

## S 4.2 Material- kunde

Unter diesem Titel sollen hier die im Yachtbau gebräuchlichsten Metalle für Rümpfe und Aufbauten mit ihren mechanischen Eigenschaften einigermaßen übersichtlich zusammengefaßt werden.

### Schiffbaustahl

Schiffbaustahl ist durchaus kein teurer Spezialstahl, muß aber bestimmten Anforderungen an Schweißbarkeit, Schmiedbarkeit und Freiheit von Seigerungen genügen und Mindestwerte in bezug auf die mechanischen Eigenschaften erfüllen. Um eine einwandfreie Schweißbarkeit zu gewährleisten, darf sein Kohlenstoffgehalt nicht über 0,23% liegen, was bei den geforderten Festigkeitswerten nur mit Siemens-Martin-Stahl (SM-Stahl) oder nach Sonder-

verfahren erblasenem Stahl möglich ist. Thomas-Stahl scheidet für Schiffbauzwecke aus.

Um nicht unzulässige Konzentrationen auch anderer Beimischungen wie Phosphor oder Schwefel zu bekommen, muß Schiffbaustahl thermisch beruhigt werden, damit nicht in den Brammenmitten Seigerungen, d. h. Ablagerungen dieser nur in Prozentbruchteilen erlaubten Beimischung entstehen können. – Die kurze Bezeichnung für Schiffbaustahl heißt:

*Normalfester Schiffbaustahl.* Er hat  
eine Streckgrenze von 240 N/mm<sup>2</sup> (24 kp/mm<sup>2</sup>),  
eine Zugfestigkeit von  
410–500 N/mm<sup>2</sup> (41–50 kp/mm<sup>2</sup>)  
und eine Bruchdehnung von 22 %

*(Alle mechanischen Werte sind Mindestwerte.)*

Der Begriff „Normalfester Schiffbaustahl“ müßte jedem Fachhändler genügen. Hat dieser Zweifel und Rückfragen, ist das ein bedenkliches Zeichen. Will man sich besser absichern, muß man verlangen, daß jedes Stück mit Herstellerzeichen, Werkstoffbezeichnung und Schmelznummer gestempelt ist. Das Sicherste ist natürlich, Schiffbaustahl mit Prüfattest einer Klassifikationsgesellschaft zu bestellen. Bei kleineren Mengen von nur wenigen Tonnen ist dann allerdings mit längeren Lieferzeiten zu rechnen.

Die meisten Klassifikationsgesellschaften kennen innerhalb des Begriffs „Schiffbaustahl“ noch die Gütegrade A–E, die sich auf die verschiedenen Materialdicken beziehen, bei denen verschieden hohe chemische Beimischungen erlaubt sind. Bis zu Blechdicken von 51 mm ist der Gütegrad A ausreichend.

Außer dem „normalfesten Schiffbaustahl“, gibt es, auch von den Klassifikationsgesellschaften erlaubt, *höherfeste Schiffbaustähle*, die mit ihren wesentlich höheren Streckgrenzen natürlich mehr Schwierigkeiten bei der mechanischen Bearbeitung bedeuten. Gerade noch erträglich in der Bearbeitung erscheint der „höherfeste Schiffbaustahl 32“. Statt der normalen Streckgrenze von 240 N/mm<sup>2</sup> (24 kp/mm<sup>2</sup>) ist sie bei diesem höherfesten Stahl 32 N/mm<sup>2</sup> (32 kp/mm<sup>2</sup>) hoch. Alle Bauteile können bei Verwendung dieses „höherfesten Schiffbaustahls 32“ entsprechend in den Abmessungen verringert werden, was zwar das Gewicht reduziert aber auch Verbeulungen durch Schweißspannungen begünstigt. Letzteres ist auch die Ursache, weswegen zum größten Teil normalfester Schiffbaustahl für den Yachtbau verwendet wird.

### Allgemeine Baustähle

Immer wieder taucht die Frage auf, ob nicht allgemeine

## LF 2.4 Materialkunde Bootsbau: Metall

Baustähle nach DIN 17 100 für den Schiffbau verwendet werden dürfen. Einige der vielen Baustähle können tatsächlich als Ersatz für Schiffbaustahl verwendet werden. Auch Klassifikationsgesellschaften lassen einige Baustähle, wenn auch nur nach besonderer Genehmigung, zum Schiffbau zu.

