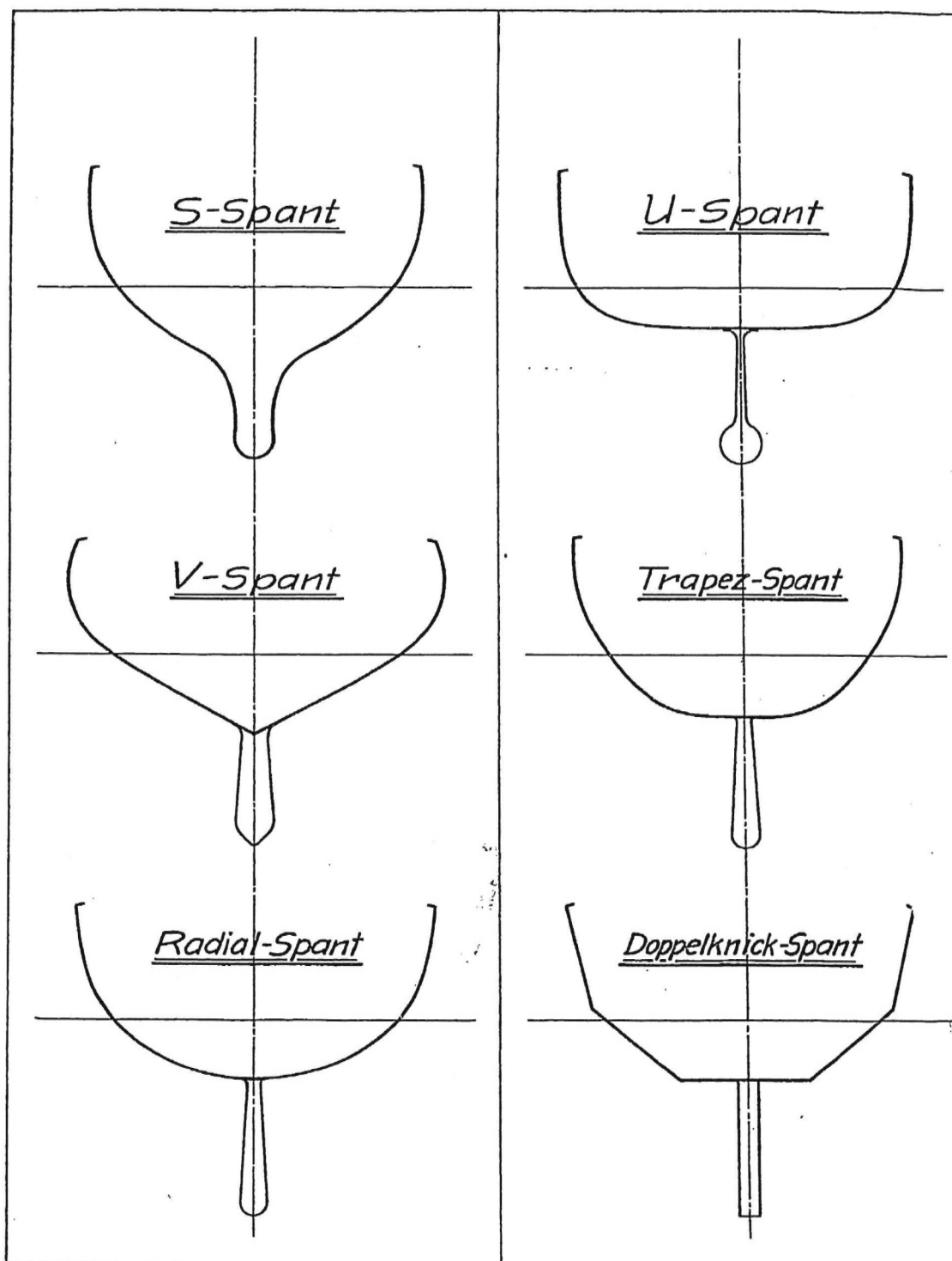


LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Spantformen

Spantformen*Typische Spantformen*

Zwischen den gezeigten ausgeprägten Formen gibt es natürlich in konstruktiver Praxis Kombinationen zwischen den Grundformen mit entsprechenden Kompromissen der davon abhängigen Segeleigenschaften.

