



Das „Classic Forum“ präsentiert:

Fachartikel – Metallarten –

Wichtige
Grundlagen-
Informationen

22004-2023

Metall I

Metallarten

Technische Merkmale, Reinigung & Pflege,
Schutzmittel & Anstriche gegen Oxidation

von *Bernd Klabunde*



© **Bernd Klabunde, Eckernförde**

Alle Rechte vorbehalten. – Kein Teil dieses Textes oder irgendeine Abbildung dürfen ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verfassers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder irgendeine andere Art genutzt oder verbreitet werden.



Vorwort

Da ich selbst eine alte hölzerne Jolle vom Typ „Pirat“ (Baujahr 1959) besass, ist der nachfolgende Text 1998 für eine von mir erstellte Loseblattsammlung („*Piraten-Oldies - Info-Blatt für Holzboot-Segler*“ / 1997-2004) entstanden und mit der Zeit weiterentwickelt worden. Der 1998er Grund war anfänglich, um mir damals selbst und schliesslich auch anderen Eignern Tips beim Restaurieren ihres „Piraten“ zu geben und ein Verstehen des Materiales „Metall“ und seiner Leistungsfähigkeiten zu ermöglichen. Diese Sammlung mit ihren insgesamt 27 Ausgaben und schliesslich über 450 Seiten, stiess letztendlich sogar auf ein grosses Interesse von Eignern, die andere und grössere Schiffe besaßen. – Für die jetzige Auflage zu diesem Thema wurde der Inhalt von mir umfassend überarbeitet.

Metalle, Metalle! Überall an Bord findet man diese - egal, aus welchem Material ein Boot selbst besteht. Schiffseigner kommt darum nicht umhin, sich auch mit dem Thema „Metalle“ zu befassen und den Möglichkeiten, dieses Metall auf Dauer zu schützen.

Nun werden auf dem Markt immer wieder z.B. Bootsbeschläge angeboten, die den notwendigen Anforderungen in keiner Weise gerecht werden. Hinzukommen verstärkt zahlreiche Imitate aus gerade asiatischen Ländern, die vielleicht auf dem ersten Blick sogar äusserlich bekannten Marken gleichen, aber letztlich als „Schrott“ zu bezeichnen sind. Solche Beschläge sind wohl günstiger zu haben, doch es handelt sich klar um unbrauchbare „Betrüger-Ware“!

Als weiteres Kriterium für alle möglichen Beschläge gilt: „*Messing*“ ist noch lange nicht „*Messing*“ oder „*Stahl*“ noch lange nicht gleich „*Stahl*“, denn erst die (chemische) Zusammensetzung, die Legierung, sagt etwas über die wirklichen Fähigkeiten der jeweiligen Metalle aus. Und wenn diese Zusammensetzung nicht bekannt ist und es sich um minderwertige Legierungen handelt, dann kann es zu fatalen Folgen kommen.

Aus diesem Grund möchte ich Ihnen nun mit diesem Fachartikel ein Fenster zu diesem Wissen über die technischen Fähigkeiten von Metallen öffnen.



Inhaltsverzeichnis (1)

Eine Übersicht der nachfolgend angesprochenen Themenbereiche:

Vorwort	Seite	2
Inhaltsverzeichnis	Seite	3
Grundsätzliches	Seite	5
Begrifflichkeiten	Seite	7
Leichtmetalle vs. Schwermetalle	Seite	7
Legierungen	Seite	7
Berechnung von Legierungen	Seite	8
Beständigkeit	Seite	8
Erhöhungen oder Verminderungen durch Legierungen	Seite	9
Einwirkende Kräfte	Seite	10
Ganz wichtige Hinweise zur Gesundheit!	Seite	10
Metalle	Seite	11
Aluminium	Seite	11
Bronze	Seite	12
Eisen, bzw. Stahl	Seite	13
Stahl	Seite	13
Nirosta	Seite	16
Hartmetall	Seite	18
Kupfer	Seite	18
Messing	Seite	19
Silber	Seite	19
Zink	Seite	20
Anmerkungen zum Schluss des Kapitels „Metalle“	Seite	20
Reinigung & Pflege	Seite	21
Bei Aluminium	Seite	21
Bei Bronze	Seite	22
Bei Eisen, bzw. Stahl	Seite	23
Bei Kupfer	Seite	23
Bei Messing	Seite	24
Bei Silber	Seite	25
Bei Zink	Seite	25
Bei Chrom	Seite	25
Zusammenstellung der Metalle und ihrer Reinigungs- und Pflegemittel	Seite	27
Grundsätzliches zu Schutzmitteln gegen Oxidation	Seite	28
Rostschutzmittel	Seite	28
Brünierung	Seite	28
Durchtränkung	Seite	29
Penetration	Seite	29
Versiegelung	Seite	29
Anstriche zum Schutz von Metallen	Seite	30
Abriebfestigkeit	Seite	30
Wetterbeständigkeit	Seite	30
<u>Ungeeignete Anstrichmittel für Metalle</u>	Seite	30
Acryl-Lacke (1K)	Seite	30
Harnstoffharz-Lacke (1K)	Seite	30
Melaminharz-Lacke (1K)	Seite	31
Polyester-Lacke (1K)	Seite	31
Spiritus-Lacke (1K)	Seite	31
Harnstoffharz-Lacke (2K)	Seite	31
Melaminharz-Lacke (2K)	Seite	31
Phenolharz-Lacke (2K)	Seite	31



Inhaltsverzeichnis (2)

Geeignete 1K-Anstrichmittel für Metalle	Seite 31
Alkydharz-Lacke (1K)	Seite 31
Öl-Lacke (1K)	Seite 32
Polymerisatharz-Lacke (1K)	Seite 33
Polyurethanharz-Lacke (1K)	Seite 33
Wasser-Lacke (1K)	Seite 34
Zellulose-Lacke (1K)	Seite 34
Geeignete 2K-Anstrichmittel für Metalle	Seite 35
Epoxidharz-Lacke (2K)	Seite 35
Polyester-Lacke (2K)	Seite 36
Polyurethanharz-Lacke 1 (2K)	Seite 36
Polyurethanharz-Lacke 2 (2K)	Seite 37
Silikonharz-Lacke (2K)	Seite 37
Übersicht der Leistungsfähigkeiten von Lacken/Harzen	Seite 38
Schlusswort	Seite 40
Anhang	Seite 41
1 Verwendete und weiterführende Literatur und Unterlagen	Seite 41
2 Nachweis der enthaltenen Abbildungen und Tabellen	Seite 43



Grundsätzliches

Es gibt ein paar grundsätzliche Anmerkungen zum Thema „Metall“, die ich Ihnen hier gleich am Anfang zusammengestellt habe:

„Die erforderlichen Fähigkeiten von Metallen an Bord richten sich nach den jeweiligen Einsatzgebieten.“

„Die Legierungen müssen dem Bedarf gerecht werden.“

„Nicht jede Legierung kann für alle Bereiche verwendet werden.“

„Kennt ein Verkäufer die genaue Legierung nicht oder kann diese nicht schriftlich bestätigen, hat der Käufer im Ernstfall das Nachsehen!“

„Nicht jedes schön aussehende Metall (z.B. Bronze oder Messing) ist auch für jeden Bereich an Bord geeignet.“

„Und auch Metalle bedürfen - allein aus Sicherheitsgründen - einer laufenden Pflege und Kontrolle.“

„Wer also sicher gehen möchte, dass nicht irgendein Metallteil - dann, wenn es darauf ankommt! - bricht, der sollte sich vorher unbedingt mit den Leistungsdaten von Metallen beschäftigen und sich auch mit den Antworten zur richtigen Pflege oder einem Schutzanstrich von Metallen auseinandersetzen.“

Zudem sollte sich jeder Bootseigner folgenden Fragen stellen, der Metalle an Bord hat oder/und diese in irgendeiner Form einsetzen möchte:

1. **„Ist mein Revier das Salz- oder das Süßwasser?“**
..... denn Salzwasser ist gegenüber den Metallen aggressiver, denn das Süßwasser.
2. **„Welchen Belastungen/Kräften ist das Metall an Bord ausgesetzt?“**
..... denn nicht jedes Metall/jede Legierung ist allen Anforderungen gewachsen.

Wie bei allen Dingen im Leben, so spielt auch der Preis eine wichtige Rolle bei der Kaufentscheidung. Aus diesem Grund sind manche Hersteller von Metallteilen versucht, minderwertige Legierungen zu verarbeiten. Dass dadurch die Leistungsfähigkeit von Metallen ggf. gravierend verringert wird und es dadurch zu unabsehbaren Folgen kommen kann, wird geflissentlich verschwiegen: „*verkauft ist eben verkauft!*“

Demzufolge ist gerade bei entscheidenden Metallteilen an Bord (z.B. wichtigen Beschlägen oder Teilen innerhalb einer Winsch) darauf zu drängen, dass der Verkäufer einem die Legierungsart schriftlich (!) versichert. Allerdings muss sich ein Käufer vorher entsprechend informiert haben, damit er die Qualität des angebotenen Teiles bestätigen kann!

Leider ist öfters so, dass auch der Weiterverkäufer, der ein solches Teil zum Kauf anbietet, diese genauen Daten nicht kennt, da der eigentliche Hersteller darüber „geschwiegen“ hat.

Der Satz „*Ich bin nicht so reich, um billig kaufen zu können*“ hat somit plötzlich eine ganz realistische Bedeutung und könnte in diesem Zusammenhang sogar als ein Element der Selbsterhaltung verstanden werden!

Beispiel: Ein gebrochener Wantenspanner lässt unter starker Belastung den Mast „von oben kommen“ oder eine Klampe reißt und der Festmacher hat bei Starkwind keinen Halt mehr!

Beispiel: Nehmen wir einmal eine Winsch auf einem Segelboot, die bekanntlich nicht zu den preiswerten Teilen an Bord gehört. Wenn dort Zahnräder oder selbst die Kurbel nicht aus einer belastbaren (also einer billigen) Legierung bestehen (wenn diese denn aus Metall bestehen!), dann kann es während eines Manövers bei Starkwind - wenn gerade dann die Winsch „ihren Geist aufgibt“ - zu schwerwiegenden Folgen für Schiff und Mannschaft kommen.



In diesem Fachartikel erhalten Sie dazu grundlegende Hinweise, wie sich die einzelnen Zuschläge bei Metallen auf die Leistungsfähigkeit auswirken. Und es sollte jedem dabei aber auch klar sein, dass es bei Metallen nicht die „eierlegende Wollmilchsau“ gibt - es demzufolge keine Legierung für sämtliche Einsatzbereiche gibt!

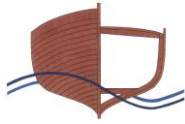
Doch nicht nur Nieten, Püttings, Ruderbeschläge, Schrauben, Wanten, Winschen usw. an Bord bestehen aus Metall, sondern auch viele, viele andere Teile: z.B. Bohrer, Sägeblätter usw., die wir bei der Winterarbeit oder einer Restaurierung benötigen. Diese Metalle haben notwendigerweise jeweils unterschiedliche Eigenschaften, über die wir etwas wissen sollten, wenn wir neue Metallteile beim Boot einsetzen/benutzen oder erkennen, dass das vorhandene Metall nicht über die erforderlichen Eigenschaften verfügt. So werden/können auf einem Schiff folgende Grundformen von Metallen vorhanden sein:

Aluminium	=	in verschiedenen Legierungen,
Bronze	=	in verschiedenen Legierungen (auf <i>Kupfer</i> -Basis),
Eisen/Stahl	=	in verschiedenen Legierungen (gilt auch für <i>Hartmetall</i> , <i>Nirosta</i>),
Kupfer	=	in verschiedenen Legierungen,
Messing	=	in verschiedenen Legierungen (auf <i>Kupfer</i> -Basis),
Silber	=	nur in „gewissen Ausnahmefällen“ vorhanden,
Zink	=	in verschiedenen Legierungen.

TIP:

Wer ganz sichergehen will - und das erforderliche „Kleingeld“ auszugeben bereit ist - lässt sich seine (wichtigen) Beschläge extra anfertigen/giessen. Dann kann der Eigner die Legierung selbst bestimmen und erhält auch diese dann auch bestätigt (z.B. für den Versicherungsfall!!).

Die Firma „DAUELSBERG“ in Delmenhorst ist z.B. für derartige Aufgaben prädestiniert und besitzt auf dem Gebiet der Herstellung von Beschlägen eine lange Erfahrung. Sie hat z.B. auch die Gussformen der Werft von „Abeking & Rasmussen“ übernommen.



Begrifflichkeiten

Damit einige weitere Fachbegriffe zu den verschiedenen Metallen nicht „böhmische Dörfer“ bleiben, hier nun dazu die Erklärungen zu diesen wichtigen, aber nicht allgemein bekannten Begrifflichkeiten:

Leichtmetalle vs. Schwermetalle

Die Metalle werden unterschieden in „Leichtmetalle“, die ein Gewicht von kleiner/gleich 5.000 kg/m^3 haben und den „Schwermetallen“, die ein Gewicht von mehr als 5.000 kg/m^3 auf die Waage bringen.

Für Legierungen kommen aber auch „Halbmetalle“ und „Nichtmetalle“ in Frage. „Halbmetalle“ sind Feststoffe. Sie stehen zwischen den Metallen und den „Nichtmetallen“ und können vom Aussehen her weder dem einen noch dem anderen zugeordnet werden. „Nichtmetallen“ fehlen dagegen jegliche metallischen Eigenschaften, dienen aber beim Schmelzvorgang sozusagen als „Zuschlagsstoffe“.

Als Bestandteile für Legierungen stehen in der **1.Tabelle** - neben verschiedenen Karbiden - folgende zur Debatte (jeweils u.a. mit ihrer chemischen Kurzform, ihrem spezifischen Gewicht und ihrem Schmelzpunkt):

Art	Kennzeichen	spezifisches Gewicht	Metallart	Schmelztemperatur
Aluminium	(Al)	2.700 kg/m^3	Leichtmetall	659,0°
Beryllium	(Be)	1.850 kg/m^3	Leichtmetall	1.280,0°
Blei	(Pb)	11.300 kg/m^3	Schwermetall	327,4°
Cadmium	(Cd)	8.640 kg/m^3	Schwermetall	321,1°
Chrom	(Cr)	7.200 kg/m^3	Schwermetall	1.903,0°
Eisen	(Fe)	7.860 kg/m^3	Schwermetall	1.536,0°
Kobalt	(Co)	8.900 kg/m^3	Schwermetall	1.493,0°
Kohlenstoff	(C)	3.500 kg/m^3	Nichtmetall	3.800,0°
Kupfer	(Cu)	8.960 kg/m^3	Schwermetall	1.083,0°
Magnesium	(Mg)	1.740 kg/m^3	Leichtmetall	650,0°
Mangan	(Mn)	7.430 kg/m^3	Schwermetall	1.244,0°
Molybdän	(Mo)	10.220 kg/m^3	Schwermetall	2.620,0°
Nickel	(Ni)	8.910 kg/m^3	Schwermetall	1.455,0°
Niob	(Nb)	8.550 kg/m^3	Schwermetall	2.468,0°
Phosphor	(P)	1.820 kg/m^3	Nichtmetall	44,0°
Schwefel	(S)	2.070 kg/m^3	Nichtmetall	113,0°
Silizium	(Si)	2.330 kg/m^3	Halbmetall	1.423,0°
Tantal	(Ta)	16.000 kg/m^3	Schwermetall	2.996,0°
Titan	(Ti)	4.500 kg/m^3	Leichtmetall	1.670,0°
Vanadium	(V)	6.120 kg/m^3	Schwermetall	1.890,0°
Wolfram	(W)	19.270 kg/m^3	Schwermetall	3.390,0°
Zink	(Zn)	7.130 kg/m^3	Schwermetall	419,5°
Zinn	(Sn)	7.290 kg/m^3	Schwermetall	231,9°

Legierungen

Da die genannten Metalle nur selten in ihrer reinen Form auf dem Markt für Bootszubehör anzutreffen sind, sondern immer in einer bestimmten Legierung, muss hier etwas zu den Eigenschaften solcher Legierungsanteile gesagt werden.

Legierungsbestandteile sollen dazu führen, dass ein Metall dem späteren Bedarf, also der notwendigen Leistungsfähigkeit, angepasst wird.

Diese im Schmelzprozess beigefügten Legierungsbestandteile verändern die Leistungsfähigkeiten von Metallen zum Teil sehr erheblich! Aus diesem Grund ist es wichtig, dass das auf einem Schiff einzusetzende Metall den jeweils erforderlichen Anforderungen entspricht, denn es ist durchaus möglich, dass ein Hersteller billigere Legierungen einsetzt, um Kosten zu sparen oder um mit vergleichbaren Produkten anderer Hersteller noch konkurrieren zu können = das Nachsehen hat dann der Schiffseigner, wenn es eben einmal wirklich auf die Leistungsfähigkeit von z.B. Beschlägen oder Bestandteilen einer Wünsch ankommt!



Bei den Legierungen werden üblicherweise verschiedene Anteile hinzugefügt, die aber in ihrem Prozentsatz sehr unterschiedlich sein können.

Von den zahlreichen Kombinations-Möglichkeiten sind einige in der **2.Tabelle** aufgeführt

(■ = Metalle / k = Karbide / □ = keine Legierungsbestandteile):

Legierungszuschlag →	Aluminium	Beryllium	Blei	Chrom	Kupfer	Eisen	Kobalt	Kohlenstoff	Magnesium	Mangan	Molybdän	Nickel	Niob	Phosphor	Schwefel	Silizium	Tantal	Titan	Vanadium	Wolfram	Zink	Zinn	
Basismetall ↓	Al	Be	Pb	Cr	Cu	Fe	Co	C	Mg	Mn	Mo	Ni	Nb	P	S	Si	Ta	Ti	V	W	Zn	Sn	
Aluminium	■	□	■	□	■	□	□	□	■	■	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□	■
Bronze	□	□	■	□	□	■	□	□	□	■	□	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Kupfer-Alu-Bronze	□	□	□	□	□	■	□	□	□	■	□	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Kupfer-Zink-Messing	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■	□
Kupfer-Zinn-Bronze	□	□	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■
Stahl / niedriglegiert	□	□	□	■	□	□	□	■	□	■	□	□	□	□	□	■	□	□	■	■	□	□	□
Stahl / hochlegiert	□	□	□	■	□	□	□	■	□	□	■	■	□	□	□	■	□	■	■	■	□	□	□
Stahl / „Niro“	■	□	□	■	□	□	□	■	□	□	■	■	□	□	□	□	□	■	■	□	□	□	□
Stahl / sonstige	□	□	■	■	□	□	□	□	□	■	■	■	■	□	■	■	□	□	■	■	□	□	□
Hartmetall	□	□	■	■	□	□	■	■	□	■	■	■	□	■	□	□	□	■	k	□	k	□	□
Zink	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□

Berechnung von Legierungen

Bei der Formulierung und der Gewichts-Berechnung von Legierungen wird - wie in den zwei Beispielen einer *Kupfer*-Legierung mit *Zink* gezeigt - fachgerecht vorgegangen:

$$\begin{aligned}
 \text{Cu90Zn10} &= \frac{\text{(spez. Cu-Gewicht)}}{90 \% \text{ von } 8.900 \text{ kg/m}^3} + \frac{\text{(spez. Zn-Gewicht)}}{10 \% \text{ von } 7.100 \text{ kg/m}^3} = 8.720 \text{ kg/m}^3; \\
 \text{Cu55Zn45} &= 55 \% \text{ von } 8.900 \text{ kg/m}^3 + 45 \% \text{ von } 7.100 \text{ kg/m}^3 = 8.090 \text{ kg/m}^3.
 \end{aligned}$$

Beständigkeit

Gleichzeitig sollen die Metalle beständig gegenüber äusseren Einflüssen sein, so z.B. gegenüber aggressiven Stoffen. Diese können sich in der Luft, im Wasser oder in dem Material befinden, an/in das ein Metallteil gebaut wird (denken wir dabei nur einmal an die säurehaltigen Stoffe in verschiedenen Hölzern!), aber auch in Reinigungsmitteln usw.

