zeitpunkt haben verschiedenste Designer Yachten auf Basis der 15m² SNS Vermessungsregel entwickelt. Man findet Konstruktionen von Britton Chance (USA), Marc Lang (/CH), Sebastien Schmidt (CH), Stadelmann/Bolinger (CH) etc.

Die Klasse befindet sich heute, 70 Jahre nach Ihrer Entstehung, abermals in einer Wachstums Phase. Bei wichtigen Klassenregatten kommen beachtliche Regattafelder zusammen und neue Konstruktionen sind in Design- oder Bauphase.

1.2.1 Vermessungsregel

Die Formel für den *Rennwert* ist erstaunlich einfach:

$$RENNWERT = \frac{L + \sqrt[2]{S} - 0.5B - F}{2.07} \leq 4.02$$

Formel 1: Internationale Meter Formel

wobei: L = Vermessungslänge

S = Vermessene Segelfläche

F = Mittlere Freibordhöhe

B = Vermessungsbreite

Wichtig ist zu wissen, dass die *Vermessungslänge* nicht der effektiven Wasserlinienlänge entspricht, sie wird am Rumpf 60mm oberhalb dieser gemessen und ist eine Summe von der Länge plus zwei Bestrafungsdaten vom hinteren und vorderen Kettenmass. Je U-förmiger die Geometrie des Spantenrisses, desto höher ist die Bestrafung, je V-förmiger, desto kleiner.

Als *vermessene Segelfläche* werden 70% des Grossegeldreieckes (ohne achterliche Über-rundung) und 100% des Vorsegeldreieckes gerechnet. Die überlappte Fläche des Vorse-gels hinter dem Mast und Grossegel wird nicht gerechnet.

Die *Freibordhöhe* entsteht aus einem Durchschnitt von drei Massen, welche bei der Längsposition des vorderen Kettenmasses, beim hinteren Kettenmass und Mittschiffs ge-messen werden.

Die *Breite* wird bei 55% (von vorne gemessen) der effektiven Wasserlinienlänge gemes-sen. Die Vermessungsbreite setzt sich aus 75% der Wasserlinienbreite plus 25% der Deckbreite zusammen.

Die *Verdrängung* einer 15m2 SNS erscheint nicht in der Hauptformel, sie wird in einer Zu-satzformel behandelt:

$$\text{VERDRÄNGUNG} \geq (015 + 0.16L_f)^3$$

Formel 2: Beziehung zwischen LWL und Verdrängung

Wobei mit „L_f“ die effektive Wasserlinienlänge gemeint ist

Zusätzlich ist zu erwähnen, dass für Rumpf und Deck Minimalgewichte per Quadratmeter Oberfläche vorgeschrieben sind. Die Ideen, die sich hinter diesen Zusatzregeln verstecken sind folgende:

1. Die gewählten Minimalgewichte sind hoch angesetzt. Man war sich bewusst, dass Y-achten der Internationalen Meterklasse teuer sind und wollte darum Produkte, welche sich durch eine extreme Langlebigkeit auszeichnen. Dies ist auch der Fall, es ist nicht unüblich, dass 30 Jahre alte Yachten Regatten gewinnen.
2. Geht man von einem fixierten Designgewicht aus, so stellt sich dem Designer folgen-des Problem: Vergrößert er die Yacht und erhöht damit die Formstabilität, so muss er sich dies mit einem kleineren Ballastanteil „erkaufen“.

Es gibt für den Designer in der Regel noch ein paar zusätzliche, einschränkende Masse, welche jedoch in diesem Bericht zum Verständnis der Formel nicht unbedingt notwendig sind und darum deren Erwähnung den Rahmen der vorliegenden Publikation sprengen würden.

1.2.2 Der „Design Space“

Zum einfacheren Verständnis können die Verhältnisse zwischen den einzelnen Faktoren auch mittels einer Graphik veranschaulicht werden. Da bei den letzten gebauten Designentwürfen als Freibordhöhe immer das erlaubte Maximum gewählt wurde, wird der Einfachheit halber dieser Faktor nicht mehr dargestellt. Es kann mit dieser Einschränkung gut veranschaulicht werden, wo die letzten gebauten Yachten innerhalb des Regelwerkes liegen. Kennt man gleichzeitig deren wirkliches Segelverhalten und deren Gewinnchancen an Regatten, ist eine ganz interessante Analyse möglich.