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	1 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Spantformen

Neben der Verdrängungsverteilung, den Gewichts- und Stabilitätsverhältnissen und der Kiel- und Ruderanordnung ist die Spantform das markanteste Merkmal einer Rumpfkonstruktion.

Im Laufe der letzten Jahre hat sich der moderne Yachtrumpf ganz wesentlich geändert. Der Langkieler mit dem riesigen Lateralplan ist Vergangenheit. Es gibt praktisch nur noch Flossen- oder Kurzkieler mit dem getrennt angeordneten Ruder. Anfängliche Schwierigkeiten mit der Kursstabilität sind längst gemeistert und, auch dank der wesentlich preisgünstigen Bauweise der neuen Rümpfe, beherrscht der Kurzkieler die Yachtkonstruktion. Das gilt unabhängig davon ob es sich um eine Kurzstrecken-Rennyacht oder eine Weltumsegler handelt.

Es schließt sich allerdings, gerade im Hinblick auf die herrschende Nostalgiewelle, nicht aus, dass Langkieler nicht immer wieder einmal eingebaut werden. Die Masse der Segler ist konservativ und nicht alle Konstrukteure haben Rückgrat genug, neue Erkenntnisse zu vertreten. Vor allem ist das verständlich, wenn einige Schubladen voller Langkieler vorliegen, die man nur zu verkaufen braucht.

S- Spanter

Der S- Spanter, von Natur aus mit dem Langkieler fast immer eine Einheit, hat in dieser Kombination den Nachteil der großen benetzten Oberfläche und damit einen hohen Reibungswiderstand.

Noch ungünstiger ist aber die ausgesprochen tiefe Lage des Verdrängungsschwerpunktes. Hinzu kommt die meistens meistens ungünstig hohe Lage des Ballastschwerpunktes. Beide Fakten zusammen ergeben eine geringe metazentrische Höhe und damit eine schlechte Stabilität.

Der entscheidende Nachteil liegt jedoch in der Tatsache, dass das große Kielvolumen des S- Spanters sich als unangenehme Volumenkonzentration im Mittelschiffbereich bemerkbar macht. Statt der gewünschten gestreckten Verdrängungsverteilung für hohe Endgeschwindigkeiten ergibt sich ein steiler Buckel in der Spantflächenkurve, der die Rumpfgrenzgeschwindigkeit drastisch herabsetzt weil die „wirksame“ Wasserlinienlänge verkürzt wird. Diese drei gewichtigen Nachteile machen den S- Spanter in allen Geschwindigkeitsbereichen langsam. Da es außerdem die teuerste Spantform ist, ist das S- Spant aus der modernen Yachtkonstruktion verschwunden.

V- Spant

Das V- Spant, meistens in Verbindung mit einem gemäßigten Flossenkiel, trat seine Nachfolge an. Dadurch verringerte sich die benetzte Oberfläche und der Reibungswiderstand. Auch die metazentrische Höhe und damit wurde die Stabilität etwas besser. Die gestrecktere Spantflächenkurve ermöglichte eine höhere Rumpfgeschwindigkeit.

Das V- Spant ist auch noch für heutige Erkenntnisse brauchbar, solange es sich um relativ schmale, schlanke Schiffe handelt. Knickspanter in V- Form ausgesprochen schmal und parallel, errangen überragende Siege bei allen Wetter- und Seeverhältnissen. Sobald ein V- Spanter jedoch breit und bauchig wird, (siehe Skizze), tritt ein Nachteil auf, den mancher Konstrukteur lange nicht erkannte: Das Wasser, das den dickbauchigen Rumpf bei Lage in großem Bogen umfließt, hat das Bestreben, durch die große Lücke zwischen Flossenkiel und achtern liegendem Ruder zu Wollen. Der scharfe Knick des V- Spanters lässt die Strömung beim Überfließen der Mittschifflinie in breiter Bahn ablösen und einen bremsenden Wirbelzopf entstehen.