Um die zu niedrigen und auch die zu hohen Festigkeiten auszuschließen, sind dieses folgende Stahlsorten nach DIN 17 100:

*Allgemeiner Baustahl R ST 37-2 und ST 37-3 mit einer Streckgrenze von 240 N/mm<sup>2</sup> (24 kp/mm<sup>2</sup>), einer Zugfestigkeit von 370–450 N/mm<sup>2</sup> (37–45 kp/mm<sup>2</sup>) und einer Bruchdehnung von 25 %*

Wird die Lieferung dieses DIN-Baustahls garantiert, ist kaum etwas gegen die Verwendung im Yachtbau einzuwenden. Er ist kaum weniger fest als „normalfester Schiffbaustahl“ und leichter auch in kleineren Mengen erhältlich. Der andere Baustahl nach DIN 17 100, der für den Yachtbau noch empfohlen werden kann, ist der

*Allgemeine Baustahl R St 46-2 und St 46-3 mit einer Streckgrenze von 290 N/mm<sup>2</sup> (29 kp/mm<sup>2</sup>), einer Zugfestigkeit von 440–540 N/mm<sup>2</sup> (44–54 kp/mm<sup>2</sup>) und einer Bruchdehnung von 22 %*

Dieser Baustahl ist in seinen mechanischen Werten sogar noch besser, als die des normalfesten Schiffbaustahls. Bei höherer Festigkeit ist die Verformbarkeit nur etwas schwieriger.

### Faltversuche

Für Faltversuche mit Plattenmaterial werden von Klassifikationsgesellschaften 180° Faltungen um einen Dorn, dessen Dicke von der Plattendicke abhängig ist, verlangt. Dafür soll die Dorn Dicke

bei „normalfestem Schiffbaustahl“  
= 3 x Plattendicke,  
bei Baustahl R St 37-2 und St 37-3  
= 1 x Plattendicke und  
bei Baustahl R St 46-2 und St 46-3  
= 2 x Plattendicke sein.

Diesem Faltversuch soll das Material in kaltem Zustand unterzogen werden und diesen rißfrei überstehen.

### Rohrstaht

Als Rohrstaht wird am besten St 35 nach DIN 1629 verwendet. Alle Rohre müssen nahtlos hergestellt sein.

*Rohrstaht St 35 nach DIN 1629 hat eine Streckgrenze von 240 N/mm<sup>2</sup> (24 kp/mm<sup>2</sup>), eine Zugfestigkeit von 350–450 N/mm<sup>2</sup> (35–45 kp/mm<sup>2</sup>) und eine Bruchdehnung von 25 %*

### Nichtrostende Stähle

Nichtrostende Stähle wurden unter der Krupp-Bezeichnung „Nirosta“ schon Anfang unseres Jahrhunderts bekannt. Seitdem gibt es viele Hersteller mit sehr unterschiedlichen Bezeichnungen für ähnliche und gleichwertige hochlegierte Stähle. Die genaue und richtige Bezeichnung erfolgt durch eine sogenannte Werkstoff-Nummer aus dem „Stahlschlüssel“. Als Abkürzung wird in diesem Buch, wenn keine bestimmte Legierung gemeint ist, die Kurzform *Niro* verwendet. Wie schon in der Einleitung angedeutet, kann Niro unter besonderen Umständen durchaus korrosionsanfällig werden. Das ist in Gegenwart des Elektrolyten Seewasser in Form von Kontaktkorrosion in Berührung mit anderen Werkstoffen (besonders geringwertigen Eisenlegierungen), und bei dem Vorhandensein mechanischer Spannungen in Form von Spannungsriß-Korrosion möglich.

Der größte Nachteil liegt in einer Anfälligkeit gegen Lochfraß-Korrosion (kleinen, aber tiefen Anfrassungen), die im Seewasser oder unter feuchten, chlorhaltigen Salzkrusten vor sich geht. Um die letztere Korrosionsart weitgehend einzuschränken, sollten nur bestimmte Niro-Arten mit Molybdän-Legierungsbestandteilen verwendet werden.

Falls also jemand bereit ist, einen hohen Materialaufpreis für Niro zu zahlen, um etwas mehr Beständigkeit einzuhandeln, sollte er nur ganz bestimmte Niro-Legierungen verwenden, die folgende Werte haben:

| Werkstoff Nr. | Streckgrenze in N/mm <sup>2</sup> | Zugfestigkeit in N/mm <sup>2</sup> | Bruchdehnung |
|---------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------|
| 1.4401        | 210                               | 500–700                            | 45 %         |
| 1.4404        | 200                               | 450–700                            | 45 %         |
| 1.4571        | 230                               | 500–750                            | 40 %         |
| 1.4580        | 230                               | 500–750                            | 40 %         |

(1 N = 0,102 kp)

Diese Niro-Legierungen akzeptiert auch der GL für Beanspruchungen durch Seewasser und für Schweißkonstruk-

## LF 2.4 Materialkunde Bootsbau: Metall

tionen. Für andere nichtrostende Stähle sollte der Hersteller die Eignung für den geplanten Verwendungszweck gewährleisten bzw. nachweisen.

Vor Überschätzung der Korrosionsbeständigkeit aller Niro-Legierungen muß gewarnt werden. In unpoliertem Zustand wird eine erstklassige Konservierung und Grundierung nicht überflüssig. Ein Reinigen und Pflegen von polierten Niroteilen ist ebenfalls nicht zu umgehen.

### Leichtmetall

Leichtmetall ist der übergeordnete Begriff für die Aluminiumlegierungen, die auch im Schiffbau für Schweißkonstruktionen Verwendung finden. Da der Hauptlegierungsbestandteil Aluminium ist, wird auch die volkstümliche Bezeichnung *Alu* in diesem Buch weitgehend verwendet, wenn nicht eine bestimmte Legierung bezeichnet werden soll.