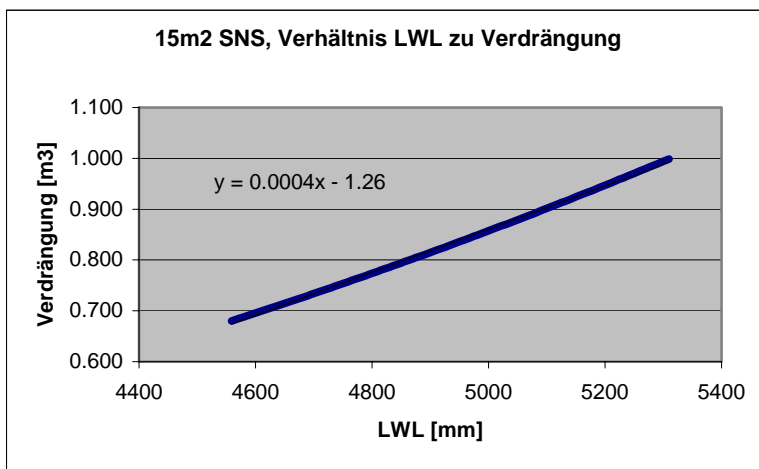


Diagramm 1: Funktion LWL zu Verdrängung

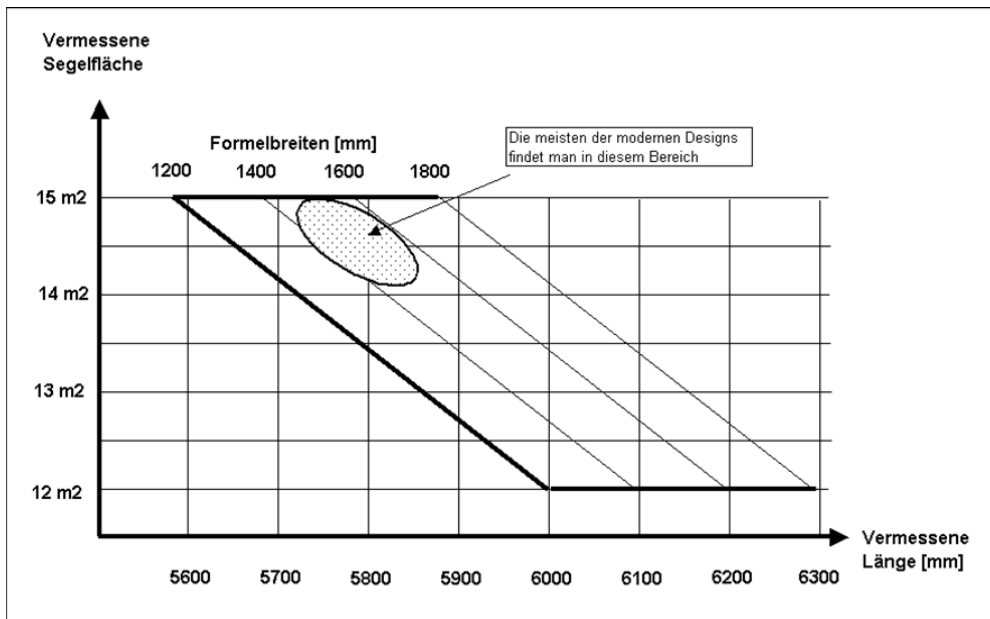


Diagramm 2: „Designspace“ der 15m² SNS Vermessungsregel

1.2.3 Aufgaben des Designers

Die Aufgabe des Designers ist es, die beste Kombination von den Hauptwerten wie Wasserlinienlänge, Breite, Freibordhöhe und Segelfläche, passend zu einer bestimmten Wind-, Wellen-, Crewsituation etc. zu finden. Weil eine Veränderung einer dieser Faktoren auch automatisch eine Veränderung der restlichen Faktoren ergibt, wird jeder Gewinn in einer bestimmten Richtung, zum Beispiel einer grösseren Segelfläche, mit einem Verlust in anderen Faktoren abgegolten.

Eine Yacht zu entwickeln, welche für alle Verhältnisse die optimale Kombination der genannten Faktoren aufweist, ist eine Unmöglichkeit. Eine Yacht, die in Leichtwetterverhältnissen die schnellste ist, wird in Schwerwetterverhältnissen schlechtere Chancen bei Regatten offenbaren, oder ein Schiff mit optimalen Amwindeigenschaften läuft selten sehr gut auf dem Vorwindkurs etc. Andererseits, eine Yacht, welche sich nur aus Durchschnittswerten zusammensetzt, wird an Regatten höchstwahrscheinlich auch nur durchschnittliche Resultate einfahren. Der Designer muss darum versuchen, eine Yacht, für die mit dem Kunden abgesprochenen Verhältnisse zu optimieren, aber dabei auch eine Yacht entwickeln, welche bei anderen Verhältnissen mindestens durchschnittliche Siegeschancen hat.

Designarbeiten für die 15m² SNS sind aus verschiedenen Gründen interessant. Hervorheben möchte der Autor jedoch speziell die folgenden Fakten:

1. Die 15m² SNS ist die kleinste der Internationale Meterklassen und darum im Verhältnis zu den grösseren Yachten günstiger in der Anschaffung. Von der 15m² SNS werden auch aus diesem Grund viel mehr Yachten angefertigt⁵ und die Entwicklung kann so schneller vorangetrieben werden als bei anderen Meterklassen.
2. Das Crewgewicht spielt mit 20% des Gesamtgewichtes eine wichtigere Rolle als bei grösseren Yachten und muss in die Konstruktion einbezogen werden.