Ein weiterer Nachteil des breiten V- Spanters ist eine Neigung zu extremer Luvgerichtigkeit bei stärkerer Lage. In der Knickspantversion ist er durch starkes Schlagen des Vorschiffes in kurzem Seegang in Verruf gekommen. Für ein schlankes, schmales Schiff ist das V- Spant auch nach heutigen konstruktiven Erkenntnissen noch tragbar.

Radial- Spant

Das Radial- Spant, unterhalb der Wasserlinie ein Zirkelschlag, wird selten in seiner reinen Form angetroffen. Es ist meistens eine Kombination mit dem U- oder dem trapez- Spant. Grundsätzlich hat das Radial- Spant, in Verbindung mit einem modernen Flossenkiel, die kleinstmögliche benetzte Oberfläche und damit den geringstmöglichen Reibungswiderstand. Unterhalb der

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	2 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Spantformen

Rumpfgrenzgengeschwindigkeit, die ja durch den bewussten Buckel in der Formwiderstandskurve gegeben ist, wird der Vortrieb am besten in Geschwindigkeit umgesetzt. Vortrieb, außer vor dem Wind, ist nun aber auch abhängig von der Stabilität. Da diese beim U- Spant am besten ausfällt, wird das Radial- Spant sinnvollerweise oft mit diesem kombiniert.

U- Spanter

Der U- Spanter ist so alt wie die Jolle. Vor allem wenn mit einem Torpedokiel kombiniert (siehe Skizze), ist seine Anfangsstabilität nicht, und sein Stabilitätsumfang kaum zu übertreffen. Seine größere benetzte Oberfläche kann leicht durch das enorme Segelvermögen kompensiert werden, was den etwas höheren Reibungswiderstand überwindet. Das U- Spant ist prinzipiell die die schnellste Spantform und bei leichten und kleineren Yachten zum Gleiten bei größeren Windstärken geeignet. Sehr schlanke Plattbodenknickspanter sind bei glattem Wasser kaum zu übertreffen.

Der große Nachteil eines U- Spanters liegt schlicht im Seeverhalten. In kurzer, harter See werden seine Bewegungen unerträglich und die Beanspruchungen auf die Verbände sehr groß. Jollenkreuzer-Rümpfe mit Flossenkiel sind also keine Lösung, es sei denn, sie hätten Verbände in überschwerner Ausführung. Damit wäre der Vorteil des großen Geschwindigkeitspotentials allerdings wieder verloren. Reine U- Spanter als Seeschiffe gibt es deshalb kaum.

Trapez- Spant

Der Trapez- Spant verdankt seine Entstehung der IOR- Formel, da auf halber Breite B die Rumpftiefe gemessen wird. Heute ist das durch Formeländerung Mark III längst als Formelfehler erkannt und durch mehrere Messpunkte ausgemerzt (außer für Doppelknickspanter). Inzwischen hatten die findigsten Konstrukteure in Tanktest und Regatten jedoch herausgefunden, dass die Vorteile dieser Spantform weit größer waren als inzwischen wieder verloren gegangene Formelvergünstigung. Das Trapez- Spant scheint tatsächlich mit dem Abstand günstigste Kombination von kleiner benetzter Oberfläche und damit geringem Reibungswiderstand, großer metazentrischer Höhe und damit großem Stabilitätsumfang zu sein. Auch die Anfangsstabilität ist schon bei relativ kleinen Neigungswinkeln beträchtlich. In Kombination mit sogenannten Sachspantern im Vorschiff und flachem Trapez. Spant im Achterschiff lässt sich die bisher bestmögliche Verdrängungsverteilung erreichen. Das bedeutet hohe Rumpfgrenzgengeschwindigkeit bis hinein in den Bereich der „überkritischen“ Verdrängungsfahrt. Auch die gute Seefähigkeit des Trapez- Spanters ist inzwischen unter allen Bedingungen auf großen Seeregatten unter Beweis stellt. Durch den Verzicht auf einen tiefen Vorfuß sind die Bewegungen auch in rauhem Seegang sogar angenehm. Das Vorschiff schiebt sich dabei förmlich über die Wellen ohne zu knallen. Mal ganz volkstümlich gesagt, verdrängt sich Wasser anscheinend besser nach vorn als zur Seite.