Die **3.Tabelle** informiert über diese Empfindlichkeiten, wobei bei Legierungen natürlich immer die Höhe des jeweiligen Anteiles eine Rolle spielt.

Zu den Buchstaben über die Empfindlichkeiten gegenüber äusseren Einflüssen:

- A** = Salzsäure,
- B** = Schwefelsäure,
- C** = Salpetersäure,
- D** = Natronlauge,
- E** = Nässe,
- F** = feuchte Luft,
- G** = heisse Luft [über 400°C.].



Zu den Symbolen bezüglich der Resultate:

- = Beständigkeit des Metalles ist gegeben;
- = bedingt beständig, abhängig von Konzentration, Temperatur und der Zusammensetzung der aggressiven Substanz;
- = wenig beständig;
- = unbeständig, sogar eine rasche Zersetzung des Metalles ist möglich;
- nb = nicht bekannt / keine Angaben bisher gefunden.

Einflüsse → Metallart ↓	Chem. Kennzeichen	A Salzsäure	B Schwefelsäure	C Salpetersäure	D Natronlauge	E Nässe	F feuchte Luft	G hohe Temperatur
Aluminium	(Al)	□□	□□	■■■	□□	nb	■■■■	■■■
Beryllium	(Be)	□□	nb	nb	nb	nb	■■■■	nb
Blei	(Pb)	■■■	■■■■	□□	□	□	■■■■	■■■
Cadmium	(Cd)	□	nb	nb	nb	nb	nb	nb
Chrom	(Cr)	□□	□□	■■■■	□	nb	■■■■	■■■
Eisen	(Fe)	□□	□□	□	■■■■	□	□□	□
Kobalt	(Co)	□□	□	□□	■■■■	nb	■■■	□□
Kupfer	(Cu)	□	□□	□□	■■■■	■■■■	■■■	□
Magnesium	(Mg)	□□	□□	□□	■■■■	■■■	□	□
Mangan	(Mn)	□□	□□	nb	nb	nb	□	□□
Molybdän	(Mo)	■■■■	■■■■	□	■■■■	nb	■■■■	□□
Nickel	(Ni)	■■■	■■■	□	■■■	■■■	■■■■	■■■
Niob	(Nb)	nb	□□	nb	nb	nb	nb	□
Phosphor	(P)	nb	nb	nb	nb	nb	nb	□□
Schwefel	(S)	nb	nb	nb	nb	nb	nb	□□
Silizium	(Si)	■■■■	■■■■	□□	nb	■■■	■■■■	■■■
Tantal	(Ta)	■■■■	□	■■■■	□	■■■■	■■■■	□□
Titan	(Ti)	■■■	□	■■■■	■■■	■■■	■■■■	□□
Vanadium	(V)	nb	□	nb	nb	nb	nb	□
Wolfram	(W)	■■■■	■■■■	□	■■■■	nb	■■■■	■■■■
Zink	(Zn)	□□	□□	□□	□□	nb	nb	nb
Zinn	(Sn)	■■■	■■■	■■■	□	□	■■■■	■■■

Erhöhungen oder Verminderungen durch Legierungen

In der nachstehenden **4.Tabelle** sind beispielhafte Auswirkungen von Legierungsbestandteilen auf ein Metall zu entnehmen:

▲ = Erhöhungen / ▼ = Verminderungen / – = ohne besondere Wirkung / nb = nicht bekannt

Legierungszuschlag →	Aluminium	Chrom	Cobalt	Kohlenstoff	Mangan	Molybdän	Nickel	Phosphor	Schwefel	Silizium	Stickstoff	Vanadium	Wasserstoff	Wolfram
Leistungsfähigkeit ↓	Al	Cr	Co	C	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	N ₂	V	H ₂	W
Härte	nb	▲	▲	▲	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	▲
Korrosionsbeständigkeit	–	▲	nb	nb	–	–	▲	▲	▼	▲	nb	▲	nb	–
Schweisbarkeit	▲	▼	nb	nb	▼	▼	▼	▼	▼	▼	nb	▲	nb	–
Verschleißfestigkeit	▼	▲	▲	▲	▼	▲	▼	–	–	▲	nb	▼	nb	▲
Zerspanbarkeit	–	–	nb	nb	▼	▼	▼	▲	▲	▼	nb	–	nb	▼
Zugfestigkeit	–	▲	nb	▲	▲	▲	▲	▲	–	▲	nb	▲	▲	▲



Einwirkende Kräfte

Bei den auf ein Metall einwirkenden Kräften aus dem Gebiet der Mechanik geht es in erster Linie um *Biegung, Drehung, Druck, Knickung, Scherung, Torsion* und *Zug*. Auch hier sollen Legierungen Verbesserungen bewirken.

Diese genannten Kräfte werden heutzutage nach *Newton* angegeben. Im folgenden Beispiel geht es um die Zugfestigkeit und wie sie angegeben wird:

$$\begin{aligned} 140 \text{ N/mm}^2 &= [\text{N=Newton}]; \\ = 14 \text{ kp/mm}^2 &= [\text{kp=Kilopond}] / \text{Mindest-Bruchfestigkeit} = \sim 13,734 \text{ Deka Newton}; \\ = 1.400 \text{ kp/cm}^2 &= [\text{kp=alte Form, ist nicht mehr gültig!}]. \end{aligned}$$

Ganz wichtige Hinweise zur Gesundheit!

Zum Schluss der Begrifflichkeiten einige wichtige Hinweise, die bitte bei der Bearbeitung von Metallen unbedingt zu berücksichtigen sind, denn ihre Gesundheit steht trotz allem immer an 1.Stelle:

Bei einem Beschleifen von Metallen sollte auf jeden Fall wenigstens ein Mund- und Nasenschutz getragen werden, denn deren Schleifstäube sind grundsätzlich unserer Gesundheit nicht zuträglich!!

Wenn Metalle maschinell bearbeitet werden, dann sollte unbedingt eine Schutzbrille mit Gläsern aus Kunststoff getragen werden, denn die feinen und ggf. heißen Metallspäne können sonst im wahrsten Sinne des Wortes „ins Auge geh'n“!

Tragen Sie bitte beim Entfernen und auch beim Auftragen von Anstrichmitteln, die eine Oxidation von Metallen verhindern sollen, immer eine entsprechende Schutzmaske; noch besser: eine Doppeltopf-Schutzmaske!!



Metalle

Wenn wir nun zu den verschiedenen Metallen an Bord kommen, so handelt es sich in folgender Reihenfolge um die Beschreibungen von:

Aluminium	=	ein Leichtmetall;
Bronze	=	eine Legierung besonders für klassische und traditionelle Boote;
Eisen/Stahl	=	überall an Bord zu finden (auch als <i>Hartmetall</i> oder <i>Nirosta</i>);
Kupfer	=	in reiner Form heutzutage seltener an Bord zu finden;
Messing	=	eine Legierung, die auch bei modernen Schiffen im Einsatz ist;
Silber	=	ein Edelmetall, das sich jedoch zumeist nur in der Form von Regattapreisen u.ä. an Bord befindet;
Zink	=	als Anoden bei Schiffen mit einem Motor und einer unter Wasser befindlichen Schraube (zumeist aus Messing oder Bronze) montiert.

All' diese Metalle finden irgendwo eine Verwendung auf unseren Booten: in der Zeit, wenn man unterwegs ist oder bei der winterlichen Überholung oder bei einer Restaurierung. Ob es um ein dabei verwendetes Werkzeug aus Metall oder um einen der zahlreichen Beschläge handelt.

Aluminium

Dieses Metall ist verhältnismässig leicht (=rund 2.700 kg/m^3 =etwa 33 % von Stahl), von silbrig-grauer matter Farbe und es kann gut elektrischen Strom leiten. Gewonnen wird es aus Bauxit, welches neben etwa einem 60 %igen Gehalt von *Tonerde=Aluminiumoxid* (chemisch= Al_2O_3) auch zumeist *Eisenoxid* enthält. Das *Aluminium* ist erst seit 1827 bekannt, bzw. das Verfahren zu seiner Gewinnung.

Das Leichtmetall *Aluminium* wird in verschiedenen Formen angeboten und zwar als:

Reinaluminium

Diese Form (99,99 %) ist sehr weich (Zugfestigkeit= 70 N/mm^2) und wird erst durch eine Kaltverformung wesentlich stabiler (Zugfestigkeit=dann bis zu 150 N/mm^2). – Hierzu gibt es u.a. nähere Informationen in den DIN 1712, 1725 (EN 1706), 17007 (EN 573-1) usw.

Legierungen

Durch eine geringe Beimengung von *Kupfer* (*Kupfer*-Anteile sollten dabei stets gering bleiben!), *Magnesium*, *Mangan*, *Silizium* oder *Zinn* kann eine Zugfestigkeit erreicht werden, die fast der von *Stahl* entspricht (=mindestens 500 N/mm^2)! Solche Alu-Legierungen (Guss- oder Knetlegierungen) haben ein Gewicht von 3.000 bis über 4.000 kg/m^3 (siehe DIN1725).

Die Bezeichnung für eine solche Legierung lautet dann z.B.:

AlCuMg2 F45 = (Al=*Aluminium*, Cu=*Kupfer*, Mg2=2 % *Magnesium* [1-7%], F45=Zugfestigkeit in einem $1/10 \text{ N/mm}^2$ / real= 450 N/mm^2).

Legierungen mit der überwiegenden Basis von *Aluminium* können auch sein:

AlMg3Si = (*Aluminium*, *Magnesium*=3 %, *Silizium*=bis 1 %),

AlMg7 = (*Aluminium*, *Magnesium*=7 %),

AlMgMn = (*Aluminium*, *Magnesium* + *Mangan*=jeweils bis 1 %),

AlSi10Mg = (*Aluminium*, *Silizium*=10 %, *Magnesium*=bis 1 %),

G-AlMg3 = (Guss; *Aluminium*, *Magnesium*=3 %).

Gerade von der Legierung „AlMg3“ wird gemeint, dass es die für den Bootsbau ist, da diese absolut salzwasserbeständig sei. – Weitere Daten zu diesem Metall sind den DIN 1713, 1745/49 und 4102 zu entnehmen.



Aluminium ist nicht so elastisch wie *Stahl* und erfordert - gegenüber diesem - eine 3fach steifere Konstruktion. Das Elastizitätsmodul von *Aluminium* gegenüber *Stahl* beträgt nur 33 %.

Um Verbindungen zwischen zwei Teilen aus *Aluminium* herzustellen, kann geschweisst oder - bei grösseren Flächen - auch geklebt (mit 2K) werden.

Das Korrosionsverhalten, wenn *Aluminium* mit anderen Metallen in Verbindung kommt, ist nicht sehr gut und erfordert eine entsprechende Isolation zwischen beiden Metallen. – Die Oxidation ist dagegen sehr positiv, da sich *Aluminium* sehr schnell mit einer dünnen schützenden Schicht von *Aluminiumoxid* überzieht. – Jedoch ist *Aluminium* gegen Säuren und Basen sehr empfindlich. Aus diesem Grund sollte es z.B. zu keinem Kontakt mit unlackiertem Holz kommen (=unverträgliche Holzschutzmittel, Säurebildung des Holzes selbst usw.)!

Durch das Einfärben nach einer besonderen Oxidationsbehandlung („Eloxal“-Behandlung = **E**lektrolytische **O**xidation des **A**luminiums), die eine Schicht von 10-20 μ ergibt (1 μ = 1 Mikron entspricht 1/1.000 Millimeter), kann dieses Metall auch farbig ausfallen: blau, schwarz, Bronzeton, Messington. Es sind - nach einer entsprechenden Grundierung - auch ganz normale Anstriche mit Klar- oder Farblacken möglich. – Durch eine zusätzliche wetterfeste Form des Emaillierens (kein Abplatzen bei Verformungen!) kann *Aluminium* in allen möglichen Farbtönen geliefert werden.

► Verwendung: Im Bootsbau befindet sich dieses Metall nur in legierter Form im Einsatz und steht z.B. für Rümpfe, Masten, Spieren, Beschläge zur Debatte (im Bootsbau bereits seit den 1930er Jahren verwendet).

Bronze

Dieses „gemischte“ Metall gibt es schon seit der sogenannten „Bronzezeit“ und ist eigentlich eine Legierungsform von *Kupfer*. Doch da es so bekannt ist, wird es hier extra aufgeführt. *Bronze* hat ein Gewicht von etwa 8.500 kg/m³ und besitzt einen *Kupfer*-Anteil von mindestens 60 %. Die Zugfestigkeiten liegen über denen von *Kupfer*, üblicherweise auch über denen von *Messing*. *Bronze* wird sehr häufig in Formen gegossen. Weitere Informationen sind den DIN 17670/74 (Festigkeit) und 17660/66 zu entnehmen. Die üblichen *Bronzen* sind:

Kupfer-Aluminium-Legierung (früher: *Aluminiumbronze*)

Diese *Bronze* ist eine *Kupfer-Aluminium*-Legierung (z.B. chemisch/neu=CuAl8; chemisch/alt=AIBz8; die „8“ bei der neuen Kennzeichnung sagt etwa über den Prozent-Anteil des anderen Metalles aus, wobei dieser zwischen 4-8 % liegen muss (hier: 8 %); ein „G“ davor sagt aus, dass es sich um einen Formguss handelt, was bei dieser *Bronze* üblich ist, wobei es jedoch noch andere Gussarten gibt: „GD“=Druckguss, „GK“=Kokillenguss, „GZ“=Schleuderguss). Diese oben erwähnte Legierung verfügt üblicherweise über eine Zugfestigkeit von 370-490 N/mm².

Allerdings besitzt eine Sonderform, beispielsweise die Legierung CuAl10Ni6Fe5 (*Kupfer*=79 %, *Aluminium*=10 %, *Nickel*=6 %, *Eisen*=5 %), dagegen eine solche Festigkeit von 640-740 N/mm² (!) und ist ausserdem korrosionsbeständig, verschleissfest und von hoher Dauerfestigkeit.

Diese *Bronze* mit *Aluminium* wird - zur Steigerung der Korrosionsbeständigkeit - auch zusätzlich mit weiteren Bestandteilen legiert: z.B. *Eisen*, *Mangan* oder *Nickel* (siehe oben).

Aluminiumbronze hat einen silberfarbigen Ton und besitzt eine gute Korrosionsbeständigkeit, es oxidiert kaum.

► Verwendung: Im Bootsbereich werden aus dieser *Bronze* - in der Regel Gussteile - viele Bootsbeschläge hergestellt.

Kupfer-Mangan-Legierung (früher: *Manganbronze*)

Eine solche *Bronze* sei zur Vollständigkeit erwähnt. Sie wird auch mit dem Werkstoffnamen „Manganin“ bezeichnet und kann z.B. die anteilmässige Kennzeichnung CuMn12 (*Kupfer*=88 %, *Mangan*=12 %) haben. Die Zugfestigkeit wird durch das *Mangan* erhöht und liegt - je nach Zugabe - zwischen etwa 340 und 690 N/mm².

► Verwendung: Kommt im Bootsbau seltener vor.



Kupfer-Zink-Silizium-Legierung (früher: Siliziumbronze)

Eine solche Legierung beinhaltet zwei andere Metalle, wobei der Anteil an *Silizium* immer geringer als der von *Zink* ist: z.B. $\text{CuZn}_{13}\text{Si}_7$ (*Kupfer*=80 %, *Zink*=13 %, *Silizium*=7 %). Durch die Zugabe von *Silizium* werden die Härte und die Festigkeit erhöht. Die Zugfestigkeit liegt dadurch bei 400-700 N/mm².

- Verwendung: Für höherwertige Beschläge (z.B. Klampen) durchaus im Bootsbau im Handel.

Kupfer-Zinn-Legierung (früher: Zinnbronze)

Es handelt sich dabei um eine *Kupfer-Zinn*-Legierung (z.B. chemisch/neu= CuSn_6 ; chemisch/alt= SnBz_6), unter der wir *Bronze* in erster Linie kennen. Der *Kupfer*-Gehalt liegt zwischen 80 und 94 %, mindestens: 60 %), während der Anteil an *Zinn* üblicherweise bei 6-20 % liegt. Es kann - je nach Zugaben - rötlich (höherer *Kupfer*-Anteil) bis gelblich (höherer *Zinn*-Anteil) in der Farbe ausfallen. Die allgemeine hohe Festigkeit, eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit und die chemische Beständigkeit verbinden sich mit einer Zugfestigkeit von 340-690 N/mm².

- Verwendung: *Zinnbronze* wird auch zur Herstellung von allen möglichen Bootsbeschlägen verwendet, besonders im traditionellen Bereich.

Kupfer-Zinn-Zink-Legierung

Diese entsteht, wenn *Kupfer*, *Zinn* und *Zink* gemischt werden, wobei üblicherweise der Anteil an *Zinn* grösser als der von *Zink* ist. Man nennt ein solches Metall auch „Rotguss“; einerseits, weil es einen rötlichen Farbton besitzt, andererseits, weil dieses Metall nur gegossen werden kann

(chemisch/neu= $\text{G-CuSn}_{10}\text{Zn}$; chemisch/alt= Rg_{10} ; „G“ steht dabei für „Formguss“, *Cu*=86 %, *Sn*=10 %, *Zn*=4 % - bei Anteilen unter 5 % werden diese üblicherweise nicht angegeben). Solche *Bronzen* haben aber nur eine Zugfestigkeit von rund 260 N/mm².