⁵ Bis zum heutigen Zeitpunkt wurden 170 Yachten gebaut. Ca. 120 Schiffe davon werden heute noch gesegelt.

2 **METHODEN**

2.1 **Ausgangslage**

2.1.1 *Wind- und Wellenverhältnisse im Regattagebiet*

Da die 15m2 SNS bis heute hauptsächlich auf Seen in der Schweiz regattiert wird, waren bis zum heutigen Zeitpunkt für neue Designs einzig auch die Wind und Wellenverhältnisse dieser Seen von Bedeutung. Fundierte Untersuchungen über Wellenhöhen auf Seen sind jedoch von nur von ganz wenigen Messtationen erhältlich und wurden aus diesem Grund vernachlässigt. Die Untersuchungen des Autors basieren auf der Annahme einer mittleren Wellenhöhe von unter 0.5 Meter.

Man hat sich also vorwiegend auf die Analyse der Windverhältnisse konzentriert. Es ist jedoch auch hier zu bemerken, dass die von den Windstationen gemessenen Durchschnittswerte nur mit Vorsicht zu verwenden sind. Ein Beispiel, die Wetterstation Altdorf: diese liegt nahe an über 500 m hohen Felswänden. Hier entstehen durch die warmen Sommermonate am Nachmittag thermische Winde, in Stärken bis 6 Beaufort. Die Tatsache, dass für die restlichen Tagestunden fast kein Wind vorherrscht, verfälscht das Bild, welches sich mit den Durchschnittswerten ergibt. Hier trotzdem die typischen durchschnittlichen Windverhältnisse⁶ in Knoten von sieben verschiedenen Messtationen an sieben verschiedenen Seen:

<i>Messtation</i>	<i>April</i>	<i>Mai</i>	<i>Juni</i>	<i>Juli</i>	<i>August</i>	<i>September</i>	<i>Oktober</i>	Schnitt
Altdorf	6.6	5.6	4.7	4.5	3.9	3.9	4.9	4.9
Genf	5.1	4.1	3.9	3.7	3.7	3.9	3.7	4.0
Lausanne	3.9	3.5	3.7	3.7	3.9	3.9	3.5	3.7
Lugano	3.9	3.3	3.7	3.9	3.9	3.5	3.3	3.6
Luzern	3.3	2.9	2.7	2.5	2.5	2.3	2.3	2.7

⁶ Tageswerte von April bis Oktober

Messstation	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Schnitt
Neuchatel	5.2	4.5	4.5	4.3	4.3	4.5	4.5	4.5
Zürich	4.5	3.9	3.9	3.5	3.3	3.5	3.7	3.7
Schnitt/Mt	4.6	4.0	3.9	3.7	3.6	3.6	3.7	3.9

Tabelle 1: Mittlere Windgeschwindigkeiten im Sommerhalbjahr auf Schweizer Seen

Die durchschnittlichen 3.9 Knoten Windgeschwindigkeit entsprechen ca. 1.5 – 2 Beaufort. Von „Full Scale“ Segelversuchen mit 15m² SNS Yachten weiß man, dass bei 2 Beaufort, diese Yachten sich in einem Geschwindigkeitsbereich von 4 Knoten bewegen.

Die neuen Designs hat man für diese Geschwindigkeiten optimiert, hat aber trotzdem darauf geachtet, dass die Risse auch bei höheren Windgeschwindigkeiten gut segelbar bleiben.

2.1.2 Regattakurs

Ebenfalls Beachtung wird dem spezifischen Regattakurs geschenkt. Normalerweise segeln diese Yachten beim Rennen drei Amwind-Schenkel und zwei Vorwind-Schenkel (Banane). Rechnet man mit einem Wendewinkel von ca. 40°, so ergibt sich eine doppelt so lange gesegelte Zeit auf dem Amwind Kurs gegenüber dem Vorwind Kurs. Dies zeigt klar, wo der Designer für eine solche Yacht seine Prioritäten zu setzen hat.

2.2 Rumpf-, Kiel- und Ruderdesign

2.2.1 Grundsätzliches

Es ist bekannt, dass die Strömung durch Rumpf, Kiel und Ruder gegenseitig stark beeinflusst wird. Es ist darum äusserst verhänglich, nur die einzelne Komponenten isoliert zu analysieren. Wenn auch in den nachfolgend beschriebenen Texten einzelne Elemente isoliert untersucht wurden, hat man letztendlich immer versucht die gesamte Yacht als Einheit zu betrachten.

2.2.2 Rumpf- Kiel und Rudergeometrien

Begonnen wurde mit einer Analyse von bestehenden Rümpfen. Man hat deren Segelverhalten verglichen und damit erste Informationen über eine Platzierung der neuen Designs innerhalb des erwähnten „design space“ erhalten.

Mit den Kiel und Rudergeometrien wurde dasselbe Verfahren angewendet. Spezielle Sorgfalt wurde nicht nur auf die eigentlichen Daten gegeben, sondern auch auf die Veränderung der Geometrien über eine bestimmte Zeitspanne.