Der größte Vorteil des neuen Trapez- Spanters liegt jedoch in der Befolgung des uralten Segelschiff-Konstruktionsprinzips, dass sich von 0° bis 30° Lage die Verdrängungsverteilung des Rumpfes nicht ändern sondern eine gewisse Rumpfsymmetrie herrschen soll. Das richtig konstruierte Trapez- Spant erfüllt diese Forderung. Das Ergebnis ist ein so ausgeglichenes Schiff, wie es bisher als unmöglich erschien. Bei plötzlich einfallenden Böen tritt selbst bei breiteren Rümpfen keine starke Luvgerigkeit auf.

Doppelknickspanter

Der Doppelknickspanter ist praktisch die für den Bau vereinfachte Form des Trapez- Spantes. Alle Vorteile desselben bleiben mehr oder weniger erhalten. Der strakende Verlauf der Knicke in Relation zur Wasserströmung ist hier logischerweise noch wichtiger. Im Gegensatz zur Konstruktion ist der Bau eines Doppelknick- Spanters so einfach, dass man nur bekannte Werften, sondern auch immer mehr Selbstbauer diese Spantform vorziehen.

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	3 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Spantformen

Spantformen

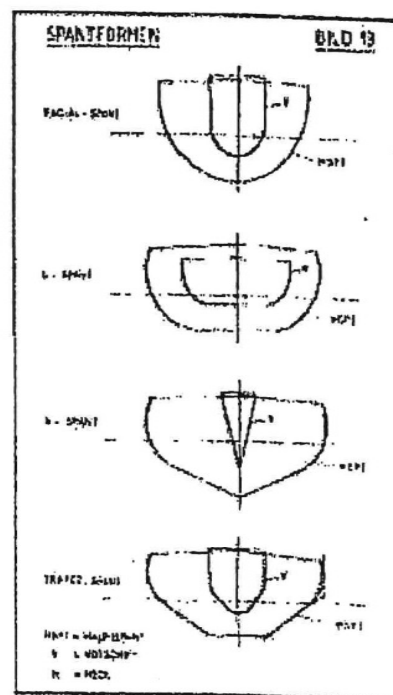
Der Einfluss der Spantformen auf die hydrodynamischen Eigenschaften des Rumpfes ist von besonders großer Bedeutung. Dies vor allen Dingen seitdem man Rumpf und Kiel, wie bei den heute üblichen Flossenkielern, als zwei getrennte Systeme auffassen kann. Die wichtigsten zur Anwendung kommenden Spantformen sind:

- Radial - (Rund-)Spant
- U - Spant
- V - Spant
- Trapezspant

In den meisten Fällen benutzt man eine Kombination der verschiedenen Spantformen, trotzdem möchte ich zunächst zur Verdeutlichung die Eigenschaften der einzelnen Spantformen getrennt betrachten.

Radial-Spant

Der Radial - oder auch Rundspant hat die geringste mögliche benetzte Oberfläche. Da dies besonders bei niedrigen Geschwindigkeiten von Vorteil ist, hat diese Spantform gerade hier ihre Stärken. Der entscheidende Nachteil liegt jedoch, wie schon früher gezeigt, in der nicht vorhandenen Formstabilität, deshalb wird der Radial-Spant meistens mit einem U-Spant kombiniert. Bei konsequenter Anwendung des Radial-Spantes im Heckbereich



führt dies dort zu stark einfallenden Wasserlinien. Es ergibt sich vor allen Dingen bei höheren Geschwindigkeiten eine starke Widerstandserhöhung durch Strömungsablösung (> Druckwiderstand). Bei Modellsegelbooten ist der Einsatz von Radialspanten lediglich unterhalb der Wasserlinie im Vorschiffbereich sinnvoll, und zwar um eine höhere Wendigkeit zu erzielen.