- Verwendung: Dieses Metall wird für den Guss von ebenfalls Beschlägen benutzt.

Die genannten (Haupt-)Arten von *Bronze* gibt es noch in den unterschiedlichsten anderen Mischungen, die aber im Bootsbereich keine grössere Rolle spielen.

Eisen, bzw. Stahl

Auch dieses Metall ist uns vom Geschichtsunterricht bekannt: die „Eisenzeit“. Mit einem Gewicht von 7.860 kg/m³ ist es ein Schwermetall und wird in seiner reinen Form heute kaum mehr verwendet. Es besitzt eine relativ geringe Zugfestigkeit von nur 180-280 N/mm². Auf die zahlreichen und verschiedensten *Eisen*-Arten soll hier nicht eingegangen werden, da diese für den Bootsbau keine Rolle spielen (sollten).

Stahl

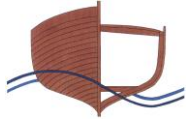
Stahl ist eigentlich auch nur ganz normales *Eisen*. Der Unterschied ist jedoch, dass *Stahl* einen anderen *Kohlenstoff*-Anteil (<2 %) besitzt. Je mehr *Kohlenstoff* vorhanden ist, je härter, aber auch spröder wird das Metall; je weniger *Kohlenstoff* es beinhaltet, um so weicher und elastischer wird es. Die der Verarbeitung und Qualität hinderlichen sonstigen Bestandteile werden durch sehr hohe Temperaturen und Schmiedeformen (das Schmieden verdichtet das Gefüge) verringert. Weiteres findet man z.B. in den DIN 17006 (EN 10027...), 17007 (EN 10027), 17014, 17200, 17210 und anderen.

Stähle sind (wie *Eisen* auch) allgemein anfällig gegen eine Oxidation, die uns als rötlich-brauner „Rost“ (chemisch normalerweise= $\text{Fe}[\text{OH}]_3$) bekannt ist. Im Gegensatz zu z.B. *Aluminium* bildet dieser Rost jedoch keine Schutzschicht, sondern „frisst“ sich langsam in die Tiefe des Metalles.

Nur besondere Behandlungen (z.B. klare/farbige Lacke, Legierungsformen oder metallische Überzüge=Galvanik durch elektrolytische Verfahren [z.B. Verzinkungen =ich komme noch darauf zu sprechen]) können *Stahl* vor der Zerstörung bewahren.

Eine andere Form des Überzuges von Eisen/Stahl ist das „Verchromen“. Allerdings ist gerade bei Billig-Angeboten damit zu rechnen, dass es sich nur um einen „Hauch“ von aufgetragenem Chrom handelt und somit der Schutz „nur von der Kasse bis nach Hause“ reicht!

Bei den Bezeichnungen muss unterschieden werden in die handelsüblichen Namen (= H) und den „Formeln“, die den chemischen ähneln (= C). Es werden hier beide verwendet, um für den Interessenten den Hintergrund der manchmal verwirrenden Bezeichnungen zu „beleuchten“.



Gebräuchliche Sorten von *Stahl* (üblicherweise Bau- und Werkzeugstähle) haben eine Zugfestigkeit zwischen 330 bis 850 N/mm². Auch diese normalen (=unlegierten!) Stahlsorten werden zu Werkzeugstählen (WS) verarbeitet und sind schon ohne besondere Härtung sehr widerstandsfähig. Und vernünftiges und standfestes Werkzeug ist beim Arbeiten an einem Boot sehr wichtig! – Es gibt dabei z.B. die Sorten:

- C 55 WS = C

Der *Kohlenstoff*-Anteil beträgt 0,55 % und es handelt sich um eine Sondergüte für Werkzeugstähle (WS).

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Hämmern.

- C 110 W1 = C

Hier liegt der Anteil an *Kohlenstoff* bei 1,1 % und „W1“ bedeutet höchster Reinheitsgrad.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Feilen, Meisseln, einfacheren Sägeblättern und Bohren.

Legierte *Stähle* - und um die geht es uns eigentlich - können als Legierungselemente haben: Blei, Chrom, Kobalt, Mangan, Molybdän, Nickel, Niob, Phosphor, Schwefel, Silizium, Wolfram, Vanadium - neben Kohlenstoff. Sie besitzen dann eine Zugfestigkeit von weit mehr als 850 N/mm². Sie haben einen Anteil von anderen Begleitelementen von weniger (nicht immer genannt) oder mehr als 5 % und diese chemischen Elemente können die sein, die in den Kennzeichnungen am Anfang stehen. – Bei den *Stählen* gibt es demzufolge eine Reihe von weiteren Unterschieden.

Es wird dabei in (einfache) „niedriglegierte Werkzeugstähle“ (SP=Spezialstahl) (bis 5 % Legierungsanteil) unterteilt, aus denen z.B. viele Werkzeuge angefertigt werden. Sie haben beispielsweise die folgenden Kennzeichnungen:

- WS = H

Legierter (einfacher) Werkzeugstahl, jedoch schmiedbar. Er ist verschleißfest und mit einer hohen Schneidfähigkeit ausgestattet. Die Anteile an *Chrom-Vanadium* können bis zu 5 % betragen.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei vielen Schneidwerkzeugen für Holz.

Info:

Übrigens wird bei allem, was trennt/abtrennt, von einem „Schneiden“ gesprochen und nicht von z.B. einem „Sägen“ o.ä.

- C 75 = C

Der *Kohlenstoff*-Anteil beträgt 0,75 %. Widerstandsfähig gegen Bruch, Schlag, Verdrehung und Verschleiss.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Fräsbohrern.

- C 80 W2 = C

Der *Kohlenstoff*-Anteil beträgt 0,80 %. Durch eine Spezialhärtung widerstandsfähig gegen Bruch, Schlag, Verdrehung und Verschleiss. „W2“ steht für Werkzeugstahl zweiter Güte.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Meisseln.

- CrV = H

Hochwertig legierter Werkzeugstahl, jedoch schmiedbar. Verschleißfest, mit einer hohen Schneidfähigkeit ausgestattet und auch für hohe Schneidgeschwindigkeiten geeignet. Die Anteile an *Chrom-Vanadium* betragen zusammen über 5 %.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei verschiedenen Sägeblättern.

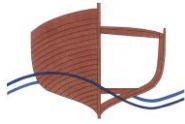
- 60 CrV 5 = C

Enthalten sind: *Kohlenstoff*=0,6 %, *Chrom*=1,2 %, *Silizium*=0,9 % und etwas *Vanadium*.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Holzbearbeitungswerkzeugen, Stecheisen, Bohren, Hobeisen, Hobelmessern, Ganzstahlfräsern.

- 54 NiCr 7 4 = C

Die Inhalte sind in diesem Falle: *Kohlenstoff*=0,54 %, *Nickel*=1,7 %, *Chrom*=1,0 % und *Molybdän*=0,6 %.



- Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Holzbearbeitungswerkzeugen, Stecheisen, Bohrern, Hobel-eisen, Hobelmessern, Ganzstahlfräsern.

Weitere Stähle solcher Art mit der hauptsächlichlichen Basis *Eisen* sind z.B.:

- 16 CrMo 4-4 (*Kohlenstoff*=0,16 %, *Chrom*=1,05 %, *Molybdän*=0,45 %, *Silizium*=0,65 %, *Mangan*=0,65 %, *Nickel*=0,20 %, *Schwefel*=0,018 %) / [Werkstoff-Nr. 1.7337];
- 42 CrMo 4 (*Kohlenstoff*=0,42 %, *Chrom*=1,05 %, *Molybdän*=0,22 %, *Silizium*=0,20 %, *Mangan*=0,75 %, *Schwefel*=0,035 %) / [Werkstoff-Nr. 1.7227];
- 38 MnSi 4 (*Kohlenstoff*=0,38 %, *Mangan*=1,35 %, *Silizium*=0,65 %, *Schwefel*=0,045 %).

Die andere Gruppe sind die - auch kalt verformbaren (!) - „hochlegierten *Stähle*“ (HL), die einen Anteil an anderen Elementen von 5-30 % haben können. Dabei muss eigentlich ein Element grösser als 5 % sein! Diese *Stähle* können - je nach Legierungs-Einstellung - hart oder weich, steif oder elastisch, zäh oder weniger zäh und besonders verschleissarm, mit sehr hoher Festigkeit oder sonstwie hergestellt werden.

Zu dieser Stahlart gehören auch die rost-, korrosions- und säurebeständigen *Stähle*. Auf diese „Nirosta“-*Stähle* u.a. komme ich noch zu sprechen. Sie zeichnen sich zudem durch eine sehr gute Festigkeit aus. Ausserdem gibt es eine ganze Reihe von ganz besonderen Legierungsarten, die auch im Bootsbau genommen werden können/sollten.

Info:

Das gegen alle Chemikalien äusserst beständige Spezialmetall „HASTELOY“ ist z.Z. einer der besten Legierungsstähle dieser Art, lässt sich aber sehr schwer bearbeiten und ist auf dem Markt jedoch nur schwierig zu bekommen und nicht gerade preiswert = somit eigentlich nichts für den „ganz normalen“ Bootseigner!

Üblicherweise wird den chemischen Kurzbezeichnungen bei diesen HL-*Stählen* ein „X“ vorangestellt (bei HL-*Stählen* sind die Anteilbezeichnungen/-werte auch anders definiert). Nachfolgend einige Beispiele dieser nicht immer rostbeständigen (!) *Stähle*:

- HLS = H

Es handelt sich bei dieser Abkürzung um einen hochlegierten Werkzeugstahl (Hochleistungsstahl).

- Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Werkzeugen zur Bearbeitung von Kunststoffen.

- X 100 CrWMo 4 3 = C

Mit Anteilen von *Kohlenstoff*=1,0 %, *Chrom*=4,0 %, *Wolfram*= 3,0 %, *Molybdän*=bis 1,0 % ist dieser Stahl ziemlich hart.

- Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Schneidmitteln für Hartholz, Trägerplatten, kunststoffbeschichtete Platten.

- X 10 WCrV 7 4 = C

Hierbei sind enthalten: *Kohlenstoff*=0,1 %, *Wolfram*=7,0 %, *Chrom*=4,0 %, *Vanadium*=bis 1,0 %.

- Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Schneidmitteln für Hartholz, Trägerplatten, kunststoffbeschichtete Platten.

- SS = H

Diese Bezeichnung bedeutet „Schnellstahl“ und besitzt einen bis zu 12 %igen zusammen-gesetzten Legierungsanteil von z.B. folgenden Elementen: *Chrom-Wolfram-Molybdän*, *Vanadium* oder *Kobalt*.

- Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Holzbearbeitungswerkzeugen, Stecheisen, Bohrern, Hobel-eisen, Hobelmessern, Ganzstahlfräsern, Messern.

- HSS / HSS-E = H

Auch hochlegierte Schnellstähle („Hochleistungs-Schnellstähle“) genannt, haben 12-30 %ige Legierungszusätze. Es werden damit maximale Schnittgeschwindigkeiten erreicht. Die Legierungsstoffe können sein: *Chrom-Wolfram-Molybdän*, *Vanadium* oder *Kobalt*. Dieses Metall ist ziemlich spröde. – Die Variante mit „E“ ist in seinen positiven Eigenschaften noch ein wenig besser.



► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Bohrern, Fräsern, Schneidmitteln für Hartholz, Trägerplatten, kunststoffbeschichteten Platten. Nicht für Kreissägeblätter geeignet! – Diese Schnellstahl-Sorte, die zur Metallbearbeitung verwandt wird, wird häufig am Markt angeboten („*zumindest steht „HSS“ auf der Umverpackung!*“).

- HSCo = H

Dieser besonders harte und schneidfeste Schnellstahl beinhaltet einen Anteil an *Kobalt* von über 5 %.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Fräsköpfen und Sägeblättern.

- TiN = H

Titan-Nitrit (Verbindung von verdampfendem *Titan* und *Stickstoff*) ergibt einen dünnen gold-farbenen Überzug. Dadurch wird eine harte (härter als bei Hartstahl) und sehr glatte Werkzeugoberfläche erzeugt, wodurch wiederum sich die Reibung verringert. Dieses damit überzogene Metall ist äusserst verschleissfest und kann bei sehr hohen Schnittgeschwindigkeiten benutzt werden (bei besonders preisgünstigen Angeboten von z.B. Bohrern besteht der Goldüberzug zumeist nur aus einem „Hauch“ von *Titan-Nitrit*, der schon nach kurzer Zeit keine Wirkung mehr zeigt = „*billig ist immer teuer*“).

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Sägeblättern, Bohrern, Gewindeschneidern für Metall.

Weitere Stähle solcher Art sind z.B.:

- X 35 CrAl 6 (Kohlenstoff=0,35 %, Chrom=6,0 %, Aluminium=bis 1,0 %);
- X 35 CrMoV 5 (Kohlenstoff=0,35 %, Chrom=5,0 %, Molybdän=bis 1,0 %, Vanadium=bis 1,0 %).

Nirosta

Hierbei handelt es sich auch um *Stahl*, aber um einen „nicht rostenden Stahl“, der genauer in der DIN 17440 beschrieben ist (auch als „Niro“ bekannt, wobei der Begriff „Nirosta“ eigentlich ein Markenname des Unternehmens „THYSSEN KRUPP STAINLESS“ ist). Erstmalig zum Patent wurde diese besondere Legierung bereits 1913 durch den Engländer *HERRY BREARLAY* angemeldet.

Eigentlich sind es hierbei nur hochlegierte *Stähle* mit einer ganz besonderen Legierung (in erster Linie: *Chrom* und *Nickel*). Da „Niro“ jedoch einen eigenen Namen hat, führe ich diese Form bei der Nennung von Metallen hier gesondert auf.

Allgemein bekannt sind Varianten „V2A“ (Standard: 1.4301=X5CrNi18-10) und „V4A“ (Standard: 1.4401=X5CrNiMo17-12-2). Der Unterschied zwischen beiden ist, dass bei der zweiten Legierung rund 2 % *Molybdän* hinzukommen.

Während die erste Form gegen Süsswasser (beispielweise in der Legierungsform: 1.4301=X5CrNi18-10) und auch gegen Salzwasser (z.B. in der Legierungsform: 1.4404=X2CrNiMo17-12-2) beständig ist, kann sich die zweite Art (=„V4A“) auch Säuren und Laugen „erwehren“. – Auf die weit weniger bekannten VA-Stahlsorten „V1A“, „V3A“ und „V5A“ soll hier nicht eingegangen werden.

Info: Übrigens soll die Abkürzung „V2A“ von „Versuchsreihe 2 Austenit“ stammen und die Kurzform „V4A“ auf „Versuchsreihe 4 Austenit“ zurückzuführen sein.

Info: Der Begriff „rostfrei“ betrifft verschiedene Stähle, doch muss dabei jedoch das Folgende unterschieden werden:
- Einfach(st)er rostfreier Stahl besitzt einen Chrom-Anteil von wenigstens 10,5 %.
- Rostfreier Stahl bei Alltagsgegenständen benötigt als Chrom-Anteil etwa 18 %.
- Rostfreier Stahl gegen Chemikalien hat einen Chrom-Anteil von bis zu 24 %.

Info: Zu den „Niro“-*Stählen* gibt es den sehr interessanten Artikel, „Nicht rostender Stahl?“, in der Zeitschrift „PALSTEK“ ab Seite 104 (Ausgabe 3 = Mai/Juni 2016)!

Folgende „Niro“-*Stähle* sind u.a. bekannt, die sich in wiederum in 3 Gruppen unterteilen:



- Ferritische Stähle

Solche *Stähle* sind nur mit besonderen Verfahren (z.B. Schutzgas) schweisbar und sehr schwer zerspanbar.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Beschlägen, Verkleidungen.

- X 6 Cr 13 = Zugfestigkeit=400-600 N/mm²
(C=0,06 %, Cr=13 %)
- X 6 CrAl 13 = Zugfestigkeit=550-700 N/mm²
(C=0,06 %, Cr=13 %, Al=bis 1 %)
- X 6 Cr 17 = Zugfestigkeit=450-600 N/mm²
(C=0,06 %, Cr=17 %)
- X 6 CrTi 17 = Zugfestigkeit=450-600 N/mm²
(C=0,06 %, Cr=17 %, Ti=bis 1 %)

- Martensitische Stähle

Solche sind noch härtbar und gut zerspanbar. Diese *Martensitische Stähle* haben eine hohe Festigkeit, sind aber teilweise nicht mehr schweisbar.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei Achsen, Wellen.

- X 10 Cr 13 = Zugfestigkeit=450-800 N/mm²
(C=0,1 %, Cr=13 %)
- X 20 Cr 13 = Zugfestigkeit=650-800 N/mm²
(C=0,2 %, Cr=13 %)
- X 38 Cr 13 = Zugfestigkeit=bis 800 N/mm²
(C=0,38 %, Cr=13 %)
- X 45 CrMoV 15 = Zugfestigkeit=bis 900 N/mm²
(C=0,45 %, Cr=15 %, Mo+V=jeweils bis 1 %)

- Austenitische Stähle

Austenitische Stähle sind gut schweisbar, lassen sich kalt gut formen, sind aber relativ schwer zerspanbar. Grundbedingung hierbei sind hohe Anteile an *Nickel* und *Chrom*, die eine besonders hohe Korrosionsfestigkeit ergeben.

► Verwendung: Im Einsatz z.B. bei verschiedenem Bootszubehör, auch für Leitungen und Rohre für Nahrungsmittel und Chemie.

- X 5 CrNi 18 10 = Zugfestigkeit=500-700 N/mm²
(C=0,05 %, Cr=18 %, Ni=10 %)
(auch „V2A“ genannt; Werkstoff-Nr. 1.4301 oder 1.4303)
- X 12 CrNi 18 8 = Zugfestigkeit=550-800 N/mm²
(C=0,12 %, Cr=18 %, Ni= 8 %)
- X 6 CrNiTi 18 10 = Zugfestigkeit=500-730 N/mm²
(C=0,06 %, Cr=18 %, Ni=10 %, Ti=bis 1 %)
- X 6 CrNiMoTi 17 12 2 = Zugfestigkeit=500-730 N/mm²
(C=0,06 %, Cr=17 %, Ni=12 %, Mo=2 %, Ti=bis 1 %)
(auch „V4A“ genannt; Werkstoff-Nr. 1.4571)
- X 2 CrNiMo 18 16 4 = Zugfestigkeit=490-690 N/mm²
(C=0,02 %, Cr=18 %, Ni=16 %, Mo=4 %)

Im Bootsbereich werden Draht-Tauwerke und sehr viele Beschläge aus „Niro“ hergestellt, aber auch Schrauben verschiedenster Art (in erster Linie „V2A“). Gerade solche Schrauben sollten genommen werden, wenn es sich um „feuchte“ Bereiche bei einem Schiff handelt. Für gerbsäurehaltige Hölzer (z.B. Eiche) sollten dann unbedingt Schrauben aus „V4A“ genommen werden! „Niro“-Schrauben sollten dann eingeschraubt und anschliessend mit Pfropfen abgedeckt werden.