2.2.3 Schlepptankversuche, Resultate und Analysen

Um den Gesamtwiderstand einer Yacht mit möglichst hoher Genauigkeit auf der Basis von Schleppversuchen vorherzusagen ist es nötig, jede Widerstandskomponente möglichst so zu isolieren, dass sie einzeln betrachtet werden können. Wie dem auch sei, Schlepptankuntersuchungen beinhalten ein ganz spezifisches Problem. Um die Geschwindigkeit des im Tank zu testenden Modells zu bestimmen, bedient man sich der bekannten Froud'schen⁷ Formel. Mit ihr ist es möglich, diejenige Geschwindigkeit zu ermitteln, bei welcher das Modell die gleichen Wellengeometrien produziert wie die reelle Yacht dies tun würde. (Gleiche Froud'sche Nummer bei Modell und Yacht) Diese Formel basiert auf der Gravitationskraft ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$):

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \times LWL}}$$

Formel 3: Froud'sche Formel

Nun hat man aber das Problem, dass man auch die Reibung, welche jedoch auf der Reynoldszahl basiert, berücksichtigen sollte.

⁷ Nach William Froude, englischer Physiker und Schiffbauingenieur

$$R_n = \frac{v \times l}{\nu}$$

Formel 4: Reynoldszahl (das ν im Nenner steht für die kinematische Zähigkeit des Wassers)

Dies ist jedoch nicht möglich, da man schon durch die mit der Froud'schen Formel vorher errechneten Modellgeschwindigkeit blockiert ist. Mit dem Resultat, dass die Strömung entlang des Rumpfes beim Model verglichen mit der Yacht, zulange laminar anliegt. Man versucht dieses Problem mit der Montage von sogenannten „Studs“ zu lösen, ein wissenschaftlich präzises Vorgehen jedoch besteht nicht und in jeder Schlepptankversuchsanstalt werden verschiedene Methoden angewendet.

Der Haupt-Widerstandsfaktor ist für den in 2.1.1 angegebenen Windstärkenbereich die Oberflächenreibung, mit etwa 60% - 70% des Gesamtwiderstandes⁸, Das haben verschiedene Serien von Schlepptankversuchen im Labor des Institute of Higher Education in Southampton GB, mit 1:4 Modellen gezeigt. Diese Aussage basiert auf der bekannten Formel zur Errechnung des Reibungswiderstandes:

$$R_{F_0} = C_{F_0} \times (1 + k) \times 0.5 \times \rho \times V^2 \times WSA$$

Formel 5: Reibungswiderstand

wobei der Reibungskoeffizient

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} R_n \times 2)^2}$$

Formel 6: Reibungskoeffizient

⁸ Für 4 Knoten bei einer LWL von 5 Metern

Diese Formel wurde separat für Rumpf, Kiel und Ruder angewendet⁹ und die Summe vom im Schlepptank gemessenen und auf die Yacht umgerechneten Gesamtwiderstand abgezogen. Eine typisches Diagramm mit gemessenen Modell-Gesamtwiderständen an verschiedenen Yachten mit verschiedenen Kiel und Ruderkonfigurationen sieht etwa folgendermassen aus:

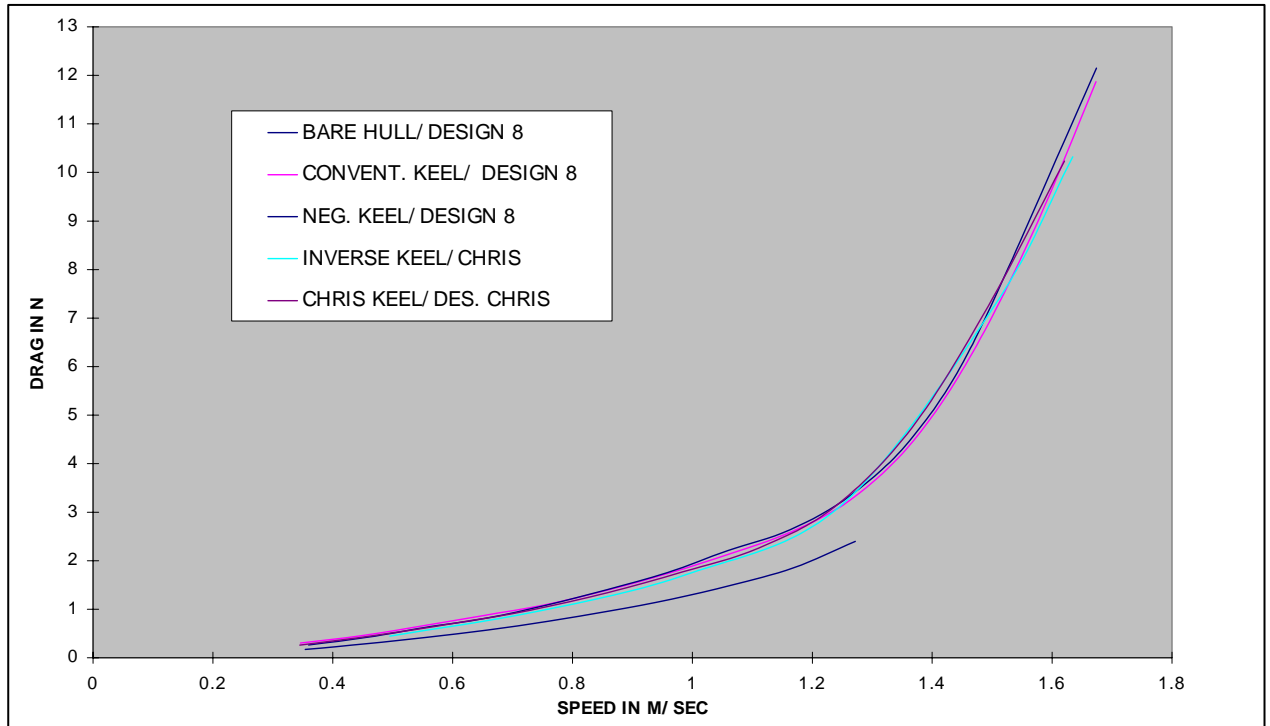


Diagramm 3: Im Schlepptank gemessene Modellwiderstandskurven

Es zeigt sich folgendes: ab ca. 1.3 m/sek. Modellgeschwindigkeit beginnt der Wellenwiderstand überproportional anzuwachsen, unter dieser Geschwindigkeit ist der Reibungswiderstand dominant. Die 1.3 m/sek. Modellgeschwindigkeit ergeben über die Froud'sche Formel umgerechnet eine Geschwindigkeit von 2.63 m/sek. oder 5.1 Knoten für die Yacht. Bei einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 4 Knoten wird dieses Geschwindigkeit mit einer 15m2 SNS noch nicht erreicht. Dies heisst, dass eine schnelle Regattayacht für

⁹ $(1+k)$ ist der Formfaktor, da die Formel ohne diesen nur für flache Platten annähernd stimmt. Die Formfaktoren für Kiel, Ruder und Rumpf wurden separat auf der Basis von „Prohaska“ Diagrammen ermittelt. Zum errechnen der Reynoldsnummer für den Rumpf wurde 70% der LWL eingesetzt.

die Schweizer Binnenverhältnisse eine möglichst reduzierte benetzte Fläche aufweisen soll. Daraus folgt ebenfalls, dass die Yacht auch nicht schwer sein darf, da eine grössere Verdrängung (unabhängig vom schlechteren Beschleunigungsverhalten nach Böen oder Manövern) auch eine vergrösserte benetzte Fläche zur Folge hat.

Eine längere Wasserlinie (in der Regel der 15m² SNS als Funktion einer höheren Verdrängung, siehe 1.2.1) ist grundsätzlich zwar wünschenswert, hat hier aber nur zweite Priorität.

Da für Windgeschwindigkeiten um 4 Knoten (siehe 2.1.1) die notwendige Stabilität problemlos mit dem Verschieben des Crewgewichtes erreicht wird, kann auch die Schiffsbreite im Wasserlinienbereich reduziert werden. Gekoppelt mit einer möglichst grossen Schiffsbreite im Deckbereich ergibt dies erstens der Vorteil in der Vermessungsformel (siehe 1.2.1) und zweitens der Crew die Möglichkeit mit ihrem Gewicht das aufrichtende Moment erheblich zu vergrössern¹⁰.

Schlepptankuntersuchungen haben klar aufgezeigt, dass der anfänglich geplante „inverse“ Kiel mit einer längeren Kielsohle als der Kieloberkante, erst ab Windstärke 4 hydrodynamische Vorteile bringt. Diese Untersuchungsergebnisse decken sich nicht mit den von *Van Oossanen*; während den Untersuchungen für den Kiel des berühmten *America's 12er Australia II*, gefundenen. Er behauptete, dass für den 12m JI, der Kiel mit einer inversen Planform (auch ohne die berühmten Flügel) viel effizienter war als der trapezförmige Standardkiel. Der Autor glaubt, dass seine kontrovers zu Van Oossanen gefundenen Ergebnisse, auf dem verhältnismässig tieferen Rumpftiefgang (und damit einer viel schnelleren Querströmung im Rumpfbereich) des 12m JI, verglichen mit dem 15m² SNS, liegen. Ein Parallelkiel mit 10° Neigung nach achtern wurde darum als bester Kompromiss angesehen.

Die Planformgrösse des Ruders ist in der Vermessungsregel nicht behandelt. Darum ist es hier möglich, eine sehr effiziente Planform mit einem hohen Streckungsverhältnis zu wählen. Dieses wird (mit einem guten Steuermann) als zusätzliche Auftriebsfläche dienen. Ein effektives Ruder hilft auch insofern, dass die 15m² SNS mit ihrem grossen Vorwindsegel bei höheren Windgeschwindigkeiten schwierig zu steuern ist.