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	4 von 9

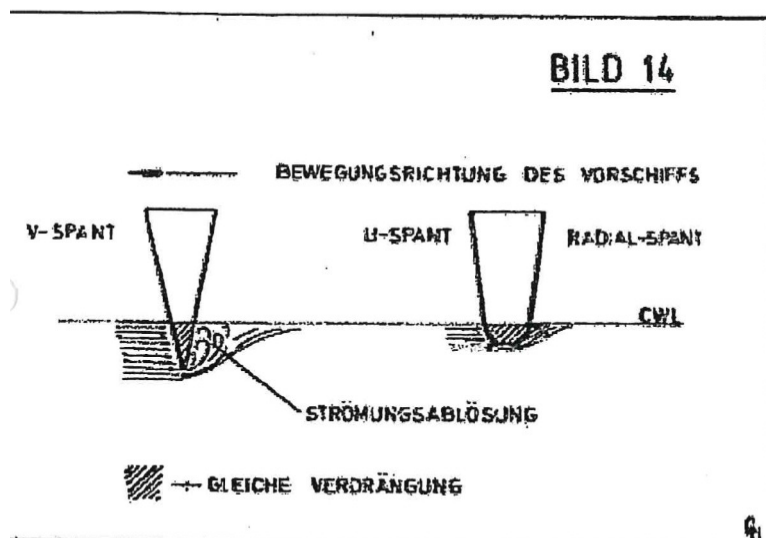
LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Spantformen

V-Spanten

Beim V-Spant ist diese gerade erwähnte gute Wendigkeit, vor allen Dingen bei Anwendung im Vorschiff, nicht vorhanden. Dies insbesondere auf Grund des bei gleicher Verdrängung notwendigen größeren Tiefgangs. Bei jeder Drehbewegung hat der V-Spant sozusagen gegen eine größere „Wasserwand“ anzuarbeiten, als dies bei einem Radial- oder U-Spant der Fall wäre. Außerdem kommt



es in der Wende zu Strömungsablösung am Knick des V-Spantes durch die dort vorhandenen großen Beschleunigungskräfte. Strömungsablösung bedeutet aber wieder Erhöhung des Widerstandes, letztlich wendet ein Schiff mit V-Spanten im Vorschiff also langsamer. Zu den gleichen Ablösungserscheinungen könnte es auch bei Anwendung im Heckbereich kommen, verursacht durch Wasser, welches zwischen Flosse und Ruder hindurchfließt.

Der entscheidende Nachteil des V-Spantes liegt jedoch in der gegenüber anderen Spantformen stärker ausgeprägten Luvgerigkeit. Wie im Kapitel über den

Verdrängungsschwerpunkt ausgeführt, taucht das Vorschiff bei Krängung je nach Rumpfkonstruktion mehr oder weniger stark ein, woraus sich eine Verlagerung des Gesamtlateraldruckpunktes nach vorne ergibt. Der Abstand Segeldruckpunkt-Lateraldruckpunkt sich also verkürzt und das Schiff luvgerig wird. Beim Eintauchen des Vorschiffs baut nun der V-Spant eine größere Seitenkraft auf bzw. verschiebt den Lateraldruckpunkt weiter nach vorne, als dies bei einem Radial- oder U-Spant der Fall wäre.

Der einzige Vorteil von V-Spanten liegt in einem weichen Einsetzen des Vorschiffs in die Wellen. Da Modellsegelboote jedoch meistens auf Revieren mit im Vergleich zur Schiffslänge recht kurzen Wellenlängen segeln, kommt es kaum zu nennenswerten Stampfbewegungen, dies sind Drehbewegungen um die Schiffsquerachse. Im übrigen gibt es auf Modellsegelbooten ja auch kaum jemanden, der harte Stampfbewegungen als unangenehm empfinden könnte. Aus all diesen Gründen ergibt sich, dass der V-Spant bei modernen Regattajachten wenig zu suchen hat.