Aber bitte nur Material kaufen, wenn es wirklich „Niro“ ist (bei echtem „Niro“ ist „VA“ erhaben zu lesen; selbst bei Schrauben, aber natürlich nicht bei kleinen Schrauben). – Also keine Dinge kaufen, bei denen nur auf der Verpackung „Niro“ oder „V2A“ oder „V4A“ steht oder auch nicht, wenn es nur so aussieht!



Bei Stagen und Wanten ist unbedingt zu „Niro“-Material zu raten, denn stehendes Gut aus verzinktem *Eisen* ist nicht sehr dauerhaft und erfordert Pflege („aus *Messing* oder *Bronze* - „wegen der Optik“ - gibt es sie schliesslich nicht!“). Dazu ein paar Werte über die Bruchfestigkeit bei Edelstahl-Gut (Edelstahl nach DIN 1.4401 [AISI 316]), bzw. bei der Mindest-Bruchfestigkeit als „Deka-Newton“ nach DIN 61360 (1 kp=0,980665 Deka-Newton=daN) in der **5.Tabelle**:

3 mm Ø	1x19-Drähte	=	760- 860 kp	=	7.600- 8.600 N	=	(ca. 740 daN),
3 mm Ø	7x19-Drähte	=	630- 665 kp	=	6.300- 6.650 N	=	(ca. 470 daN),
4 mm Ø	1x19-Drähte	=	1.360-1.530 kp	=	13.600-15.300 N	=	(ca. 1.320 daN),
4 mm Ø	7x19-Drähte	=	970-1.300 kp	=	9.700-13.000 N	=	(ca. 830 daN),
5 mm Ø	1x19-Drähte	=	2.110-2.358 kp	=	21.100-23.580 N	=	(ca. 2.060 daN),
5 mm Ø	7x19-Drähte	=	1.520-1.820 kp	=	15.200-18.200 N	=	(ca. 1.300 daN).

Es handelt sich bei den kp- und Newton-Werten aus den Unterlagen um normale „V2A“-Legierungen mit runden (nicht geschliffenen) äusseren Einzeldrähten. (Bei den geschliffenen Drähten sind die äusseren Rundungen abgeschliffen, wodurch Wanten und Stagen daraus wesentlich glatter sind. Allerdings verringert sich dadurch die Bruchlast. Dieses Material ist seltener auf dem Markt zu bekommen.) – Für z.B. eine Jolle vom Typ „Pirat“ sind - laut Bauvorschrift - mindestens 2,5mm Ø und wenigstens 600 kp = 6.500 N (= ca. 588,6 daN) erforderlich!

Hartmetall

Dieses soll hier extra erwähnt werden, denn es handelt sich um sehr hochwertige Nicht-Eisenmetalle (=NE) (siehe auch DIN 4990). In dieser Gruppe befinden sich auch die uns bekannten „Widia“-Bohrer (**Wie Diamant**), deren Metall es schon seit den 1930er Jahren gibt. – Derartige Hartmetalle bestehen aus *Karbid*en, die unter sehr hohen Drücken (etwa 70 % der Schmelztemperatur) aus einer Verbindung z.B. von *Kobalt*, *Wolfram(-karbid)*, *Titan(-karbid)* und *Tantal* mit *Kohlenstoff* entstanden sind:

- M = H

Hartmetalle sind gegossene oder gesinterte Werkstoffe aus hochschmelzenden Metallkarbiden, die aber nicht zu den Werkzeugstählen gehören! Sie sind nicht mehr schmiedbar. Allerdings sind Hartmetalle sehr spröde. Eine Bearbeitung ist nur noch durch Diamantwerkzeuge möglich! – Unterteilt werden die Hartmetalle in die Gruppen K, M und P, wobei für den Holzbootsbereich nur die Metalle der Gruppe K (z.B. K40, K20, K05) von Interesse sind (rotbraune Kennfarbe!).

► **Verwendung:** Bei hohen Arbeitstemperaturen; eine grosse Härte, hohe Verschleiss- und Korrosionsfestigkeit zeichnen dieses Metall aus. Im Einsatz z.B. bei allen Metallen, die „Hoch- und Dauerleistungen“ erbringen müssen. Solche Metalle werden z.B. mit Hartlot auf Sägeblättern aufgelötet und solche Blätter haben dann eine bis zu 60fach längere Lebensdauer wie normale Stahlblätter. Die Schnittgeschwindigkeit kann mit Hartmetall auf das 10fache erhöht werden (bezogen auf normalen Werkzeugstahl).

Kupfer

Dieses rötliche Metall wurde im Altertum auf Zypern gewonnen (später in Deutschland z.B. im Ostharz=Mansfelder Land). Es ist weich, zäh und dehnbar. Dadurch ist die Zugfestigkeit relativ gering (=200-400 N/mm²). Es hat ein Gewicht von 8.960 kg/m³.

Kupfer bildet - wie *Aluminium* auch - eine dünne Oxidationsschicht=„Patina“ (jedoch grünlich=*Kupfer* +*Kohlensäure*) (=basisches *Kupferkarbonat*, chemisch z.B. Cu₂[OH]₂CO₃), die das darunter liegende Metall vor weiteren Einflüssen schützt. In Verbindung mit besonderen Säuren, z.B. Essigsäure (die auch in der uns umgebenden Luft vorhanden sein kann), entsteht allerdings der sehr giftige *Grünspan* (=basisches *Kupferacetat*) (**VORSICHT!**). – Siehe über *Kupfer* auch DIN 1708.

► **Verwendung:** Auf Booten wird *Kupfer*(-blech) höchsten an Masten und Spieren auf alten Schiffen benutzt, um das Schamfieren zu verhindern. Früher (und heute teilweise auch noch) wurden die Rümpfe unter Wasser zudem mit solchen Blechen aus *Kupfer* beschlagen, damit der Bohrwurm nicht an das Holz gelangen konnte. Durch die Reaktion von *Kupfer* mit dem Salzwasser hatten (haben) diese Bleche ausserdem eine bewuchshemmende Wirkung.



Für uns kommt *Kupfer* nur in der Form einer Legierungsform zur Verwendung. Dabei werden als Beimengungen z.B. genommen: *Aluminium*, *Nickel*, *Silizium*, *Zink* oder *Zinn*, wodurch sich die Zugeigenschaften mehr als verdoppeln können (bis über 800 N/mm²) und sich somit sogar im Bereich von *Stahl* befinden!

Messing

Messing ist eine *Kupfer-Zink*-Legierung, die härter und fester als reines *Kupfer* ist. Je nach Erfordernissen kann der Anteil an *Zink* zwischen 10 bis 45 % betragen (und *Messing* wird damit u.a. härter). Mit einem Gewicht von etwa 8.090 bis 8.820 kg/m³ ist dieses Metall leichter als reines *Kupfer*, da das beteiligte *Zink* einen anderen spezifischen Wert aufweist. Die Zugfestigkeit beträgt normalerweise etwa 640 N/mm².

Das gebräuchlichste *Messing* (chemisch/neu=CuZn37; chemisch/alt = Ms63 / *Zink*-Anteil= etwa 37 %) wird auch für alle möglichen Bootsbeschläge benutzt. Die sonstigen (einfachen) Legierungen reichen von CuZn10 bis CuZn50. Für uns Segler und Wassersportler überhaupt ist allerdings besonders das „Sondermessing“ interessant (z.B. chemisch/neu = CuZn28Sn; chemisch/alt=SoMs71). Hierbei handelt es sich um ein *Messing* mit Legierungszusätzen, die das *Messing* seewasserbeständig(-er) machen, z.B. in diesem Fall zusätzlich durch etwa 1 % *Zinn*.

Weitere Sonderformen von *Messing* sind CuZn41Pb, das etwa 1 % *Blei* statt *Zinn* enthält, und CuZn40Al12, welches durch die Hinzugabe von *Aluminium*, neben einer Zugfestigkeit von mindestens 640 N/mm², eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit, eine hohe allgemeine Festigkeit und auch eine ziemlich hohe Verschleissfestigkeit besitzt.

Die DIN 17660 (EN 12163), DIN 17672 (EN 12164) und DIN 17663 (EN 12164) sagen über diese Legierungen Weiterführendes aus.

Messing ist wesentlich spröder als *Stahl*, darum müssen Schrauben aus *Messing* (zumeist aus CuZn37, CuZn40 oder CuZn42) vorsichtig in das und aus dem Holz gedreht werden, wobei der Schraubendreher genau passen muss, sonst brechen oder scheren die Schrauben(köpfe) ab!

Besser sind ausserdem *Messing*-Schrauben, die vernickelt worden sind, weil dadurch keine Oxidation auftritt (allerdings ist die Stärke einer solchen Vernickelung meistens nur sehr, sehr dünn = zu dünn!).

► Verwendung: Viele Holz-Schrauben bestehen aus diesem Material auch wenn sie aussen vernickelt sind und dann wie Stahlschrauben aussehen. Bei hohen möglichen Belastungen empfehlen sich Schrauben aus *Stahl* - auch bei Holz! Und idealerweise sind es dann „V2A“-Schrauben für normales Holz oder „V4A“-Schrauben für Hölzer, die z.B. über eine eigene Gerbsäure o.ä. verfügen.

Silber

Dieses Metall wird sich an Bord eines Schiffes wohl nur in Form von Plaketten, Bechern, Pokalen usw. befinden, die der Eigner bei Regatten gewonnen hat und die er nun stolz auf seiner Yacht mitführt.

Das ist der einzige Grund dieses Metall hier ebenfalls aufzuführen, denn es „gehört“ somit auch zum „Metallbestand“ eines Schiffes.

Bei *Silber* (Elementsymbol „Ag“) handelt es sich zumeist um eine Legierung mit einem Anteil von 925/1000 *Silber* (Silberanteile können z.B. sein: 800, 835, 935.) Im Rahmen der Legierung werden beispielweise folgende Metalle häufig verwendet:

Gold, *Kupfer*, *Palladium* (liegt der Anteil von Palladium bei 20 bis 30 %, dann wird *Silber* anlaufbeständiger).

Verwendung für Legierungen finden im begrenzten Umfang auch:

Chrom, *Mangan* oder *Nickel*.

Dagegen lässt sich *Silber* nicht mit *Cobalt* oder *Eisen* legieren.

Das Problem bei *Silber* ist, dass es oxidiert (=anläuft) und dann sehr unansehnlich aussieht. – Zur Reinigung und Pflege von *Silber* komme ich noch.



Zink

Dieses Metall kommt in Deutschland als Erz=als *Zinkblende* vor und hat eine weissliche Farbe. Mit einem durchschnittlichen Gewicht von 7.130 kg/m^3 ist es - bis auf *Aluminium* - das leichteste (wenn es sich hierbei auch um ein Schwermetall handelt) der aufgeführten Grundmetalle. Auch dieses Metall, mit einer Zugfestigkeit von nur 140 N/mm^2 , wird sehr häufig in einer legierten Form angeboten, wobei *Kupfer* oder/und *Titan* hinzukommt/-en und dadurch sich die Festigkeit wesentlich erhöht (siehe DIN 1706).

Im Bootsbereich kennen wir dieses Metall in erster Linie in der Verbindung mit den Begriffen „Feuerverzinkung“ (Schmelztauchverfahren) und „Kalt-Verzinkung“ (=„Spritz-Verzinkung“). Diese Verfahren werden angewandt, wenn es darum geht, z.B. ein aus *Eisen* bestehendes Schwert- oder Ruderblatt oder Schrauben dauerhaft (besser: länger) vor dem Entstehen von Rost zu schützen (*Zink* oxidiert nur wenig und bildet somit eine Schutzschicht um das Metall herum). Bei dieser Schicht handelt es sich um *Zinkkarbonat* (chemisch= $2\text{ZnCO} \bullet 3\text{Zn(OH)}_2$). Wird diese äussere Schutzschicht der Verzinkung allerdings zerstört, löst sich diese langsam auf, jedoch bleibt das unedlere Metall *Eisen* (vorerst) unversehrt (der Rost kommt dann später, aber er kommt!)

Es ist dabei immer zu einer guten Feuerverzinkung zu raten, die einen besseren Schutz bietet und die unbedingt in einem renommierten Fachbetrieb durchgeführt werden sollte!

(Beispiel: Eine Feuerverzinkung von Schwert- oder Ruderblatt aus *Eisen* bei einer Jolle vom Typ „Pirat“ kostet jeweils etwa 250 Euro und es werden dabei für 1 m^2 etwa $0,25 \text{ kg Zink}$ aufgetragen.) Und auch ein Bootstrailer ist schliesslich sehr häufig feuerverzinkt. – Allerdings sieht bei einer Verzinkung diese *Zink*-Schicht nicht sehr ansehnlich aus, wenn der Untergrund nicht ganz, ganz glatt und der verarbeitende Betrieb nicht einwandfrei arbeitet! Also auch in dieser Hinsicht sich den Betrieb vorher genau anschauen und Beispiele vorlegen und/oder sich genau wegen der Vorarbeiten beraten lassen.

Eine weitere Verwendung findet das Metall *Zink* als sogenannte „Opferanoden“. Eine solche Anode dient als (unedles) Metall unter Wasser (auch schon bei hoher Luftfeuchtigkeit) dem Korrosionsschutz von anderen (edleren) Metallen (z.B. *Eisen*, *Stahl*, *Messing*, *Bronze*). Der im Wasser enthaltene Sauerstoff greift höherwertige Metalle (positiver in der Spannungsreihe) an und lässt es durch das Bilden einer galvanischen Zelle zu einer materialzerstörenden Oxidation kommen. – Die Anode wird dazu auf dem zu schützenden Metall oder in sehr grosser Nähe davon montiert und lenkt sozusagen die galvanischen Ströme auf sich ab, so dass die Anode mit der Zeit verbraucht wird und dann ersetzt werden muss.

► Verwendung: Bei allen Eisenteilen an Bord eines Schiffes möglich. – Als Anode zum Schutz z.B. der aus *Messing* bestehenden Antriebsschraube eines Schiffes.

Anmerkungen zum Schluss dieses Kapitels „Metalle“

Im Rahmen der Europäisierung können sich die DIN-Nummern (dann „EN“) ebenso ändern wie die Bezeichnungen für die einzelnen Legierungen.

Es zeigt sich, dass die verschiedenen Angebote gerade an Werkzeugen und dem dazu nötigen sonstigen Material - aber auch gegenüber allen anderen Gegenständen aus Metall - immer mit grosser Vorsicht zu betrachten sind!

Gerade in den Baumärkten oder bei sonstigen Anbietern (z.B. aus dem Internet!), die immer über so viele „Sonderangebote“ verfügen, gibt es zahlreiche Dinge, die nicht das halten, was auf der Verpackung versprochen wird („*China lässt grüssen!*“). Was da z.B. manchmal an „Chrom-Vanadium“ angeboten wird, ist sein Geld auf keinen Fall Wert (wer hat nicht doch schon einmal einen derart angebotenen Schraubendreher gekauft, dessen Spitze sich aber nach wenigen Aktionen verdrehte oder wo der Kreuzschlitz der Schraube die Spitze des Schraubendrehers „veränderte“).

Und ich kann gar nicht genug darauf hinweisen: die Wahl beim Kauf/beim Besorgen von Beschlägen oder Werkzeugen ist schwierig genug. Wenn man aber den Unterschied von Qualität und Nicht-Qualität kennt, kommt es eben nicht zu einem „Geld-aus-dem-Fensterwerfen“ oder zu einer später möglichen Gefahr für Schiff und Mannschaft! – Besonders bei Einzelanfertigungen von Beschlägen wäre der „Inhalt“ (die Zusammensetzung) der Metalle interessant und sollte in Auftrag und Rechnung unbedingt schriftlich festgehalten werden.



Reinigung & Pflege von Metallen

Metalle sind wohl wesentlich verschleissfester und widerstandsfähiger gegenüber mechanischen Einwirkungen als Holz, doch auch dieses Material benötigt eine laufende Pflege, wenn es um einen langfristigen Erhalt geht.

Nun ist - wie beim Material Holz ebenfalls - die Art ausschlaggebend, denn bei jeder Metallart muss wiederum anders vorgegangen werden, soll die Pflege zu einer dauerhaften und vor allem wirkungsvollen uneingeschränkten Fähigkeit eines Metallteiles an Bord führen.

Und diese Metalle befinden sich an Bord an verschiedensten Stellen, zumeist jedoch in der Form von Beschlägen. Aber auch z.B. das stehende Gut ist in erster Linie aus Metall.

Hierbei sollte klar sein, dass ein solches Reinigen zumeist dann notwendig ist, wenn Schmutz (oder eine Oxidation) das Metall unansehnlich gemacht hat und diese wieder entfernt werden soll. Ein Schutz vor weiteren „Attacken der Luft“ ist damit aber nicht gegeben!

Info: Zum Thema „Reinigung und Pflege – Arten und Möglichkeiten an Bord“ gibt es von mir einen separaten Fachartikel, der sich u.a. auch mit den Tips „unserer Grosseltern“, aber auch mit den Gefahren beim Verwenden der verschiedenen Mittel beschäftigt.

Bei einem Entfernen von Schmutz (oder Oxidationen) auf Metallen werden häufig Mittel benutzt (und auch als Putzmittel überhaupt), die Scheuersubstanzen enthalten. Dabei ist darauf zu achten, dass die Korngrösse der Scheuerteile kleiner als $20\ \mu$ ($1.000\ \mu = 1\ \text{mm}$) ist, dann entstehen auch keine (sichtbaren) Kratzer auf der Metalloberfläche.

Bei „Abrasivestoffen“ (Mittel, mit denen geschleuert werden kann, z.B. Polier- oder Schleifmittel) ist - neben der Härte des Mittels (hartes Quarzmehl, weiches Marmormehl usw.) - die Korngrösse entscheidend (Korngrössen über $0,2\ \text{mm} = 200\ \mu$ verursachen sichtbare Kratzer; ideal= $0,02\text{-}0,05\ \text{mm} = 20\text{-}50\ \mu$)!

Die nachfolgenden Reinigungs- und Pflegehinweise sind verschiedenen Unterlagen entnommen, die sich u.a. mit dem Erhalt von Metallen beschäftigen. Doch zuvor noch einige Tips:

TIP: Ein grundsätzlicher Schutz von Metallen besteht darin, dass diese nicht mit anderen Metallen in eine dauerhafte Berührung kommen, da es sonst zu chemischen, bzw. elektrolytischen Reaktionen kommt.