¹⁰ Das Mannschaftsgewicht einer Yacht im unteren Verdrängungsbereich des erlaubten „Design space“ beträgt ca. 25% des Gesamtgewichtes.

2.3 Deck- und Cockpit layout

Das Design von Deck- und Cockpitlayout basiert auf zwei Hauptfaktoren. Erstens wurde versucht, das Gewicht im Bereich der erlaubten Vermessungsregeln auf das Minimum zu reduzieren mit dem Ziel den Gewichtsschwerpunkt so tief wie möglich zu halten. Zweitens musste ein Cockpit gestaltet werden, welches ein aktives Regattasegeln erlaubt und dabei ergonomisch richtig gestaltet ist. Diese Anforderung ist leider nur zu einem Bruchteil zu erfüllen, da die momentanen Vermessungsregeln dem Designer sehr wenig Spielraum lassen. Die Vermessungsregel, welche auf den Vorschriften der größeren Meter Yachten basiert, ist für die kleine 15m² SNS nicht praktikabel. Hier sollte die Technische Kommission der Klassenvereinigung unbedingt aktiv werden und die heutige Regel überarbeiten.

2.4 Rigg und Segeldesign

2.4.1 Segelfläche

Basierend auf den niedrigen Windgeschwindigkeiten im Regattagebiet sind die Segelflächen aller Designs letzteren Datums im oberen Bereich des „Design Space“ zu finden. (siehe 1.2.2).

2.4.2 Aufteilung

Zu lösen ist die Frage über die Verteilung der Segelflächen zwischen Gross- und Vorsegel. Die Fläche des Grossegels wird für die Vermessungsformel mit einem Faktor von 0.7 multipliziert (siehe 1.2.1), die Fläche des Vorsegeldreieckes zählt voll. Diese Tatsache gibt dem Designer die Freiheit, einerseits nach aerodynamischen Regeln zu optimieren, andererseits kann er aber auch einen extremen Weg wählen und auf eine grössere Segelfläche im Grossegel setzen. Da man jedoch auch weiss, dass das Vorsegel unter den gegebenen Eingrenzungen der Formel das effizientere Segel darstellt, ist diese Entscheidung nicht einfach zu treffen. Es ist interessant, dass wenn die Designs der letzten Jahre in dieser Hinsicht analysiert werden, es schnelle Yachten mit grossen und kleinen Vorsegeln dabei hat. Der Autor ist der Meinung, dass beide Richtungen eingeschlagen werden können, Hauptsache das Segeldesign passt zur Rumpf-, Kiel- und Ruderkonfiguration und umgekehrt.

2.4.3 „Lead“

In einem solchen Bericht über die Abmessung der Längsdistanz zwischen dem Auftriebssegelschwerpunkt und dem Auftriebslateralschwerpunkt (Lead) wissenschaftlich fundiert Auskunft geben zu können, ist schlichtweg unmöglich. Oft werden einfach die Flächenschwerpunkte der Segelfläche und der Lateralfäche in einem bestimmten Mass zueinander konstruiert, was jedoch nicht richtig ist. Viele Fachbücher schlagen dies zwar vor, man erhält dann oft auch noch eine Angabe über welchen verhältnismässigen Anteil der Wasserlinienlänge diese Flächenschwerpunkte auseinander liegen sollen. Arbeitet der Designer einzig nach diesen Methoden, können beim ersten Testsegeln böse Überraschungen die Folge sein.

Wie erwähnt, eigentlich müsste man die spezifischen Auftriebsschwerpunkte kennen, um diese Fragen richtig zu beantworten. Dies zu errechnen ist jedoch äusserst komplex, zusätzlich verschieben sich diese mit der Geschwindigkeit der Anströmung, mit dem Einfallswinkel der Strömung, mit dem Streckungsverhältnis der Profile, etc.

Für die neuen 15m² SNS Designs hatte man den Vorteil, dass schon segelbare Yachten vorhanden waren, viele davon wurden vom Autor gesegelt und ihre Verhaltensweise analysiert. Diese Untersuchungen waren die Basis für die Wahl der „Lead“-Distanz für die neuen Konstruktionen.

2.4.4 Mastfall

Nach einzig aerodynamischen Gesichtspunkten, ist in den meisten Fällen ein zur Wasserlinie mit 90° stehender Mast der effizienteste. Schaut man sich jedoch unter Regattayachten um, erkennt man bald, dass viele Yachten über ein beträchtliches Mastfall verfügen. Die Tatsache ist jedoch, dass viele Segler ihren Mast nur so trimmen, um eine Luvgerigkeit zu erhalten. Die Yacht wird dann auf dem Amwind Kurs schneller, dies aber nur, weil das Ruder auf diese Weise mit den erforderlichen ca. 4° angeströmt wird und dadurch mehr Auftrieb erzeugen kann. Wird der „Lead“ dagegen in der Konstruktionsphase richtig gewählt, ist es möglich, diesen Effekt auch ohne Mastfall zu haben.