U-Spant

Wie schon im Kapitel Stabilität und Breite gezeigt, ist der Einfluss der Spantform auf die Stabilität nicht gerade unerheblich und gerade in diesem Punkt ist der U-Spant allen anderen Spantformen gegenüber im Vorteil. Dabei erreicht der U-Spant die größte Formstabilität in der Verbindung von großer Breite mit geringem Tiefgang. Zu große Breite eines U-Spantes, gerade im Bereich des Hecks, führt aber zu einer ausgeprägten Luvgerigkeit und sollte deshalb vermieden werden (siehe Kapitel Verdrängungsschwerpunkt). Ein flacher, relativ schmaler U-Spant als Heckspant ist jedoch bezüglich der erwünschten guten Raumwind- und Gleiteigenschaften unumgänglich. Der U-Spant ermöglicht weiterhin die Konstruktion eines breiten Abrisshecks, welches zur Verminderung des Druckwiderstandes beiträgt. Man sieht, dass gerade im Heckbereich die optimale Konstruktion nur durch einen gelungenen Kompromiss zu finden ist.

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:	Freigabe GF:	Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR 01.11.2019	CI 01.11.2019	5 von 9

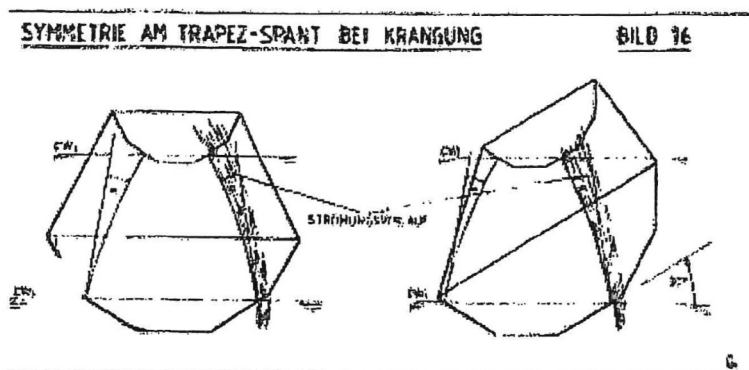
LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Spantformen

Für das Vorschiff ist der U-Spant in Kombination mit dem Radial-Spant uneingeschränkt zu empfehlen. Dies auf Grund der schon erwähnten guten Wendigkeit, sowie der Möglichkeit, schon im Vorschiff relativ viel Verdrängung bei geringem Tiefgang zu konzentrieren. Die damit mögliche gestreckte Verdrängungsverteilung kommt den Segeleigenschaften insgesamt zugute, vor allen Dingen durch eine verminderte Wanderung des Verdrängungsschwerpunktes in Schiffslängsrichtung.

Des weiteren erzeugt der U-Spant im Vorschiff den größten möglichen hydrodynamischen Auftrieb. Dies ist der Auftrieb, den eine schräg angestellte Fläche erzeugt, wenn sie mit hoher Geschwindigkeit durchs Wasser bewegt wird. Dazu einige Anmerkungen zur Theorie des Gleitzustandes: In Bild 15



habe ich die Verhältnisse dargestellt, wie sie an einer ebenen Platte vorliegen würden. Teil a) zeigt die Druckverteilung über den Schiffsboden, aus der die Normalkraft Y (Normalkraft - senkrecht zum Boden) resultiert. Diese Normalkraft Y teilt sich wiederum auf in den hydrodynamischen Auftrieb L und den zusätzlichen Widerstand D, der auch als Spritzerwiderstand bezeichnet werden kann. Mit Spritzern bezeichnet man die nach vorn und zur Seite abgelenkten Wasserteilchen, die bei Gleitfahrt immer

zu beobachten sind und letztlich nichts anderes als den Druckverlust zu den Seiten hin kennzeichnen. Bild b zeigt den immer vorhandenen Restauftrieb L_{Rest} oder auch statischen Auftrieb einer Gleitfläche.

- Eine weitere nicht zu übersehende negative Eigenschaft des U-Spantes ist die größte benetzte Oberfläche, die er im Vergleich zu allen anderen Spantformen hat. Bedenkt man, dass die Größe des Gesamtwiderstandes bei wenig Wind und glattem Wasser fast ausschließlich vom Reibungswiderstand und damit wiederum von der benetzten Oberfläche abhängt, so ist dies ein nicht zu unterschätzender Punkt. So kann es sich durchaus empfehlen, in Revieren mit oben genannten Bedingungen, auf ein Mehr an Formstabilität zu Gunsten der geringeren benetzten Oberfläche zu verzichten.