TIP: Um irgendwelche Reinigungsmittel zu neutralisieren, wurde in einem Buch empfohlen, dass etwas Wasser mit Backpulver (=Soda) vermischt dabei hilfreich sein könnte.

Aus diesem Grund folgen nun Informationen zu den anwendbaren Pflegemitteln für die verschiedenen an Bord eines Schiffes befindlichen Metalle. Zu den beiden Kodierungen:

- (A) = aus „Oma's Trickkiste“ = und das sind - trotz der heutigen Umweltkriterien - in ihrer Wirkung nicht die schlechtesten Vorgehensweisen!
- (-) = im heutigen Handel erhältlich.

Bei Aluminium

Nicht alle Gegenstände aus diesem Metall bestehen aus einer ganz bestimmten Legierung, die eine Oxidation weitgehend verhindert, denn dieses ist in erster Linie der Typ von Verschmutzung.

- **Reinigung:** Allgemeiner Schmutz
 - (A) Derartige Gegenstände in einem Topf mit *rohem, zerkleinertem Rhabarber* auskochen.
 - (A) Durch eine Behandlung mit *kaustischer Kalilauge* (im Handel unter *kaustisch Soda* [=NaOH] erhältlich) erzielt man wieder ein blankes Metall.
 - (A) Eine Lösung von 30 Gramm *Borax* in 1 Liter Wasser und mit einigen Tropfen *Salmiakgeist* ergibt auch ein gutes Putzmittel.
 - (-) Die Mittel, die für den Glanz bei *Silber* sorgen, sind auch für *Aluminium* gut, sofern diese nicht (zu) säurehaltig sind!



Grundsätzlich:

Mit sehr feinem Schmirgelpapier (400er oder feiner), Scheuermittel oder feiner Stahl- oder Bronzewolle kann bei stärkeren Verschmutzungen trocken oder nass (ggf. mit Öl oder Seife statt mit Wasser) auch das Metall blank bekommen werden, wobei allerdings vorsichtig gearbeitet werden sollte. Die Dauer dieses Glanzes ist eine Frage der weiteren Behandlung (z.B. Lack).

Da Aluminium nicht säure- und basenfest ist, dürfen auf keinen Fall derartige Reinigungsmittel, bzw. diese ggf. nur kurzfristig verwendet werden! Anschliessend muss mit Wasser nachgespült werden!

Bei beschichtetem oder eloxiertem Aluminium darf die Oberfläche nicht angeraut werden, sondern eine Reinigung erfolgt dann nur mit konzentrierten, tensidhaltigen Mitteln.

- **Pflege:**

- (A) Ein Einreiben mit *Rohvaseline* und ein folgendes Polieren mit einem trockenen Tuch soll den Glanz erhalten.
- (–) Das Eloxieren von *Aluminium* ist ein bekannter Weg, um dieses Metall vor den Einflüssen der Witterung zu schützen. In diesem Falle darf allerdings nicht mit Scheuermitteln hantiert werden, denn diese zerstören die Eloxierung, (die im Prinzip eine verstärkte schützende Oxid-Schicht ist).

Bei Bronze

Diese Legierung ist eigentlich nicht sehr anfällig für Verschmutzungen; auch die Oxidationen halten sich bei diesem Metall sehr in Grenzen.

- **Reinigung:**

Allgemeiner Schmutz

- (A) Eine Mischung aus: 1 Teil *Salmiakgeist*, 3 Teile *kohlensaures Ammonium* (*Ammoniumcarbonat* = „Hirschhornsalz“ = $[NH_4]_2CO_3$), 24 Teile Wasser. Damit wird das Metall behandelt und dann kräftig abgespült.
- (A) Reibt man das Metall mit *trockenem Sauerampfer* ab, so entsteht wieder der alte Glanz.
- (A) Die *Bronze* kann gereinigt werden, wenn sie mit einer Mischung aus *Salz* und *Essig* behandelt wird.

Dunkle Flecken

- (–) Diese Flecken auf dem Metall (sogenannter „Kupferrost“) entsteht durch *Kupferoxide* (durch die Legierung) und werden durch das Auftragen von *Essig* auf diese Stellen in wasserlösliche Salze umgewandelt, so dass diese sich leicht abreiben lassen. Danach muss der Gegenstand sehr gründlich abgewaschen werden, sonst bilden sich durch die Säurerückstände wieder derartige Flecken.
- (–) Ein Einreiben mit *Ethanol* (z.B. *Brennspiritus*) kann Flecken beseitigen.

Grundsätzlich:

Mit sehr feinem Schmirgelpapier (400er oder feiner), Scheuermittel oder feiner Stahl- oder Bronzewolle kann trocken oder nass (ggf. mit Öl oder Seife statt mit Wasser) auch das Metall blank bekommen werden, wobei allerdings vorsichtig gearbeitet werden sollte. Die Dauer dieses Glanzes ist eine Frage der weiteren Behandlung (z.B. Lack).

- **Pflege:**

- (–) Metallputzmittel, die *basisch* eingestellt sind, pflegen dieses Metall.



Bei Eisen, bzw. bei Stahl

Das grösste Problem bei einfachem *Eisen* (und bei normalem *Stahl*) ist der Rost! – Bei *Stahl* handelt es sich normalerweise immer um eine Legierung (und nicht um rohen *Stahl*), bzw. eine besondere Art der Herstellung, die kaum von Schmutz „bedroht“ ist.

- **Reinigung:** Allgemeiner Schmutz
- (A) Ein Einstreichen mit *Euphoribium-Gummiharz* (Ersatz: *Vaseline*) schützt *Eisen/Stahl* vor Rost, auch wenn es mit Salzwasser in Berührung kommt.
 - (A) *Kalkmehl, Ziegenmehl*, verschiedene feinste Schmirgelpulver oder sonstige poliermittelhaltige Reinigungsmittel können ebenfalls benutzt werden, um wieder einen Glanz zu erzeugen.

Grundsätzlich:

Mit sehr feinem Schmirgelpapier (400er oder feiner), Scheuerpulver oder feiner Stahl- oder Bronzewolle kann trocken oder nass (ggf. mit Öl oder Seife statt mit Wasser) auch das Metall blank bekommen werden, wobei allerdings vorsichtig gearbeitet werden sollte. Die Dauer dieses Glanzes ist eine Frage der weiteren Behandlung (z.B. Lack).

- **Pflege:**
- (A) Gerade *Edelstahl* kann mit einer *rohen Kartoffel* gepflegt/wieder blank werden. Eine Kartoffel wird halbiert und mit der Schnittfläche wird das Metall abgerieben. Anschliessend folgt ein Nachpolieren mit einem weichen Tuch.
 - (–) Ein zeitweiliges Einreiben mit *Leinöl* hilft bei nicht rostfreiem stehenden Gut bei dessen Erhalt.
 - (–) Das *Verzinken* von nicht rostfreiem *Eisen* ist eine weitere Methode, um einem Rosten vorzubeugen.
 - (–) Das *Verchromen* ist ebenfalls eine Form, um ein Rosten zu verhindern. – *Saure* Reinigungsmittel lassen das Chrom wieder „strahlen“, wenn ein feuchter Lappen nicht mehr reichen sollte.

Bei Kupfer

Von den an Bord möglichen Metallen ist *Kupfer* - neben *Eisen* - am meisten durch die Oxidation (bei *Kupfer*=„Grünspan“) gefährdet.

- **Reinigung:** Allgemeiner Schmutz
- (A) Auf das Metall wird ein Brei aus *Essig* und *Salz* aufgetragen, der nach einer kurzen Einwirkzeit wieder abgespült wird. Mit einem weichen Tuch wird dann poliert.
 - (A) Solche Teile mit *Zitronensaft* oder *-säure* reinigen und dann blank reiben.
 - (A) Auch ein Einreiben mit *Sauerkrautsaft* soll helfen. Das anschliessendes Polieren ist selbstverständlich.
 - (A) Eine Mischung aus: 1 Teil *Salmiakgeist*, 3 Teile *kohlensaures Ammoniak* (*Ammoniumcarbonat*=„*Hirschhornsalz*“= $[\text{NH}_4]_2\text{CO}_3$), 24 Teile Wasser. Damit wird das Metall behandelt. – Überhaupt werden Anwendungen mit (starkem) *Salmiakgeist* häufig beschrieben.
 - (–) *Basische* Metallputzmittel reinigen dieses Metall.

Dunkle Flecken

- (–) Diese Flecken auf dem Metall (sogenannter „Kupferrost“) entsteht durch Kupferoxide (durch die Legierung) und werden durch das Auftragen von *Essig* auf diese Stellen in wasserlösliche Salze umgewandelt, so dass diese sich leicht abreiben lassen. Danach muss der Gegenstand sehr gründlich abgewaschen werden, sonst bilden sich durch die Säurerückstände wieder derartige Flecken.



Grundsätzlich:

Mit sehr feinem Schmirgelpapier (400er oder feiner), Scheuerpulver oder feiner Stahl- oder Bronzewolle kann trocken oder nass (ggf. mit Öl oder Seife statt mit Wasser) auch das Metall blank bekommen werden, wobei allerdings vorsichtig gearbeitet werden sollte. Die Dauer dieses Glanzes ist eine Frage der weiteren Behandlung (z.B. Lack).

- **Pflege:**

- (–) Gepflegt wird dieses Metall durch ein regelmässiges Abwischen mit einem basischen Mittel.

Bei Messing

Ein solches Metall kann durch entsprechende Legierungen ziemlich widerstandsfähig gegen Oxidation „gebacken“ werden. Ansonsten ist hier der grösste „Feind“ zu sehen, wobei der bekannte, aber giftige „Grünspan“ ein Produkt einer „besonders guten Umgebungsluft“ ist.

- **Reinigung:**

Allgemeiner Schmutz

- (A) Auf das Metall wird ein Brei aus *Essig* und *Salz* aufgetragen, der nach einer kurzen Einwirkzeit wieder abgespült wird. Mit einem weichen Tuch wird dann poliert.
- (A) Mit *Zitronensaft* oder *-säure* abreiben und mit klarem Wasser nachspülen. Danach mit einem weichen Ledertuch polieren.
- (A) Abreiben mit einem Gemisch aus *Essig*, *Kreide* und *Schwefel*.
- (A) Abreiben mit *Wiener Kalk*.
- (A) Eine Mischung aus: 1 Teil *Salmiakgeist*, 3 Teile *kohlensaures Ammoniak* (*Ammoniumcarbonat*=„*Hirschhornsalz*“= $[\text{NH}_4]_2\text{CO}_3$), 24 Teile Wasser. Damit wird das Metall eingerieben/poliert.
- (A) Mit einem Gemisch aus: 2 Teile *gesättigtes Kochsalz*, 1 Teil *Chlorantimon-Lösung*, werden die Teile wieder blank.
- (–) Reinigungsmittel mit einem basischen Hintergrund entfernen eine nicht zu starke Patina.

Grünspan

- (A) „Grünspan“, das sich am *Messing* angesetzt hat, kann mit *Petroleum* und einem weichen Lappen wieder entfernt werden.

Dunkle Flecken

- (–) Diese Flecken auf dem Metall (sogenannter „Kupferrost“) entsteht durch Kupferoxide (durch die Legierung) und werden durch das Auftragen von *Essig* auf diese Stellen in wasserlösliche Salze umgewandelt, so dass diese sich leicht abreiben lassen. Danach muss der Gegenstand sehr gründlich abgewaschen werden, sonst bilden sich durch die Säurerückstände wieder derartige Flecken.

Grundsätzlich:

Mit sehr feinem Schmirgelpapier (400er oder feiner), Scheuerpulver oder feiner Stahl- oder Bronzewolle kann trocken oder nass (ggf. mit Öl oder Seife statt mit Wasser) auch das Metall blank bekommen werden, wobei allerdings vorsichtig gearbeitet werden sollte. Die Dauer dieses Glanzes ist eine Frage der weiteren Behandlung (z.B. Lack).

- **Pflege:**

- (–) Gepflegt wird dieses Metall durch ein regelmässiges Abwischen mit einem basischen Mittel.



Bei Silber

Dieses Metall ist hier zusätzlich aufgeführt, denn die bei Regatten „gewonnenen Pokale, Ehrenbecher usw.“ sollen natürlich immer im erforderlichen Glanz erstrahlen. – Sehr wahrscheinlich wird es an Bord - ausser diesen bestimmt sehenswerten Schautücken - keine weiteren Teile aus diesem Metall geben, da viel zu kostbar.

Silber bildet in der Luft mit der Zeit eine bräunliche Oxidationsschicht, die zumeist sehr giftig ist, sofern in der Luft *Schwefelwasserstoffe* enthalten sind (was heutzutage üblich ist und was übrigens auch der Grund für die anderen Oxidationen ist).

Die Reinigungsmittel für silberne Gegenstände arbeiten in den meisten Fällen in einer Kombination von mechanischen (durch feinsten Sand) und elektrolytischen (durch unedlere Metalle) Vorgängen.

- **Reinigung:** Allgemeiner Schmutz
 - (A) Wenig bekannt, aber es funktioniert: angelaufene Gegenstände aus *Silber* über Nacht in ein Behältnis mit hellem Bier legen. Am nächsten Tag abtrocknen und mit einem weichen Tuch blank polieren.
 - (–) Hier hilft das Auflegen eines Teiles aus *Silber* auf *Alufolie*. Danach wird dieser mit heissem Wasser übergossen, dem *Kochsalz* oder *Natron* zugegeben wurde. Dann erfolgen ein gründliches Abspülen und das Blankreiben mit einem weichen Tuch.
 - (–) Eine Mischung aus *Schlämmkreide* und *Spiritus* zu einem dickflüssigen Brei verrührt, wird kräftig aufgerieben und anschliessend poliert.
 - (–) Silberputztücher und -watte, kalte und heisse Silbertauchbäder reinigen dieses Metall auch sehr gut, jedoch sind dabei die Hinweise der jeweiligen Hersteller dieser Mittel genau zu beachten! Zudem sind in diesen nicht unbedingt „harmlose“ Mittel enthalten!

- **Pflege:**
 - (A) Ein Stück unbehandeltes *Kupfer* (z.B. alter Pfennig) sollte in der direkten Nähe des Silbergegenstandes liegen (wenn dieser sich in einer dichten Schublade oder in einem dichten Schrank befindet). „Die Luft wird dann vom *Silber* weg zum unedleren Metall gelockt“ (auch ein Stück Kreide im z.B. Schrank schützt vor Oxidation, da Kreide auch Feuchtigkeit aufnimmt!). Handelt es sich bei den Gegenständen aus *Silber* um Pokale etc. so ist ein dicht schliessender Schrank überhaupt sehr von Vorteil, da dann unsere Luft dieses Metall nicht (so schnell) erreicht und es oxidieren kann.
 - (–) Ein dünner Überzug mit *Zaponlack* kann dann angewandt werden, wenn dieses Metall nicht irgendwelchen mechanischen Belastungen ausgesetzt ist.
 - (–) Ein vorübergehender Anlaufschutz wird durch das Bilden eines dünnen Schutzfilmes mittels *Tensiden auf Silikonbasis* oder *Thioalkoholen* erreicht. Ein solcher Schutz ist in manchen derartigen Putzmitteln enthalten.

Bei Zink

Zink findet eigentlich nur als Anode zum Schutz z.B. der Schraube aus Messing unter Wasser eine Verwendung und erfordert keine Reinigung oder Pflege. Diese Anode muss nur ab und zu durch eine neue ausgetauscht werden, wenn die alte „verschlissen“ ist.

Bei Chrom

An Bord gibt es ausserdem so manche Teile, die verchromt sind = darum gehe ich am Schluss von „Reinigung & Pflege“ auf diese Form/dieses Metall gesondert ein.

Dabei kann es sich als Basis um Metalle handeln (Bronze, Eisen/Stahl, Kupfer oder Messing), aber auch Kunststoffteile werden manchmal verchromt.

Bei einer solchen Chromschicht handelt es sich jedoch häufig nur um einen „Hauch“ von Chrom, denn Chrom ist teurer als das Basismetall. Somit besteht bei Abnutzung die Gefahr, dass das Ursprungsmetall sichtbar wird. Bei verchromten Gegenständen mit einem niedrigen Preis (sehr dünne Chromschicht) ist also mit einem baldigen „Erscheinen“ der Basis unterhalb der Verchromung zu rechnen.



Darum sollte (muss) die Reinigung und Pflege immer behutsam vorgenommen werden und möglichst nicht mit einer scheuernden oder gar kratzenden Wirkung!

- **Reinigung:**

Allgemeiner Schmutz

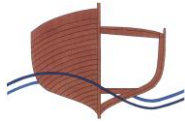
- (A) Durch die normalerweise sehr glatte Oberfläche derartiger Teile setzt sich sehr wenig Schmutz an, so dass eine „massive Reinigung“ eigentlich nicht nötig ist und verchromte Teile zum Erhalten des Glanzes nur gepflegt werden müssen.
- (A) Sollte das verchromte Teil sehr stumpf aussehen, dann empfehlen sich warmes Wasser mit *Spüli* und ein weicher Lappen.
- (A) *Saure Reinigungsmittel* lassen das Chrom wieder „strahlen“, wenn ein feuchter Lappen nicht mehr reichen sollte.

- **Pflege:**

- (A) Üblicherweise reicht ein weicher Lappen zum Erzeugen eines Glanzes.
- (A) Ein Stück *Alufolie* wird zu einer Kugel geformt und mit *Cola* übergossen. Mit dieser Kugel kann dann sanft über die verchromte Stelle gerieben werden.

TIP:

Nach allen Reinigungshandlungen sind die Metallteile wegen der Chemie in den verschiedenen Reinigungsmitteln immer sehr, sehr gut abzuwaschen!



Zusammenstellung der Metalle und ihrer Reinigungs- und Pflegemittel

In der nachfolgenden **6.Tabelle** wurde versucht, den einzelnen Metallen Pflegemittel zuzuordnen, wobei auch einige der im Haushalt ganz üblichen Reinigungs- und Pflegemittel beispielhaft in die Liste aufgenommen wurden. Die in Bootskatalogen usw. angebotenen „Spezial“-Produkte sind z.T. nicht viel besser - nur teurer!

Die Angaben sind nach bestem Wissen gemacht, wobei bei den Produkten nicht alle möglichen auf dem Markt befindlichen aufgeführt werden konnten; die genannten stellen in keinem Fall eine irgendwie geartete Wertung dar! Es kann aber aus diesem Grund auch keine Gewähr übernommen werden.

Die Verwendung all' dieser Mittel schliesst demzufolge beim Gebrauch nicht aus, unbedingt vorher die jeweilige Mittel vorsichtig an unwichtigen/unscheinbaren Stellen auszuprobieren und bei der Dosierung ebenfalls „Obacht“ zu geben!