2.5 „Full scale“ Informationen

Basierend auf den Leichtwindverhältnissen im Regattagebiet (siehe 2.1.1) ist die Einwirkung von Wellen auf die Designentscheidungen nicht von grosser Relevanz. Generell ist

das Problem jedoch interessant. Laut den Arbeiten von Gerritsma und Keuning [15]) korrelieren die bekannte Wellenwiderstandsberechnungsmethoden bei mittelschweren Verdrängeryachten, mit einem kleinen Breite zu Rumpftiefgang Verhältnis, nur sehr schlecht mit den gemessenen Resultaten.

Beim Versuch trotzdem eine quantitative Analyse des Themas zu erarbeiten, wurde der praktische Weg gewählt. Der Autor hat reichlich Stunden im Motorboot auf dem Wasser verbracht, mit dem Ziel, die segelnden 15m² SNS beobachten und analysieren zu können. Es ist äusserst interessant, wie viel Information aus diesen Beobachtungen von verschiedenen 15m² SNS Yachten gewonnen werden konnte. Zusammengefasst kann folgendes genannt werden:

- speziell in kurzen Wellen erhöhte sich der Widerstand je leichter die Yacht ist
- in kurzen Wellen wird die Stampfbewegung von Yachten mit schweren Schiffsenden reduziert, ein Einfluss auf die Geschwindigkeit war nicht feststellbar
- In der Wasserlinie schmale Yachten sind viel unruhiger, ihr Widerstand in Wellen erhöht sich aber verhältnismässig weniger als bei breiteren Yachten

Diese Erkenntnisse wurden mit gesegelten Regattaresultaten verglichen und konnten dabei zu einem erstaunlich grossen Teil bestätigt werden.

2.6 Werkstoffe und Strukturdesign

Über viele Jahre hinweg wurde der 15m² SNS mit Vollholz aufgeplankt. Diese Bauweise wurde in den letzten 30 Jahren durch die Formverleimung vollständig ersetzt. Auch wenige Yachten in GFK wurden schon gebaut. Grundsätzlich gibt es keine regattatechnischen Vorteile irgendeines Werkstoffes gegenüber eines andern. Die Vermessungsregeln schreiben ein Minimumgewicht von 8 kg/m² für den Rumpf und 7.5 kg/m² für das Deck vor. Die Entscheidung für einen bestimmten Werkstoff stützt darum einzig auf Kostenüberlegungen, Bauverfahren, Vorlieben bestimmter Eigner etc.

Da die Vermessungsregeln dem Designer im strukturellen Bereich fast keinen Spielraum lassen, kann hier wenig optimiert werden. Die Tatsache, dass von den fast 170 gebauten Yachten immer noch 120 in Gebrauch sind, beweist jedoch, dass die Dimensionierungsvorschriften eher auf der sicheren Seite liegen.

2.7 Zukunftsperspektiven

2.7.1 Technische Weiterentwicklung

Nach fast 70 Jahren Evolution der 15m² SNS hat sich eine Yacht entwickelt welche auch den Vergleich mit modernen Konstruktionen nicht zu scheuen braucht. Es ist interessant, dass eine so einfache Vermessungsformel wie die Internationale Meterformel (zum Beispiel verglichen mit dem heutigen IMS etc.) so gut funktioniert und immer noch modernste Yachten hervorruft.

Der Autor glaubt, dass die Klasse mit einer weiteren Verbreitung, zum Beispiel auch in Küstengebieten, sicherlich wichtige sicherheitstechnische Entwicklungen durchlaufen muss. Man denkt hier an selbstlenzende Cockpits, etc. Auch wird sich das Design wesentlich verändern, wenn die wichtigen Regatten in windreicheren Regionen ausgetragen werden als heute. Trotzdem ist es jedoch spannend, die Entwicklung dieser, für den Designer äusserst interessanten Klasse, voranzutreiben. Dies speziell im Hinblick auf die Erfahrungswerte welche man mit den bis 170 verschiedenen Konstruktionen sammeln konnte. Auf deren Basis neue und innovative Ideen zu realisieren macht wirklich Spass.

2.7.2 Marktchancen für eine solche Yacht

Die meisten der 15m² SNS Yachten wurden vor 1970 gebaut. Danach wurden immer noch einzelne Yachten produziert, jedoch nie mehr Einheiten als zuvor. Vor 10 Jahren noch glaubte man, nur noch einige wenige Liebhaber würden diese Yachten bewegen und regattieren und die Klasse würde allmählich von der Wasseroberfläche verschwinden.

Basierend auf der Initiative ein paar aktiver Segler wurden in den letzten zehn Jahren über zehn neue und modernste Designs entwickelt, welche heute sehr aktiv regattiert werden. Weitere Designs sind momentan in der Entwicklungsphase, verschiedene Interessenten haben sogar im Sinn eine Zehnerserie eines erfolgreichen Risses produzieren. In der Schweiz ist die Regattatätigkeit unterdessen so gross geworden, dass wieder offizielle Schweizermeisterschaften mit den 15m² SNS durchgeführt werden dürfen, etwas was viel bekannteren Klassen wegen Mangel an Regattabeteiligungen (z.B. Soling etc.) nicht mehr erlaubt ist.