Trapezspant

Die aufgezählten Vor- und Nachteile der bisher beschriebenen Spantformen führten zur Entwicklung des Trapezspantes. Spricht man von einem Schiff mit Trapez-Spant, so bedeutet dies nun nicht, dass der Trapezspant vom Bug bis zum Heck durchläuft, vielmehr charakterisiert dies nur die Hauptspantform (Spant mit der größten Spantfläche). Die Vorteile des Trapezspantes liegen also vor allen Dingen in der Kombination der guten Eigenschaften anderer Spantformen. Dazu gehört zum Beispiel eine deutlich geringere benetzte Oberfläche als bei einem reinen U-Spant und trotzdem ähnlich gute Formstabilität. Die benetzte Oberfläche des Trapezspantes liegt nur wenig über der des Radialspantes, natürlich immer auf die gleiche Verdrängung bezogen.

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	6 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Spantformen

Ein weiterer wesentlicher Vorteil liegt in dem nahezu symmetrischen Verhalten bei Krängung (Bild 16). Bei welchem Krängungswinkel man hier einen optimalen Wert erreichen will, hängt von den Vorstellungen des Konstrukteurs ab. Ich halte bei Modellsegeljachten etwa 30° Krängung für einen angemessenen Wert. Die hydrodynamischen Vorteile ergeben sich nun nicht unmittelbar aus der Symmetrie des Spantes für sich alleine, sondern aus der Verbindung der einzelnen Trapezspantscheiben in Schiffsängsrichtung. Zeichnet man den Strömungsverlauf an der Wasseroberfläche um den Schiffskörper bei 30° Krängung ein, so erkennt man leicht die Symmetrie der beidseitigen Wasserströmungen zueinander. In dieser Symmetrie liegt grundsätzlich eine Möglichkeit zur Vermeidung von großen Ablösungswinkeln im Bereich des Achterschiffes. In Bild 16 habe ich diese Winkel mit Alpha bezeichnet. Bei vergleichbaren Bedingungen, das heißt gleichem Längen- zu Breitenverhältnis, gleicher Breite am Heck, gleichem Krängungswinkel, würde bei jeder anderen Spantform einer der beiden mit Alpha bezeichneten Winkel größer werden als bei einem Trapezspant. Dieser vergrößerte Winkel Alpha hätte eine frühzeitige Ablösung zur Folge mit daraus resultierendem Druckwiderstand.

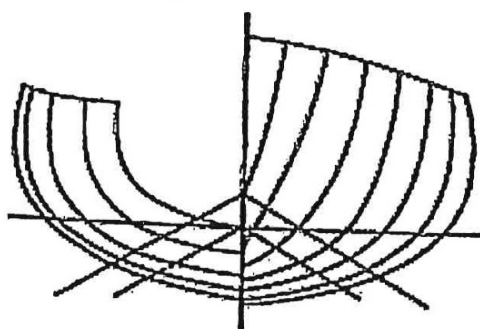
Trapez-Spant



Dieser ist wohl als der ideale Kompromiss aus Rund- und U-Spant zu bezeichnen, noch gute Formstabilität und ausreichend verkeimte Oberfläche. Ausserdem wandert der Verdrängungsschwerpunkt nicht so stark wie beim reinen U-Spant. Dieses würde zu starker Luvgerigkeit bei Krängung führen.

Hier die Beschreibungen verschiedener Spantformen

V-Spant



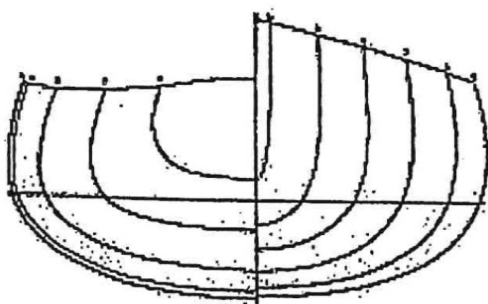
Vorteile:

- Kursstabil
- Luvgerigkeit
- Weiches Eintauchen

Nachteile

- Wende

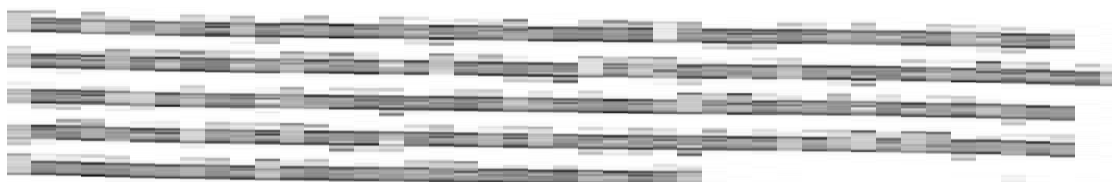
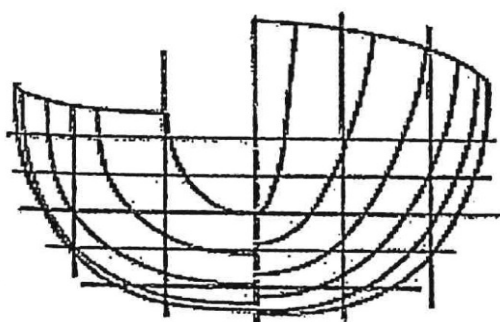
Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	7 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen**03 Stabilität & Schwimmfähigkeit****Spantformen****U - Spant****Vorteile:**

- Vorwindeigenschaft
- formstabil

Nachteile

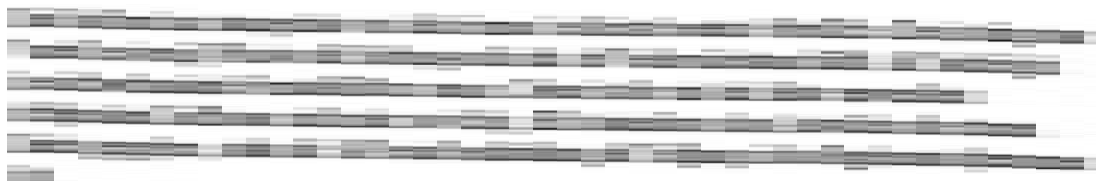
- etwas langsamer da mehr benetzte Fläche

**Radial-Spant****Vorteile:**

- Keine benetzte Fläche
(Lateralfläche klein)

Nachteile

- Keine Formstabilität

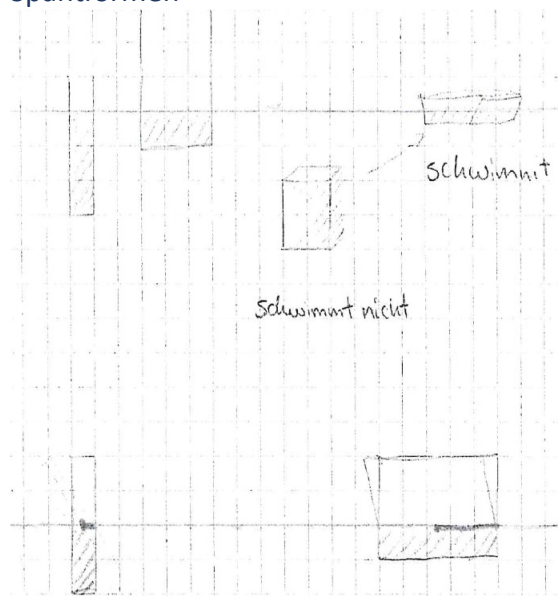


Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	8 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Spantformen



- ↑ Lateralplan
- ↳ Kursstabilität
- aber ↓ Formstabilität
- wenig Bewegung
- ↓ Materialbelastung
- ↓ Belastung Körper
- ↑ steuerbar
- ⊖ viel Wasser über Deck

- ↓ Lateralplan
- ↓ kursstabil
- ↑ Formstabilität
- ↑ große Fläche
- ↳ mehr Energie
- ↑ viel Auftrieb
- ↓ wenig Wasser ü. Deck
- ↓ steuerbar
- ↑ Bewegung
- ↑ Belastung Material + Mensch

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	9 von 9