Zu den Abkürzungen in der folgenden Tabelle:

Rein.	=	Reinigung,
Pfle.	=	Pflege,
X	=	ja, kann benutzt werden,
O	=	nein, auf keinen Fall dafür benutzen!
+	=	umweltfreundlich,
!	=	u.U. gesundheits- oder/und naturschädlich.

Metalle → Beispielhafte Mittel ↓	Aluminium		Bronze		Eisen/Stahl		Kupfer		Messing		Silber	
	Rein.	Pfle.	Rein.	Pfle.	Rein.	Pfle.	Rein.	Pfle.	Rein.	Pfle.	Rein.	Pfle.
Chemische Betriebe Pluto „Pluto Yacht Aluminium.“	X	X							X	X		
Colgate-Palmolive „Ajax Allzweckreiniger“	X !	X !	X !	X !	X !	X !	X !	X !	X !	X !		
Dan „Klorix“	O	O	X !	X !	X !	X !	X !	X !	X !	X !	O	O
Delu „Kupfer-Messing-Poliersch.“	O	O					X !	X	X !	X	O	O
Delu „Silber-Polierschaum“	O	O									X !	X !
Henkel „General Dor Balsam“	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Henkel „Sidol Die Küchenkraft“			X	X	X	X	X	X	X	X		
Henke „Sidol Metall-Politur“			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Herrlan „Indusan“			X	X	X	X	X	X	X	X		
„Hobbythek-Mittel“	X +	X +	X +	X +	X +	X +	X +	X +	X +	X +	X +	X +
International „Yacht Rubbing“			X	X	X	X	X	X	X	X		
Metasco „Affinal AL“	X	X										
Metasco „Certonal“	X !	X										
Metasco „Metax Ari“	X	X										
Metasco „Metax BS I“	X	X										
Procter & Gamble „Antikal“	O	O	X !	X !					X !	X !	O	O
Unilever „Viss Scheuermilch“			X	X	X	X	X	X	X	X		
Weil „Abrazo“	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Yachticon „Wash & Wax“	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		



Grundsätzliches zu Schutzmitteln gegen Oxidation

Metalle unterliegen - was (anfänglich nur) ihre Oberfläche betrifft - immer auch optischen Veränderungen, d.h. durch die Verbindung mit Luft, Feuchtigkeit usw. kommt es zu einer Oxidation dieser Fläche.

Natürlich kann laufend durch eine regelmässige Oberflächenpflege (man denke z.B. nur an das ungeliebte Putzen von *Messing* auf Segelschulsschiffen) der Glanz erhalten werden, doch nicht jeder will sich dieser Arbeit unterziehen.

Bei manchen Metallen kann ein vorübergehender Überzug mit einem Klarlack (oder einem Farbanstrich) eine Oxidation verhindern (auf die Anstrichmittel komme ich noch zu sprechen), während es gerade bei *Eisen* unabdingbar ist, das Metall mit einem entsprechenden Anstrich oder auf andere Art und Weise zu schützen. Dieser Schutz ist ganz besonders notwendig, wenn sich die Metallfläche im/unter Wasser befindet - und noch viel mehr, wenn es sich bei dem Wasser um Seewasser handelt, wo das enthaltene Salz die Aggressivität noch erhöht.

Aus diesem Grund gehe ich hier vorher besonders auf das Thema bezüglich der Oxidation von *Eisen/Stahl* und der möglichen Schutzmöglichkeiten ein:

Rostschutzmittel

Auf einem Schiff haben wir verschiedene *Eisenmetalle*, die einer Korrosion unterliegen (z.B. das Schwert). – Wenn dann die Vorarbeiten einwandfrei durchgeführt wurden (=vollständiges Entfernen des groben Rostes und des feineren Flugrostes bis auf die reine Oberfläche des Metalles), können verschiedene Mittel angewendet werden, die eben nicht die Umwelt (so) belasten. Früher wurde *Bleimennige* benutzt, die - neben ihrer Giftigkeit! - sehr schnell trocknete und dadurch ein Verlaufen des mit einem Pinsel aufgetragenen Anstriches verhinderte (=keine glatte Oberfläche) und das Metall nur vor einer weiteren Oxidation (=Zutritt von Sauerstoff) schützte.

Brünierung

Hierbei handelt es sich (eigentlich) um ein schon älteres und sehr bekanntes Verfahren, um eisenhaltige Oberflächen (Eisen oder Stahl) vor einer Korrosion zu schützen, welches jedoch nicht als Anstrich zu verstehen ist. Allerdings wird dieses wirkungsvolle Verfahren in der Fachliteratur (fast) gar nicht erwähnt!

- Verhalten: Durch Eintauchen der Werkstücke in heisse *alkalische Lösung* (Hauptbestandteile meist *Natronlauge* und *Natriumnitrit* bei bis zu 150°C.), in Sonderfällen auch mittels *Salzschmelzen* oder besonderen Ofenatmosphären, bilden sich schwarze Mischoxidschichten aus *Eisen(II,III)-oxid*. Schwarzes Magnetit Fe_3O_4 ist die 1:1-Mischung aus FeO und Fe_2O_3 . Tendiert die Farbe zu braun, ist ein Überschuss von Fe_2O_3 enthalten (aus Wikipedia).
- Resultat: Die Schichten sind als integraler Bestandteil des Grundwerkstoffes vollständig biegefest, ein Abplatzen oder Abblättern ist unmöglich. Zudem sind sie relativ abriebfest sowie bis etwa 300°C. temperaturbeständig. Eine unbeölte Brünierung wirkt alternativ zum *Phosphatieren* auch als Haftgrund für Oberflächenbeschichtungen mit Lacken (aus Wikipedia).
Das bedeutet, dass mit dieser Methode, die übrigens auch erfolgreich in der Auto-Industrie verwendet wird, nicht damit zu rechnen ist, dass mechanische Beeinträchtigungen (Scheuern, Stoss usw.) diesen dennoch sehr dünnen Rostschutz beschädigen und es wieder zu einer Oxidation kommt.

Manche Hersteller haben einen anderen Weg beschritten und aus diesem Grund Mittel entwickelt, die vorhandenen (Rest-)Rost (=Flugrost, höchstens diesen) umwandeln. Dazu wird die leicht oxidierte (Grenz-)Oberfläche von *Eisen/Stahl* z.B. mit einem Mittel „durchtränkt“, so dass kein Sauerstoff mehr angreifen kann oder in eine sogenannte Passiv-Schicht umgewandelt (chemisches Ergebnis= Fe_2O_2). Bei allen diesen Mitteln darf das Metall jedoch nicht total blank sein, sondern es müssen noch Reste von Rost vorhanden sein (z.B. eben leichter Flugrost, der sich sehr schnell wieder auf dem Metall einfindet). – Weitere Informationen und zum Test dazu z.B. in der Zeitschrift PALSTEK 05/1996 und 02/1998.



Folgende Wege werden als Anstrich zum Schutz beschriften (leider mit unterschiedlichen Dauer-Erfolgen wie verschiedene Tests bewiesen haben):

Durchtränkung

Auf der Basis von *Alkydharzen* auf *Naturgrundölen* (z.B. „OWATROL“)

- Verhalten: In diesem Fall dringt das Mittel in das Eisenoxid ein, umschliesst dieses auch fest und macht es für den Sauerstoff (und damit einer weiteren Oxidation) unangreifbar (=so jedenfalls die Hersteller-Darstellung!). Allerdings wirken diese Mittel nicht auf völlig blanken Metallen, sondern nur dann, wenn noch (etwas) Flugrost vorhanden ist!
- Resultat: Ein erster Anstrich kann nach einem ½ bis 1 Jahr einen neuen erforderlich machen, dann allerdings mit einer dauerhafteren Schutzwirkung, d.h. es zeigte sich in einem Test danach kein neuer Rostbefall.

Auf der Basis von *Epoxidharzen* (z.B. „BRUNOX“)

- Verhalten: Wie auf der Basis von *Alkydharzen* auf *Naturgrundölen*
- Resultat: Schon nach kurzer Zeit (=wenigen Wochen!) zeigten sich in einem Test braune Roststellen, die sich aber dann nicht weiter ausbreiteten.

Auf der Basis von *Ölen* mit *natürlichen Harzen* (z.B. „TONKINOIS“)

- Verhalten: Dieses Mittel dringt maximal in die Grenzschicht ein und bildet mit einem zweiten Anstrich eine hochglänzende, harte Abdeckschicht. – Nicht unbedingt verwendbar bei Teilen, die sich laufend im Wasser befinden.
- Resultat: Obwohl dieses Produkt schon viele Jahre benutzt wird, kam es erst sehr spät auf den Markt für „Lustboote“. Rostbildungen ergaben sich im Test nicht mehr.

Penetrierung

Rost-Umwandlung (z.B. „CORREPAIR“ oder „SKIPPERS CORRPASSIV“)

- Verhalten: In diesen modernen Mitteln werden durch die Verwendung eines (*edel-*) *metallisches Polymer* namens „Polyanilin“ dem Metall auf einem autogalvanischem Wege Elektronen entzogen und die Grenzschicht zudem in Fe_2O_3 umgewandelt. Dieses „Polyanilin“ muss jedoch in einem zweiten Arbeitsgang - nach dem Anstrich eines ersten Rostumwandler - aufgetragen werden.
- Resultat: Es zeigten sich im Test auf Dauer keine rostigen Stellen. „CORREPAIR“ besitzt den besten Langzeitschutz, man kommt jedoch damit nicht in alle Ecken und Winkel. – Das andere Produkt („SKIPPERS CORRPASSIV“) ist eher für sandgestrahlte Flächen ausgelegt. Der grosse Vorteil aber ist: beide können miteinander kombiniert werden!

Versiegelung

Rostabdichtung auf der Basis von *Polyurethan* (z.B. „BOB“)

- Verhalten: Der Rost wird komplett versiegelt und ihm wird ein Teil der Feuchtigkeit entzogen. Das *Polyurethan* benutzt den verbleibenden Teil der Feuchtigkeit zum eigenen Abbinden. Es bildet sich ein Rost-Kunststoff-Gemisch. Ein solcher Auftrag ist sehr hoch wärmebeständig (bis $+120^\circ C$.).
- Resultat: Es zeigten sich im Test auf Dauer keine rostigen Stellen (der „Berliner Funkturm“ wurde - und wird - übrigens damit erfolgreich gestrichen).

Die Produkte, die eine neue Metallschicht erzeugen (z.B. Fe_2O_3), haben - wegen der katalytischen Vorgänge - derart (phänomenale) Wirkungen, dass diese empfohlen werden können und deren weitere Entwicklung auf dem Markt „im Auge“ behalten werden sollte!

Anschliessend können diese Mittel mit allen anderen gängigen Lacken (1K oder 2K) überstrichen werden, wobei jedoch „CORREPAIR“ seine 10-Jahre-Garantie (!) nur bei Weiterverwendung eigener Lacke vergibt. – Übrigens erfolgt logischerweise der spätere Lackanstrich mit seiner Grundierung erst nach dem Rostschutz!

Klar dürfte natürlich jedem sein, dass Beschädigungen an irgendwelchen Stellen des Auftrages, besonders bei bis auf das Metall durchgehenden Schäden, einen Rostschutz nicht mehr gegeben seinlassen. Kommt wieder Sauerstoff an das Metall, so findet zwangsläufig eine Oxidation von *Eisen* statt. – Weiter Informationen befinden sich in der DIN 55928.



Anstriche zum Schutz von Metallen

Bei den Lacken gibt es verschiedene Kriterien, die für uns sehr wichtig sind und die die Hersteller gerne „in den Griff bekommen“ möchten. Zwei besonders entscheidende Kriterien spreche ich hier kurz an, während weitere Informationen nachfolgend gegeben werden:

Abriebfestigkeit

Bei einem z.B. durch ein Scheuern an bestimmten Stellen oder durch andere dauernde mechanische Einwirkungen sollte es nicht gleich zu einer Beeinträchtigung der Anstrichoberfläche (=Abnutzung) kommen. (siehe dazu u.a. DIN 68861 1B+1C= „Chemische Beanspruchung“)

Wetterbeständigkeit

Das uns umgebende Wetter soll keinen Einfluss auf den Anstrich ausüben können. Auszehrungen, Farbveränderungen und Veränderungen des Anstriches überhaupt darf es nicht geben. Ebenso soll die Sonneneinstrahlung es nicht zu Veränderungen des Anstriches kommen lassen.

TIP:

Als Test: einrühren von etwas Farbe in Wasser. Wenn sich die Farbe am Boden abgesetzt hat und das Wasser wieder ganz klar ist/wird, ist alles „im grünen Bereich“!

Diese und die anderen Kriterien „unter einen Hut“ zu bringen, das ist das Problem (und die „Kunst“) der Hersteller. Es wird aber, wenn man es realistisch betrachtet, wohl nie zu einem 100%igen Erfüllen aller dieser Punkte in einem Anstrichmittel kommen (können), denn das wäre das berühmte „Ei des Kolumbus“.

Nachfolgend werden die bekanntesten Lacke für den Schutz von Metallen vorgestellt, wobei auf die unterschiedlichen Fähigkeiten und Anwendungsgebiete eingegangen wird. Bei allen Lacken ist zu berücksichtigen, dass die Hersteller ihre Produkte durch verschiedenste Beimischungen in ihrer ursprünglichen chemischen Leistungsfähigkeit (positiv) verändern können! Auf diese daraus entstehende Leistungsvielfalt kann hier einfach nicht eingegangen werden, denn das würde den Rahmen völlig sprengen. Hier geht es nur darum, was die Bestandteile eines Lackes - und damit die Anstrichmittel überhaupt - auf der Basis ihrer Chemie und Physik grundsätzlich und damit auch technisch zu leisten in der Lage sind.

Bei den Anstrichmitteln, die für Metalle geeignet sind, reduziert sich die Zahl dieser Lacke. Dennoch führe ich hier die Ungeeigneten als Erste auf, damit sich niemand ein falsches Anstrichmittel dafür kauft.

TIP:

Über die unterschiedlichen Anstrichmittel usw. für den Bootsbereich überhaupt gibt es einen weiteren Fachartikel von mir!

Ungeeignete Anstrichmittel für Metalle

Folgende Lacke (1K und 2K) sind aus verschiedenen Gründen für Metalle ungeeignet, wobei ich davon ausgehe, dass diese Anstrichmittel in erster Linie im Aussenbereich zur Anwendung kommen sollen, wo die Metalle der Witterung ausgesetzt sind:

Acryl-Lacke (1K)

(als AC-Lack bezeichnet)

Grund:

Nicht hitzebeständig und nur relativ beständig gegenüber der Witterung. Für den Aussenbereich als Klarlack nicht geeignet.

► **Also =** Für den Aussenbereich eines Bootes nicht geeignet.

Harnstoffharz-Lacke (1K)

(als UF- oder auch als SH-Lack bezeichnet)

Grund:

Gegenüber Wasser und Temperaturschwankungen sind UF-Lacke nur begrenzt beständig. Auch besitzen sie eine schlechte Elastizität und geringe Lichtbeständigkeit (=dunkeln aber nicht nach!). Zudem sind sie für bewitterte Flächen ungeeignet!

► **Also =** Für den Aussenbereich eines Bootes nicht geeignet.



Melaminharz-Lacke (1K)

(als *MF*- oder auch als *SH*-Lack bezeichnet)

Grund: Ihr Verhalten gegenüber Wasser und anderen Lösungsmitteln ist nur mässig. Auch besitzen diese Lacke eine schlechte Elastizität und eine ebenso schlechte Lichtbeständigkeit (=dunkeln aber nicht nach!). Zudem sind sie für bewitterte Flächen ungeeignet.

► **Also =** Für den Aussenbereich eines Bootes nicht geeignet.

Polyester-Lacke (1K)

(als *UP*-Lack bezeichnet)

Grund: Diese Lacke sind spröde und - wenn sie nicht besonders eingestellt worden sind - sehr kratzempfindlich! Ein Einsatz kann nur in Bereichen stattfinden, die nicht einer laufenden Ab-/Benutzung ausgesetzt sind.

► **Also =** Für den Aussenbereich eines Bootes nicht geeignet.

Spiritus-Lacke (1K)

Grund: Solche Lacke sind wasserempfindlich und nur wenig kratzfest. Nicht für Aussenbereiche oder für beanspruchte Bereiche verwendbar!

► **Also =** Für den Aussenbereich eines Bootes nicht geeignet.

Harnstoffharz-Lacke (2K)

(als *UF*- oder auch als *SH*-Lack bezeichnet)

Grund: Ihr Verhalten gegenüber Wasser und anderen Lösungsmitteln ist dagegen eher nur mässig. Auch besitzen sie eine schlechte Elastizität und Lichtbeständigkeit (=dunkeln aber nicht nach!).

► **Also =** Für den Aussenbereich eines Bootes nicht geeignet.

Melaminharz-Lacke (2K)

(als *MF*- oder auch als *SH*-Lack bezeichnet)

Grund: Ihr Verhalten gegenüber Wasser und anderen Lösungsmitteln ist eher nur mässig. Auch besitzen diese Lacke eine schlechte Elastizität und Lichtbeständigkeit (=dunkeln aber nicht nach!). Zudem sind sie für bewitterte Flächen ungeeignet.

► **Also =** Für den Aussenbereich eines Bootes nicht geeignet.

Phenolharz-Lacke (2K)

(als *PF*- oder auch als *SH*-Lack bezeichnet)

Grund: Ihr Verhalten gegen Wasser und anderen Lösungsmitteln ist eher nur mässig. Auch besitzen sie eine schlechte Elastizität und Lichtbeständigkeit (=dunkeln nach!). Die Wärmeempfindlichkeit ist so schlecht, dass es bei stärkerer Erwärmung (z.B. durch das Sommerwetter) ausserdem zu Vergilbungen kommt/kommen kann. Solche Lacke sind für bewitterte Flächen ungeeignet!

► **Also =** Für den Aussenbereich eines Bootes nicht geeignet.

Geeignete 1K-Anstrichmittel für Metalle

Beginnen wir nun mit den für Metall geeigneten Lacken, die bereits fertig gemischt sind und somit direkt verarbeitet werden können (zuerst die 1K-Lacke).

Infos zu den nachfolgenden Lack-Angaben (bei der angegebenen Auftragsmenge und der Filmdicke pro Anstrich handelt es sich nur um eine Empfehlung!):

T	=	Technologie/chemische Hinweise,
E	=	Eigenschaften,
A	=	Anwendungsbereiche,
nb	=	Daten nicht bekannt, bzw. nicht zu ermitteln gewesen.