Der Käuferkreis für solche Yachten vergrössert sich auch geographisch, in unserem Designbüro haben wir Anfragen von interessierten Kunden von Norditalien und Süddeutsch-

land. Die früher nationale Klasse (SNS = Serie Nationale Suisse) wird über kurz oder lang international regattiert werden.

3 SCHLUSSFOLGERUNG

Die Entwicklung und das Design von Internationalen Meterklassen ist für den Designer eine äusserst interessante Herausforderung. Es ist nicht nur die Ausstrahlung und Eleganz dieses Yachttyps, sondern das verhältnismässig einfache und trotzdem sehr klug aufgebaute Konstrukt der Meter-Formel, der die Sache so faszinierend macht.

Die gemachten Testtankarbeiten haben dem Autor wichtige neue Erkenntnisse gebracht und auch theoretische Grundlagen in der Praxis bestätigen können.

Neue Yachten mit der zu Hilfenahme von neuesten Kenntnissen, aber auch auf der Basis des grossen Erfahrungsschatzes von bestehenden 15m2 SNS Yachten zu konstruieren, ist für einen Konstrukteur sehr attraktiv. Auch immer und mehr Segler können sich für eine solche Yacht begeistern und haben Spass, in einer Konstruktionsklasse zu regattieren.

Der Autor hofft, dass die Klasse möglichst schnell eine weitere Verbreitung findet und wünscht in Zukunft seinen Kollegen an der Designarbeit für solche Yachten ebensoviel Spass wie er selbst daran hat.

4 ANHANG

4.1 Literaturliste

- 1) Southampton Institute: Design Dissertation, „Investigation into the Design of a 15m2 SNS Metre Class Yacht with Appendage Study” by Christian Bolinger, (1997)
- 2) Southampton Institute: Design Dissertation, „Investigation into the Design of an International Five Point Five Metre” by Ruedi Stadelmann, (1995)
- 3) James R. Teeters „Refinements in the techniques of tank testing sailing yachts and the processing of data” The eleventh Chesapeake Sailing Yacht Symposium
- 4) S.F. Hoerner „Fluid-Dynamic Drag” by Hoerner Fluid dynamics (1965)
- 5) „Rules and Regulations for the Construction and Classification of yachts of the International rating classes” Lloyds Register of Shipping (1969)
- 6) „Theorie of Wing Sections” H,Abbott & E. von Doenhof, Dover Publications Inc. (1958)
- 7) Marchaj C.A. „Aero-Hydrodynamics of Sailing” 2nd ed. Adlard Coles (1988)
- 8) Marchaj, C.A. „Sailing Theory and Praxis” London, Adlard Coles Nautical (1982)
- 9) Van Oossanen „Design and the Construction of the America’s Cup Yacht Challenge Australia” Proceedings of HISWA Symposium (1992)
- 10) Van Oossanen „The development of the 12-meter class yacht Australia II” 7th Chesapeak sailing yacht symposium (1985)
- 11) Prohaska, C.W. „A simple Method for Evaluation of the Form Factor and the low wave resistance” Proceedings of the 11th International towing tank conference (1996)
- 12) Millward, A. „The design of Spade rudders for Yachts” SUYR Report No. 28 (1969)
- 13) Howlett, J. „Six Metres Today” They Yachtsman Issue No. 3 (1985)
- 14) Flewitt, J.R. „Tank Tests to determine the effects of sweepback on sailing yacht fins of modern form” University of Southampton, TN 509 (1971)
- 15) Gerritsma J. and Keuning J.A. „Performance of Light- and Heavy-Displacement Sailing Yachts in Waves” Marine Technology Vol. 26, No. 4 Oct (1989)

4.2 **Abbildungen, Tabellen und Diagramme**

<i>Abbildung 1: Moderne 15m² SNS Yacht</i>	4
<i>Formel 1: Internationale Meter Formel</i>	5
<i>Formel 2: Beziehung zwischen LWL und Verdrängung</i>	6
<i>Formel 3: Froud'sche Formel</i>	11
<i>Formel 4: Reynoldszahl (das ν im Nenner steht für die kinematische Zähigkeit des Wassers)</i>	12
<i>Formel 5: Reibungswiderstand</i>	12
<i>Formel 6: Reibungskoeffizient</i>	12
<i>Tabelle 1: Mittlere Windgeschwindigkeiten im Sommerhalbjahr auf Schweizer Seen</i>	10
<i>Diagramm 1: Funktion LWL zu Verdrängung</i>	7
<i>Diagramm 2: „Designspace“ der 15m² SNS Vermessungsregel</i>	7
<i>Diagramm 3: Im Schlepptank gemessene Modellwiderstandskurven</i>	13