Im Laufe der Jahre haben sich in der Praxis nur wenige Legierungen von denen, die als „seewasserbeständig“ angeboten wurden, als ausreichend unproblematisch erwiesen. Dieses ist z. B. die altbekannte Aluminium-Knetlegierung AlMg 3:

| AlMg 3 nach DIN 1725,<br>mit folgenden mechanischen Werten: |                                           |                                            |                   |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|
|                                                             | Streck-<br>grenze<br>in N/mm <sup>2</sup> | Zug-<br>festigkeit<br>in N/mm <sup>2</sup> | Bruch-<br>dehnung |
| Zustand F 21, verfestigt                                    |                                           |                                            |                   |
| Bleche 4–10 mm                                              | 140                                       | 210                                        | 12 %              |
| Zustand F 20, verfestigt,                                   |                                           |                                            |                   |
| Bleche 10–20 mm                                             | 120                                       | 200                                        | 10 %              |
| Zustand F 18, gepreßt,                                      |                                           |                                            |                   |
| Rohre und Profile                                           | 80                                        | 180                                        | 14 %              |
| (1 N = 0,102 kp)                                            |                                           |                                            |                   |

Die Festigkeitswerte dieser bewährten Legierung, vor allem der gepreßten Profile, sind nicht gerade überragend. Das Plattenmaterial ist für den Rumpfbau jedoch gut zu verarbeiten und gut seewasserbeständig.

Für höhere Ansprüche in bezug auf die Festigkeitswerte wurde die Aluminium-Knetlegierung AlMg 4,5 Mn nach DIN 1725 geschaffen, die trotzdem in ausreichendem Maße seewasserbeständig ist. Vor allem die Streckgrenze der Strangpreßprofile, die für Spanten, Decksbalken und Versteifungen verwendet werden, ist doppelt so hoch wie die der AlMg 3-Legierung. Die Bleche gibt es in verfestigtem und in weichem Zustand, wobei nur die verfestigte Ausführung den AlMg 3-Blechen ausreichend überlegen ist. Die

Legierung AlMg 4,5 Mn nach DIN 1725 hat folgende mechanischen Werte:

| AlMg 4,5 Mn nach DIN 1725,<br>mit folgenden mechanischen Werten: |                                           |                                            |                   |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|
|                                                                  | Streck-<br>grenze<br>in N/mm <sup>2</sup> | Zug-<br>festigkeit<br>in N/mm <sup>2</sup> | Bruch-<br>dehnung |
| Zustand F 39, verfestigt,                                        |                                           |                                            |                   |
| Bleche 4–30 mm                                                   | 210                                       | 300                                        | 12 %              |
| Zustand F 28, weich,                                             |                                           |                                            |                   |
| Bleche 4–30 mm                                                   | 125                                       | 280                                        | 16 %              |
| Zustand F 28, gepreßt,                                           |                                           |                                            |                   |
| Profile und Rohre                                                | 160                                       | 280                                        | 12 %              |
| (1 N = 0,102 kp)                                                 |                                           |                                            |                   |

Es ist bei Verwendung der richtigen Schweißelektrode möglich, die Legierungen AlMg 3 und AlMg 4,5 Mn zusammenzuschweißen. Wegen kleiner elektrolytischer Spannungs-Differenzen ist es jedoch ratsam, die gesamte Außenhaut aus dem gleichen Material herzustellen und eventuell nur die Innenverbände aus der anderen Legierung zu verwenden. So wird es hin und wieder praktiziert, für das Außenmaterial das wohl am besten seewasserbeständige und gut verformbare AlMg 3 zu wählen und die Innenverbände aus dem für Strangpreßprofile festeren AlMg 4,5 Mn F 28 anzulagern.

### Gußteile

Gußteile aus Alu, Stahl oder Niro sind generell möglich. In der Yachtkonstruktion werden sie für den Rumpfbau jedoch so selten angewendet, daß sie hier nicht besonders behandelt werden sollen.

### Längenausdehnung

Die Längenausdehnung durch Temperaturänderung ist eine Materialeigenschaft, die nur dann interessant wird, wenn z. B. Stahlrümpfe mit Alu-Aufbauten versehen werden, was öfter vorkommt. Alu hat die doppelte Längenausdehnung wie Stahl. Sie beträgt für:

|                                       |
|---------------------------------------|
| Alu = 0,024 mm pro Kelvin und Meter   |
| Stahl = 0,012 mm pro Kelvin und Meter |

Diese Tatsache hat der Konstrukteur bei der Verbindungsdimensionierung von Bauteilen verschiedenen Materials zu berücksichtigen.

Die Angabe des zu verwendenden Materials ist eine Aufgabe des Konstrukteurs.

Die hier genannten Alu-Legierungen AlMg 3 und AlMg 4,5 Mn, verfestigt, erleiden im Bereich von Schweißungen eine Reduzierung der Streckgrenze um ca. 20 %, bei weichem Material ist diese Reduzierung unwesentlich.