Alkydharz-Lacke (1K)

T = Diese *AK*-Lacke (=anderer Name für diese Gruppe) haben auch die Bezeichnung „Kunstharz-Lacke“. *Alkydharz* ist das am häufigsten verwendete Bindemittel auf *Polykondensatbasis* und wird mit trockenen oder nicht trockenen Ölen gemildert/verändert. Diese physikalisch trocknende Überzugsmittel basieren auf mit *Ölen* und *Fettsäuren modifizierten Polyesterharzen* und härten durch eine Veresterung seitens der *Alkohole* (=organische Lösungsmittel werden in erster Linie benutzt) nach bis zu 2 Tagen vollständig aus. Wenn bestimmte Öle miteingesetzt werden, nennt man diese auch „Öl-Lacke“.



Die chemische und mechanische Belastungsfähigkeit der Lackschicht wird entscheidend geprägt durch die Art und Menge der beigefügten Öle. Diese können sein: *Holz-, Lein-, Rizinus- oder Sojaöle*.

E = *AK-Lacke* werden häufig mit anderen Harzen gemischt und ergeben dann die sogenannten „Kombi-Lacke“, die sich leicht verarbeiten lassen. Solche Mittel können als Grundierungen für andere Lacke benutzt werden - nicht jedoch für *Nitro-* und *DD-Lacke*! Besondere Verdünnungen der Hersteller, *Testbenzin* oder *Terpentin*, werden üblicherweise als Mittel für Konsistenz und Streckung eingesetzt. *Kurzölige* Lacke sind sehr hart und verfügen über eine gute Beständigkeit gegenüber Chemikalien und gegenüber Witterungen. Ausserdem kann mit ihnen ein sehr guter Glanz erreicht werden.

Mittelölige Anstrichmittel sind ebenfalls sehr hart. Witterungen und Chemikalien können ihn nichts anhaben. Diese Lacke trocknen am schnellsten.

Langölige Lacke lassen sich sehr gut verstreichen und haben einen guten Verlauf. Sie verfügen über eine gute Härte und sind beständig gegenüber Chemikalien und Einflüssen des Wetters.

Die Lacke auf der Basis von *AK-Harzen* sind überhaupt ziemlich widerstandsfähig (die Abnutzung liegt im normalen Bereich), sie sind elastisch, haften gut auf Untergründen und können gestrichen, gerollt oder gespritzt werden. Bei Bewitterung verhalten sich nur *Farblacke* positiv, Klarlacke dagegen schlecht bis sehr schlecht!

- Festkörpergehalt 40-70 %
- Auftragsmenge 70-500 g/m²
- Schicht-/Filmdicke 30-120 µ
- Schleif- / Stapeltrocken 1-2 Std. / bis 48 Std.

A = Der Preis ist relativ hoch. – Eingesetzt werden können diese Lacke in erster Linie im Innenbereich und an Deck. Für einen Rumpfanstrich/Metallrumpf sind sie weniger bis schlecht geeignet, da *AK-Lacke* nur über eine gute bis mittlere Wasserbeständigkeit verfügen. Soll eine bewitterte Fläche gestrichen werden, so sollte der Lack unbedingt ausreichend pigmentiert sein!

Es gibt aber auch Lacke dieser Art (mit den entsprechenden Zusätzen seitens der Hersteller), die für das Überwasserschiff geeignet sind, sie haben aber dann keinen Hochglanz-Effekt und nur eine relativ kurze Haltbarkeit (maximal 3 Jahre).

Öl-Lacke (1K)

T = Auf der Basis von z.B. *Holz-, Lein-, Rizinus- oder Sojaölen* wird als Lösungsmittel bei diesen Lacken vorzugsweise das natürliche *Terpentin* (oder *Testbenzin*) verwendet, wodurch diese Lacke ziemlich „gesundheitsfreundlich“ sind. Eine Härtung erfolgt physikalisch durch Verdunstung und durch die Aufnahme von Sauerstoff seitens der Ölanteile. Diese Lacke sind schon seit vielen Jahrzehnten im Gebrauch.

Öl-Lacke oder die, die auf einer solchen Basis hergestellt worden sind z.B.: „BAREND PALM-BOOTSÖL“, „BENAR-ÖL“, „DESK OLJE“, „LE TONKINOIS“, „OWATROL“ (der letztgenannte Lack wird seit Jahren auch von der französischen Marine benutzt). – Dazu eine weitere Info: z.B. in der Zeitschrift PALSTEK 06/1997.

E = Es sind nur Hartöle verwendbar, die - in entsprechender Schichtdicke aufgetragen - einer Versiegelung gleichkommen. Allerdings müssen diese Lackformen etwa jährlich überstrichen werden.

Solche Lacke haben zumeist nur Seidenglanz. Allerdings gibt es besondere Öl-Lacke, die UV-beständig (?=aber keine Vergilbungen), dauerhaft elastisch bleiben und hochglänzende Ergebnisse zeigen können („können“!).



Ein Nachteil ist bei einigen Anwendungen (z.B. *Leinölfirnis*), dass derartige Mittel relativ weich sind, lange klebrig bleiben und dadurch lange Trocknungszeiten benötigen und - zu dick aufgetragen - der Film dann Runzeln bilden kann. Ausserdem sind diese Lacke nicht so sehr für Wasser geeignet, das auf diesem Anstrich stehen bleibt. Ebenso kann es bei Flächen Probleme geben, die mechanisch höher belastet werden.

- Festkörpergehalt etwa 50-65 %
- Auftragsmenge etwa 50-71 g/m²
- Schicht-/Filmdicke etwa 40 µ
- Schleif- / Stapeltrocken nb

A = Die normalen Hartöle können eigentlich nur im Innenbereich angewandt werden, während die Lacköle/Öl-Lacke auch für sonstige Überwasserbereiche benutzbar sind.

Polymerisatharz-Lacke (1K)

T = Unter diesem Überbegriff für Kunststofflacke sind *Polyacrylat- (=PA)*, *Polyvinylacetat- (=PVAC)*, *Polyvinylchlorid- (=PVC)*, *Polyvinylpropionat- (=PVP)* und ähnliche Lacke im Handel (poly=mehrfache Harze) anzutreffen. Basis können aber auch *Acrylnitril-Butadienstyrol (=ABS)* oder *Styrolbutadien (=SB)* sein. Die Trocknung erfolgt durch Verdunstung des Lösungsmittels, was hierbei - je nach Art - länger dauern kann.

Diese Lacke, auch als *Kunststoffdispersionen* genannt, kommen aus dem chemischen Bereich der Thermoplaste=Kunststoffe und werden durch entsprechende Verbindungen zu Anstrichmitteln (oder zu Leimen=Dispersionsleimen).

E = *PVC-* und ähnliche Lacke sind üblicherweise gegen *Alkohole, Benzine, Laugen, Säuren* und *Wasser* widerstandsfähig. Diese Lacke sind sehr häufig elastisch und abriebfest „eingestellt“ (=Art der Mischung seitens der Hersteller), können aber auch spröde und hart sein. Etliche Arten dieser Lacke sind nicht brennbar.

- Festkörpergehalt nb
- Auftragsmenge nb
- Schicht-/Filmdicke nb
- Schleif- / Stapeltrocken nb

A = Verwenden kann man diese Lacke eigentlich überall, aber bei Flächen, auf denen es zu einer dauernden Belastung kommt, sollten diese Lacke nicht unbedingt genommen werden.

Polyurethanharz-Lacke (1K)

T = Diese Lacke werden auch als *PUR-* oder nur als *PU-Lacke* bezeichnet und finden immer mehr ihre Käufer (bei diesen 1K-Lacken ist der Härter schon in der Dose beigegeben=vorgemischt). Da diese Lacke aber die nicht ungefährlichen *Isocyanate* enthalten, die auch Allergien hervorrufen können, sind bei der Arbeit damit entsprechende Sicherheitsmassnahmen zu treffen (**VORSICHT!**). Weil *PUR-Lacke* mit der Luftfeuchtigkeit reagieren (Härtung durch diese), kann es zu Problemen beim Anstrich, bzw. dem Anstrichergebnis kommen, wenn diese Feuchtigkeit zu hoch ist! Auch treten beim Anstreichen sehr unangenehme Gerüche auf (**VORSICHT!**=) bitte eine sehr gute Atemschutzmaske tragen!). *Polyurethanharz-Lacke* gibt es auch in 2K-Ausführung.

E = Sie haben eine Eigenschaft, die positiv ist, denn sie sind absolut wasserdicht und lassen aber andererseits - wie bei *PUR-Lacken* üblich - auch keinen Austausch von Wasserdampf zu. Die Hafteigenschaft ist gut, ebenso besitzt dieser 1K-Lack eine hohe Abriebfestigkeit. Dieser Lack kann vom Hersteller hart oder zäh eingestellt werden (durch Beimischungen).



Klarlacke dieser Art sind - im Gegensatz zu den Farblacken - gar nicht bis sehr schlecht witterungsfest. Überhaupt sind diese Lacke in der Normal-Version (!) eher als wasserempfindlich einzustufen.

- Festkörpergehalt 30-80 %
- Auftragsmenge 80-400 g/m² (ideal=120 g/m²)
- Schicht-/Filmdicke 40-100 μ
- Schleif- / Stapeltrocken 2-6 Std. / bis 2 Tage

A = Für den Aussenbereich sind diese Lacke, wenn es sich nicht um ganz spezielle Lacke handelt, nicht so sehr geeignet.

Erfolgt der Anstrich bei einer zu hohen Luftfeuchtigkeit, ist mit Problemen zu rechnen! – Lacke dieser Art sind besonders für Kunststoffflächen (z.B. entsprechende Bootsrümpfe aus Kunststoff) geeignet.

Wasser-Lacke (1K)

T = Diese Gruppe basiert auf *Wasser* als (einem) Lösungsmittel und diese Lacke seien hier nur zur Vollständigkeit erwähnt, denn sie gehören wohl zu den umweltfreundlicheren(?) Anstrichmitteln, sind aber keine eigene „Gruppe“, werden aber manchmal mit dem Namen „Wasser-Lacke“ angesprochen.

Üblicherweise ist *Äther/Ether* das eigentliche Lösungsmittel, welches zudem mit *Wasser* verdünnt worden ist. Der Anteil anderer Lösungsmittel beträgt höchstens 10 %. Eingesetzt werden z.B. *Acrylat-, Alkyd-, Polyester- oder Polyurethanharze*. Chemisch und mechanisch sind diese „Wasser-Lacke“ hoch belastbar und deren Elastizität, Haftung und Härte sind als gut zu bezeichnen.

E = Bei den einzelnen Harzen sind weitere Angaben zu entnehmen.

- Festkörpergehalt 30-60 %
- Auftragsmenge nb
- Schicht-/Filmdicke 30-50 μ
- Schleif- / Stapeltrocken 2 Std. / nb

A = Die Angaben entsprechen (etwa) denen der genannten Harze, wobei die Viskosität mit *Wasser* eingestellt wird. Bei Flächen, die dem Wetter ausgesetzt sind, sollte der Lack über eine ausreichende Pigmentierung verfügen.

Zellulose-Lacke (1K)

T = Diese Lacke werden auch *Nitro-, Nitrocellulose-, CN- oder NC-Lacke* genannt. Auf Grund eines sehr hohen Lösungsmittelgehaltes (primär: *Alkohol* oder *Ester*) kommt es äusserst schnell zu einer chemischen Reaktion seiner Bestandteile und somit zu einer Aushärtung. Dieses Mittel ist nicht sehr umweltfreundlich! Ausserdem besteht durch den sehr niedrigen Zündpunkt Feuergefahr: **VORSICHT!**

In Verbindung mit etwas teuren, jedoch feuersicheren *Acetylcellulosen (Cellit, Cellon)* entstehen die auch im Flugzeugbau verwendeten *Acetylcellulose-Lacke*, die wesentlich besser in ihren gesamten Eigenschaften sind.

Diese Lacke gibt es inzwischen von matt bis hochglänzend, pigmentiert oder ohne jegliche Pigmente, je nachdem wie der Lack vom Hersteller eingestellt worden ist.

Achtung:

Andere Grundierungen mit anderen Lacken (also anderen chemischen Zusammensetzungen) können durch *NC-Lacke* zerstört werden!

E = Durch die schnelle Reaktion sind diese Lacke in erster Linie zum Spritzen geeignet. Je nach Zusammensetzung können diese Lacke licht- oder/und flammhemmend hergestellt werden.



Allerdings gibt es Mischformen, die grundsätzlich beständig gegen Wasser und Wärme sind (was normalerweise nicht der Fall ist) und deren Abriebfestigkeit verbessert ist. Sie sind aber nicht völlig alkohol- und säurefest, verfügen jedoch grundsätzlich über ein sehr gutes Haftungsvermögen.

Diese Lacke sind häufig auch als Sperrgrund zur Isolierung verwendbar.

NC-Lacke sind wieder anlösbar.

- Festkörpergehalt 20-50 %
- Auftragsmenge 50-500 g/m²
- Schicht-/Filmdicke 30-100 µ
- Schleif- / Stapeltrocken 20-30 Min. / bis 2 Std.

A = NC-Lacke können in jeglicher Art verarbeitet werden, sind aber eher für den Innenbereich geeignet. Sie sind nicht sehr kratzfest. In sehr starker Verdünnung (nur noch 5 % Lackanteil) werden sie als Korrosionsschutz blanker Metalle verwandt und dann unter dem Namen *Zapon-Lack* gehandelt.

Geeignete 2K-Anstrichmittel für Metalle

Kommen wir nun zu den entsprechenden 2 K-Lacken, die vor ihrer Verwendung erst gemischt werden müssen:

Epoxidharz-Lacke (2K)

T = Handelsname auch = EP-Lacke (oder auch DD-Lacke). Hier sind, wie bei allen 2K-Anstrichmitteln, die Anweisungen der jeweiligen Hersteller genau zu befolgen, besonders das Verhältnis von Harz und Härter (*Polyamide*)! (**VORSICHT!**): Auch sollten beim Verarbeiten wegen der Giftigkeit des Härters (Stoff und Dämpfe sind ätzend und gesundheitsgefährdend!) unbedingt Handschuhe und eine sehr gute Atemschutzmaske (DIN EN 133) getragen werden!

EP-Lacke stehen am Markt in zwei Varianten zur Verfügung: verdünnbar mit *Lösemitteln* oder mit *Wasser*.

E = Diese teuren Lacke härten fast verlustfrei aus und finden immer mehr Anwendungen. In Mischung mit anderen Harzen ergeben sich noch eine Vielzahl von Lacken für alle möglichen Bereiche. Diese Lacke können durch verschiedene Beimengungen farbig oder klar (z.T. leicht bernsteinfarbig) hergestellt werden. Sie sind hart, sehr hart (und damit äusserst abriebfest) und absolut feuchtigkeitsdicht. Gegen Chemikalien und wetterbedingte Einflüsse sind EP-Lacke stabil. Diese Lacke weisen höhere Festigkeiten und Wasserbeständigkeiten auf als die UP-Anstrichmittel.

Die Elastizität ist äusserst gering, kann aber durch entsprechende Beimischungen seitens des Herstellers verbessert werden. Die Härtung erfolgt langsamer als bei UP-Lacken, ist aber hierbei unter +20°C. nicht möglich.

- Festkörpergehalt etwa 50 %
- Auftragsmenge 100-160 g/m²
- Schicht-/Filmdicke 20-60 µ
- Topfzeit 1-2 Tage (lösemittelverdünnbar)
- Topfzeit 2-5 Std. (wasserverdünnbar)
- Schleif- / Stapeltrocken nb

A = Diese EP-Lacke können (im Prinzip) überall eingesetzt werden.

TIP:

Zu den *Epoxid*-Varianten wird unbedingt die Nutzung der Literatur der GOUGEONS BROTHERS empfohlen, in der man ausführlichst informiert wird. Und bei diesem *Epoxid* handelt es sich um das Original-*Epoxid* (allerdings nicht dem Erfinder!) = alle anderen sind „Nachbauten/ Nachahmer - mit ggf. allen sich daraus ergebenden Konsequenzen!



Polyester-Lacke (2K)

T = Sie werden auch *UP*-Lacke genannt (=ungesättigte Polyester) und ähneln in ihrem chemischen Aufbau den *Alkydharz*-Lacken. Diese *UP*-Lacke härten nach Härterzugabe durch Polymerisation (Zusammenschluss eines Stoffes zu Grossmolekülen) aus. Der dazu verwendete Härter ist ätzend (**VORSICHT!**). Sollte ausserdem eventuell ein „Beschleuniger“ (=Sikkativ) hinzugegeben werden, ist - wegen der zusätzlichen Explosionsgefahr (**VORSICHT!**) - dieser auf keinem Fall unmittelbar zum Härter zu geben (gilt übrigens für viele 2K-Anwendungen).

E = Ein solcher Lack ist sehr beständig gegen Einwirkungen von Chemikalien, Licht oder Wasser. Er ist für einen hochglänzenden Anstrich geeignet und sehr hart, wodurch Flächen mit andauernder mechanischer Belastung damit gestrichen werden können (bei entsprechender Hersteller-Einstellung). Aber dafür sind *UP*-Lacke spröde und - wenn sie nicht besonders eingestellt worden sind – kratzempfindlich!

Diese prinzipiell widerstandsfähigen Lacke können auch in grösserer Dicke aufgetragen werden, da sie ein hohes Füllvermögen besitzen und sind trotzdem spritzfähig. Dabei darf die Feuchte des Untergrundes allerdings maximal 12 % betragen!

Die Hitzebeständigkeit liegt bei max. rund +80° C. und auch schnelle Temperaturschwankungen machen diesem Lack nichts aus.

Da *UP*-Lackfilme eine Paraffinschicht ausscheiden, unter der der Lack problemlos austrocknen kann, muss diese vor einem weiteren Anstrich abgeschliffen werden!

- Festkörpergehalt bis 100 % (!)
- Auftragsmenge 300-800 g/m²
- Schicht-/Filmdicke 20-50 µ für matte Flächen
- Schicht-/Filmdicke 300-500 µ für hochglänzende Flächen
- Topfzeit 15-30 Min.
- Schleif- / Stapeltrocken 12-24 Std. / über 24 Std.

A = Ein Einsatz kann in allen Bereichen stattfinden, die nicht einer laufenden Ab- oder Benutzung ausgesetzt sind, - sofern der Lack vom Hersteller nicht extra dafür ganz besonders eingestellt worden ist.

Polyurethanharz-Lacke 1 (2K)

T = Handelsname=*PUR*- oder *PU*-Lacke (alter Name: *DD*-Lacke = nach den Handelsnamen der beiden Lackkomponenten: *Desmophen*=Polyester für den Stammlack und *Desmodur*=Isocyanat für den Härter). Sie härten durch die Verdunstung des Speziallösemittels (zumeist *Ester*) ziemlich verlustfrei aus und findet immer häufiger eine Anwendung. Allerdings sind die Verdunstungsdämpfe sehr gesundheitsgefährdend! (**VORSICHT!**)

E = Solche elastischen Lacke sind wasserempfindlich bei der Verarbeitung, weil der Härter mit Wasser reagiert. Die Hafteigenschaften sind sehr gut und die Abriebfestigkeit ist sehr hoch. Gegenüber Chemikalien und Wettereinflüssen sind die *PUR*-Lacke beständig. Auch die Hitzebeständigkeit ist sehr gut = bis zu +150°C.!

Dieser Lack kann vom Hersteller durch Beimischungen hart, zäh oder noch anders eingestellt werden. Klarlacke der Gattung *PUR* sind - im Gegensatz zu den *PUR*-Farblacken - nicht bis sehr schlecht witterungsfest.

Nach 2 Stunden ist dieser Lack staubtrocken, nach 24 Stunden durchgehärtet, aber erst nach rund 10 Tagen erreicht er seine Endfestigkeit. Allerdings müssen weitere Schichten innerhalb von 24 Stunden aufgetragen worden sein, damit eine Verbindung mit der vorherigen Schicht gewährleistet ist!



- Festkörpergehalt etwa 50 %
- Auftragsmenge 120 g/m²
- Schicht-/Filmdicke 40-100 µ
- Topfzeit 4-24 Std.
- Schleif- / Stapeltrocken 2-6 Std. / 1 bis 2 Tage

A = Diese Lacke können (fast) überall oberhalb der Wasserlinie eingesetzt werden.
PUR-Lacke können etwas vergilben.

Beim Streichen solcher Lacke ist besonders darauf zu achten, dass die Luftfeuchtigkeit nicht über 65 % liegt und die Temperatur +20°C. nicht unterschreitet.

Polyurethanharz-Lacke 2 (2K)

T = Der Handelsname ist hier *LP-Lack*. Es handelt sich um einen Lack neuester Technologie, der ebenfalls auf *Polyurethanharzen* beruht, und kommt dem „berühmten Ei“ relativ nahe! – Die weiteren Angaben entsprechen etwa denen von *PUR-Lacken*.

E = Sie haben ausgezeichnete Widerstandsfähigkeiten gegenüber Abnutzung, Salzwasser, Sonneneinstrahlung (=UV) und Witterungseinflüssen. Sie können gestrichen, gerollt oder gespritzt werden (wie alle anderen Lacke eigentlich auch = immer eine Frage der Konsistenz).

- Festkörpergehalt etwa 50 %
- Auftragsmenge etwa 120 g/m²
- Schicht-/Filmdicke etwa 40-120 µ
- Topfzeit 4-24 Std.
- Schleif- / Stapeltrocken 2-6 Std. / bis 2 Tage

A = Ansonsten gilt: wie bei *PUR-Lacken*.

Silikonharz-Lacke (2K)

T = Diese *SI-Lacke* werden im Bootsbereich seltener benutzt. Sie können aber zum Schutz für Metallteile gegen Korrosion Verwendung finden.

E = Derartige Lacke werden eingebrannt/können eingebrannt werden und sind gegen hohe Temperaturen (bis +230°C.) beständig. Sie sind dadurch auch sehr wasserabweisend (=wasserdicht!).

Der Verlauf des Anstriches ist gut bis sehr gut und ergibt eine sehr glatte Filmoberfläche.

- Festkörpergehalt nb
- Auftragsmenge nb
- Schicht-/Filmdicke nb
- Topfzeit nb
- Schleif- / Stapeltrocken nb

A = Dieser Lack kann unter Umständen für Metallteile (z.B. Schwert- oder Ruderblatt) verwendet werden, da sie auch sehr hart sind. Allerdings verhindern spätere Beschädigungen des Lackes, die dann bis auf das Metall reichen, selbstverständlich eine anschließende Korrosion nicht!



Übersicht der Leistungsfähigkeiten von Lacken/Harzen

Damit Sie einen Überblick über die Fähigkeiten von Anstrichmitteln erhalten, folgt nun eine entsprechende Aufstellung. – Die Einstufung der Lacke ist nicht einfach, denn „zäh“ heisst nicht „elastisch“ und „hart“ bedeutet nicht, dass diese Lacke gegen jegliche Abnutzung immun oder „kratzfest“ sind. Ebenso wenig ist ein Lack, der als „hitze-/wärmebeständig“ eingestuft ist, unempfindlich gegenüber der UV-Strahlung. – Ich kann mich bei der Klassifizierung nur an die Informationen in den verschiedenen (Lehr-) Büchern und sonstigen Unterlagen halten.

Da die Hersteller von Anstrichmitteln Datenblätter zu ihren Produkten anfertigen müssen (!), die im Internet zu finden sind oder bei Hersteller angefordert werden können, sind aus diesen die spezifischen Angaben zu deren einzelnen Anstrichmitteln zu entnehmen.

Die folgende Aufstellung in der **7.Tabelle** fasst die hauptsächlichsten Fähigkeiten einiger wichtiger Lack-Gruppen für den Metallbereich zusammen, um Ihnen einen leichteren Überblick zu ermöglichen. Folgende Bewertungen gelten dabei:

1	=	sehr gut	(z.B. beständig - positiv/gut),
2	=	gut	(z.B. ausreichend beständig),
3	=	befriedigend	(z.B. bedingt beständig),
4	=	ausreichend	(z.B. meist beständig),
5	=	mangelhaft	(z.B. völlig unbeständig - negativ/schlecht).

Ausserdem haben in der Aufstellung die Buchstaben folgende Bedeutungen:

L	=	lange Trocknungszeit	(über 48 Std.) - für Durchtrocknung,
M	=	mittlere Trocknungszeit	(12-48 Stunden),
K	=	kurze Trocknungszeit	(bis max. 12 Stunden),
(SH)	=	auch als SH-Lacke bezeichnet	(<u>s</u> äure- <u>h</u> ärtende Lacke),
u.a.	=	für diesen Lack gibt es noch weitere Kurz-Bezeichnungen,	
nb	=	noch nicht bekannt.	

Die Buchstabenkombinationen entsprechen dem Harz-Code, wobei die Werte 1K- und 2K-Varianten einschliessen.

Bei Angaben, z.B. „2-4“ oder „K/M“, handelt es sich um Werte, die sich nach der Einstellung der Anstrichmittel (=Zusammensetzung der Inhaltsstoffe) seitens des Herstellers richten. Dadurch entstehen auch diese verschiedenen Werte. – Sonst: Angaben, soweit aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen zu entnehmen waren.

Zu den Farben in der nachfolgenden Tabelle:

1 oder 2	=	positiver Wert	=	mind. über dem Durchschnitt	=	geeignet,
4 oder 5	=	negativer Wert	=	mind. unter dem Durchschnitt	=	<u>nicht geeignet</u> .



Fachartikel – Metallarten –

Harz-/Lackform: 1K / 2K →	1	1	2	2	1+2	1	1	1	2	1+2	2	1	1+2	2	1
Lacke auf Harz-Basis / sonst. Lacke →	AC	AK	EP u.a.	LP	MF (SH)	NC u.a.	Öl	PA u.a.	PF (SH)	PU u.a.	SI	SP	UF (SH)	UP	Wa
Fähigkeiten ↓	Acryl	Alkyd	Epoxid	Polyuretha n	Melamin	Zellulose	Öl	Polymerisa t	Phenol	Polyuretha n	Silikon	Spirit	Harnstoff	Polyester	Wasser
Abnutzung/Abrieb	1-2	1-3	1-2	1	2	3-5	3-4	2-5	2	1	1	4	1-3	1-4	1-4
Eignung als Farblack	2-3	2	1	2	1-2	1-3	nb	1-4	2-3	2	2-4	2	2	2	2
Eignung als Klarlack	2-5	2-4	2	2	1	1-3	2-5	1-4	2-3	2-3	nb	2-3	2-3	2	2-4
Beständig gegenüber Fett + Öl	2	1-2	1-3	1-3	4	nb	nb	1-3	1	1-3	2	nb	nb	1	1-3
Beständig gegenüber Terpentin	nb	5	3	2-3	4-5	nb	nb	2-5	4-5	3	4	nb	4-5	1-4	1-2
Diffusionsfähigkeit	1	1	5	2-5	nb	1-5	2-4	nb	nb	2-5	2-3	nb	nb	2-4	1-5
Elastizität	1-2	1-2	4-5	2-3	4-5	nb	1-3	2	4-5	2-3	4-5	2	4-5	3	2-3
Gesundheits-/ Umweltverträglichkeit	5	4-5	5	5	4-5	5	3	3-5	4-5	5	1-2	nb	nb	4-5	2-5
Haftung	1-2	1-2	nb	1	2	1-2	nb	nb	2	1-2	nb	2	2	3	1-3
Härte	1-2	1-2	1	2-3	2-3	3-5	4	2-3	2-3	2-3	1	nb	2	1	1-3
Hitze-/ Wärmebeständigkeit	5	3-5	nb	nb	nb	2-3	2-3	nb	5	1-3	1	nb	3-4	1-4	1-3
Hochglanzfähigkeit	5	2-5	1-4	1-2	1-2	1	2-3	nb	1-2	1-2	nb	1	1-2	1-2	4-5
Kratzfestigkeit	1-2	2	2	1-2	1-2	3-5	3-4	2-4	2-3	1-2	1-2	4	1-3	3-5	2-5
Preis	nb	4	4	nb	nb	2-4	nb	nb	nb	nb	nb	nb	1-2	nb	4
Rostschutz	nb	1-3	1-3	1-2	nb	2-3	1-3	nb	nb	1-3	1-2	nb	nb	nb	nb
Sprödigkeit	nb	nb	nb	nb	nb	nb	Ja	Ja	nb	nb	nb	nb	nb	Ja	Ja
Trockendauer	M/L	M	M	K/M	K/L	K	L	M/L	K/L	K/M	nb	K	K/L	M/L	M/L
UV-Festigkeit	5	2-5	nb	1	3-5	2-4	2-3	2-4	3-5	4	1	nb	3-5	1-2	2-4
Wasserfestigkeit	3	3	1-2	4	4-5	2-4	3-5	1-4	5	1-4	1	4-5	4	1-2	3-4
Witterungsfestigkeit	2-5	2-5	2-4	1	5	nb	nb	2-4	4-5	2-5	1-2	nb	5	2-3	2-4
Zähigkeit	nb	2-3	nb	1-2	nb	nb	nb	2	nb	1-2	nb	2	nb	nb	2
>> geeignet für Aussenanstriche	3-5	4-5	1-2	2-3	2-3	2-3	2-4	2	4	3-4	2-3	5	4-5	2	3-5
>> geeignet für Innenanstriche	1-2	1-2	1-2	1	1-2	1-2	1-2	2	1-3	1-2	1-2	1-2	2	1-2	1-2



Schlusswort

Sie haben sicherlich festgestellt, dass dem Thema „Metalle“ nun doch mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss als vorher!

Sicherheit an Bord hängt eben nicht nur vom seemännischen Können des Kapitäns und seiner Mannschaft ab. Vielmehr ist ein einwandfreier Zustand des Bootes mit all' seinen Bestandteilen von genauso grosser Wichtigkeit.

Wie in allen Dingen, so ist auch bei dem Thema „Metalle“ ein Hintergrundwissen erforderlich, um eine richtige Kaufentscheidung zu treffen oder um überhaupt zu wissen, was es mit den wichtigen Beschlägen an Bord auf sich hat. – Ich hoffe, dass ich Ihnen bei der Vermehrung Ihres Wissens helfen konnte.

In der WebSite des „Classic Forum“ (www.classic-forum.org) finden Sie unter
„Informationen“ > „Maritime Hersteller“

die von mir zusammengestellten Kontaktdaten zu den existierenden und ehemaligen in- und ausländischen Herstellern zu:

„Beschläge & Blöcke“.

Allerdings stammen die Angaben zumeist aus dem Jahre 2008 (=letzte Revision), da der zeitliche Aufwand zu einer laufenden Aktualisierung der Daten enorm ist und diese Kontrolle - darum leider - nur ab und zu erfolgen kann.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Anhang 1: Verwendete und weiterführende Literatur und Unterlagen (1)

(aus meiner eigenen Bibliothek)

<i>Behrens, Björn-Peter</i>	PFLEGE VON HOLZBOOTEN 1.Auflage, 1997 <i>Delius & Klasing, Bielefeld, 200 Seiten</i>
<i>Börms, Jürgen</i>	WERKKUNDE DES SCHIFFBAUERS 1.Auflage, 1996 <i>Verlag für Bootswirtschaft, Hamburg, 172 Seiten</i> (Reprint 1960)
<i>Brix, A.</i>	BOOTSBAU 3.Auflage, 1993 <i>Edition Maritim, Hamburg, 394 Seiten</i> (Reprint von 1929)
<i>Buchanan, George</i>	DAS HANDBUCH FÜR BOOTSREPARATUREN 1.Auflage, 1992 <i>Pietsch, Stuttgart, 312 Seiten</i>
<i>Casey, Don</i>	PFLEGE RUND UMS BOOT 1.Auflage, 1997 <i>Delius & Klasing, Bielefeld, 113 Seiten</i>
<i>Diem, Walter</i>	LIEBENSWERTE DINGE REINIGEN, REPARIEREN, RESTAURIEREN 1.Auflage, 1979 <i>Otto Maier, Ravensburg, 110 Seiten</i>
<i>Eichler, Curt W.</i>	HOLZBOOTBAU 1.Auflage, 1996 <i>Palstek, Hamburg, 387 Seiten</i> (Reprint von 1966)
Europa-Lehrmittel	HOLZTECHNIK-FACHKUNDE 16.Auflage, 1997 <i>Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, 552 Seiten</i>
Europa-Lehrmittel	FACHKUNDE METALL 53.Auflage, 1999 <i>Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, 591 Seiten</i>
Europa-Lehrmittel	TABELLENBUCH METALL 41.Auflage, 1999 <i>Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, 383 Seiten</i>
<i>Glinski + Hansen + u.a.</i>	GRUNDSTUFE HOLZTECHNIK – TECHNOLOGIE 5.Auflage, 1991 <i>Handwerk und Technik, Hamburg, 228 Seiten</i>
<i>Grell, Günther</i>	INSTANDESETZUNG VON SEGEL- UND MOTORBOOTEN 1.Auflage, 1951 <i>Verlag Klasing & Co. GmbH, Bielefeld und Berlin, 190 Seiten</i> <i>Herausgegeben von der Schriftleitung der Zeitschrift „Die Yacht“</i>
<i>Klabunde, Bernd</i>	DIE ENTWICKLUNG VON ANSTRICHMITTELN oder SCHIFFSANSTRICHE IM SPIEGEL DER ZEIT (Ein Rückblick über die Jahrhunderte – Anstrichmittel in der 2.Hälfte des 19. und in der 1.Hälfte des 20.Jahrhunderts) 3.Auflage, 2022/23 <i>Eigenverlag, Eckernförde, 58 Seiten</i>
<i>Klabunde, Bernd</i>	ANSTRICHMITTEL – ARTEN UND TECHNISCHE MERKMALE 5.Auflage, 2022/23 <i>Eigenverlag, Eckernförde, 58 Seiten</i>
<i>Klabunde, Bernd</i>	REINIGUNG & PFLEGE – ARTEN UND MÖGLICHKEITEN AN BORD 3.Auflage, 2022/23 <i>Eigenverlag, Eckernförde, 35 Seiten</i>



Anhang 1: Verwendete und weiterführende Literatur und Unterlagen (2)

(aus meiner eigenen Bibliothek)

- Kretschmann, Gunther* FARBENBUCH FÜR BOOTSEIGNER
1.Auflage, **2011**
Palstek-Verlag, Hamburg, 809 Seiten
- Pilz, Herbert + Härig, Siegfried
+ Schulz, Wolfgang* TECHNOLOGIE DER BAUSTOFFE – Eigenschaften und Anwendung
1.Auflage, **1971**
*Strassenbau, Chemie und Technik – Verlagsgesellschaft m.b.H.,
Heidelberg, 445 Seiten*
- Pütz, Jean* SCHMUTZ- UND FLECKENALMANACH
1.Auflage, **1995**
vgs-Verlag, Köln, 140 Seiten
- Ragg, Dr. Manfred* SCHIFFSBODENFARBEN und SCHIFFS-ANSTRICHMITTEL
2.Auflage, **1954**
Pansegrau Verlag, Berlin, 425 Seiten
- Reddig + Wolff + u.a.* FACHSTUFE HOLZTECHNIK – TECHNOLOGIE
3.Auflage, **1991**
Handwerk und Technik, Hamburg, 319 Seiten
- Richter, Konrad* DAS MALERFACHBUCH
1.Auflage, **1999**
Kieser Verlag, Neusäss, 264 Seiten
- Schneider, Klaus-Jürgen* BAUTABELLEN
5.Auflage, **1982**
Werner Ingenieur-Texte, Düsseldorf, 536 Seiten
- Verney, Michael* DAS GROSSE BUCH DER BOOTSPFLEGE
1.Auflage, **1988**
Delius & Klasing, Bielefeld, 276 Seiten
- Vollmer, G. + Franz, M.* CHEMIE IN HOBBY UND BERUF
1.Auflage, **1991**
Georg Thieme Verlag, Stuttgart+New York, 225 Seiten

und verschiedene Artikel, Berichte usw. und eigene bisher veröffentlichte Infos



Anhang 2: Nachweis der enthaltenen Abbildungen und Tabellen

Abbildung	1		
	Seite	1	„Porträt des Pat Lyon in der Schmiede“, 1829, von <i>John Neagle</i> (1796-1865) [aus: Wikipedia]
<hr/>			
Tabelle	1		
	Seite	7	Arten von Bestandteilen bei Legierungen [Zusammenstellung: <i>Bernd Klabunde</i>]
Tabelle	2		
	Seite	8	Kombinationsmöglichkeiten bei Legierungen [Zusammenstellung: <i>Bernd Klabunde</i>]
Tabelle	3		
	Seite	9	Beständigkeiten von Bestandteilen bei Legierungen [Zusammenstellung: <i>Bernd Klabunde</i>]
Tabelle	4		
	Seite	9	Erhöhungen oder Verminderungen durch Legierungen [Zusammenstellung: <i>Bernd Klabunde</i>]
Tabelle	5		
	Seite	18	Stagen und Wanten und ihre Bruchfestigkeiten [Zusammenstellung: <i>Bernd Klabunde</i>]
Tabelle	6		
	Seite	27	Zusammenstellung der Metalle und ihrer Reinigungs- und Pflegemittel [Zusammenstellung: <i>Bernd Klabunde</i>]
Tabelle	7		
	Seite	39	Leistungsfähigkeiten von Lacken/Harzen [Zusammenstellung: <i>Bernd Klabunde</i>]