

Martin Reincke Marineelektronik Technischer Journalismus Schauenburger Strasse 116 24118 Kiel 0431 5606 – 420

<http://www.marineelectronik.de> reincke@marineelectronik.de

Fachtagung des Arbeitskreises Yachtelektrik im DBSV

Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten Martin Reincke

Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Normative Festlegung / Komplexbelastung durch Verschleiß und Korrosion

Verschleiß nach DIN 50320

1. Gleit- verschleiß
2. Roll-
3. Wälz
4. Schwingungs-
5. Kavitation-
6. Erosions-
7. Strömungs-
8. Strahl-

Korrosion nach DIN EN ISO 8044

1. Reib- korrosion
2. Kavitations-
3. Erosions-

Begriffsbestimmung nach DIN EN ISO 8044 (vormals DIN 50900 Teil 1)

Korrosion

Korrosion ist die physikochemische Wechselwirkung zwischen einem Metall und seiner Umgebung, die zur Veränderung der Eigenschaften des Metalls führt und die zu erheblichen Beeinträchtigungen der Funktion des Metalls, der Umgebung oder des technischen Systems, von dem diese einen Teil bilden, führen kann. Diese Wechselwirkung ist oft elektrochemischer Natur.

Korrosionssystem

System, das aus einem oder mehreren Metallen und jenen Teilen der Umgebung besteht, die die Korrosion beeinflussen. Teil der Umgebung können auch Beschichtungen, Oberflächenschichten oder zusätzliche Elektroden sein.

Korrosionserscheinung

Durch Korrosion verursachte Veränderung in einem beliebigen Teil des Korrosionssystems.

Korrosionsschaden

Korrosionserscheinung, die eine Beeinträchtigung der Funktion des Metalls, der Umgebung oder des technischen Systems, von dem diese einen Teil bilden, verursacht.

Begriffsbestimmung nach DIN EN ISO 8044 (Fortsetzung)

Korrosionsversagen

Korrosionsschaden, gekennzeichnet durch den vollständigen Verlust der Funktionsfähigkeit des technischen Systems.

Korrosionsprodukt

Stoff, der als Ergebnis von Korrosion gebildet wird. (Salze, Oxide)

Korrosionsschutz

Veränderung des Korrosionssystems derart, das Korrosionsschäden verringert werden.

Elektrochemische Grundbegriffe nach DIN EN ISO 8044

Elektrolytlösung

Medium, in dem der Strom durch Ionen transportiert wird.

Elektrode

Elektronenleiter, in Kontakt mit einer Elektrolytlösung

Kathode

Elektrode, an der die kathodische Reaktion überwiegt.

Anode

Elektrode, an der die anodische Reaktion überwiegt.

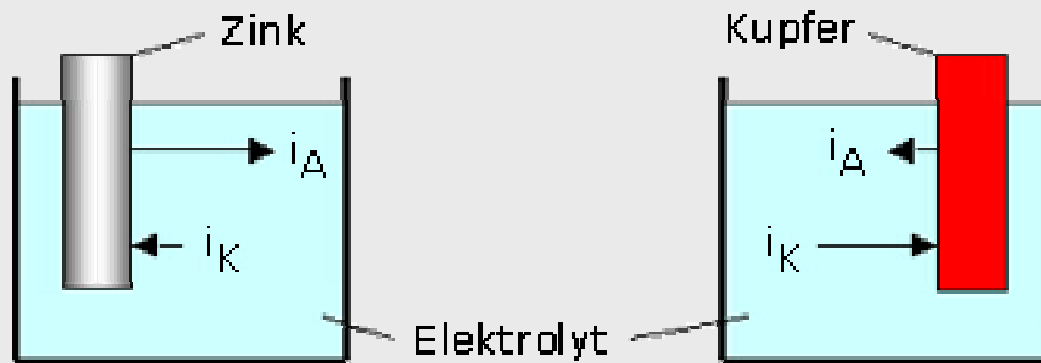
Elektrodenreaktion

Phasengrenzreaktion, die dem Ladungsaustausch zwischen einem Elektronenleiter und einer Elektrolytlösung äquivalent ist.

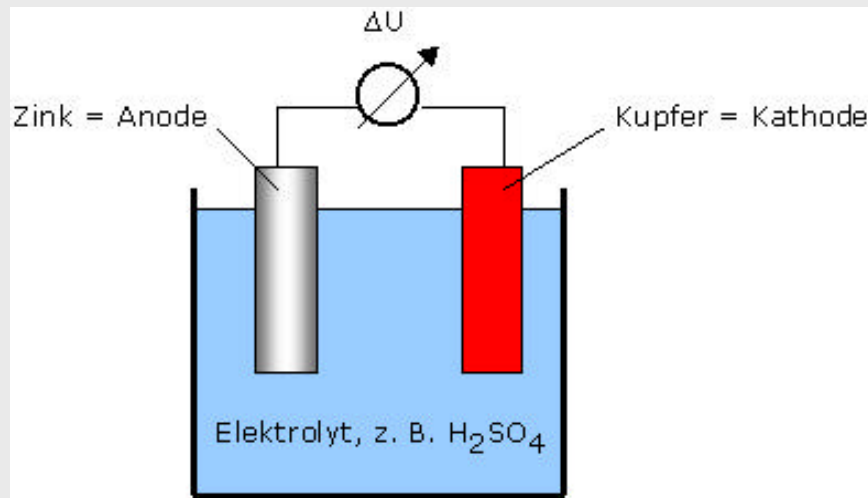
Chemische Vorgänge bei der Korrosion / Halbzelle



Chemische Vorgänge bei der Korrosion / „Edle“ und „unedle“ Metalle



Das galvanische Element



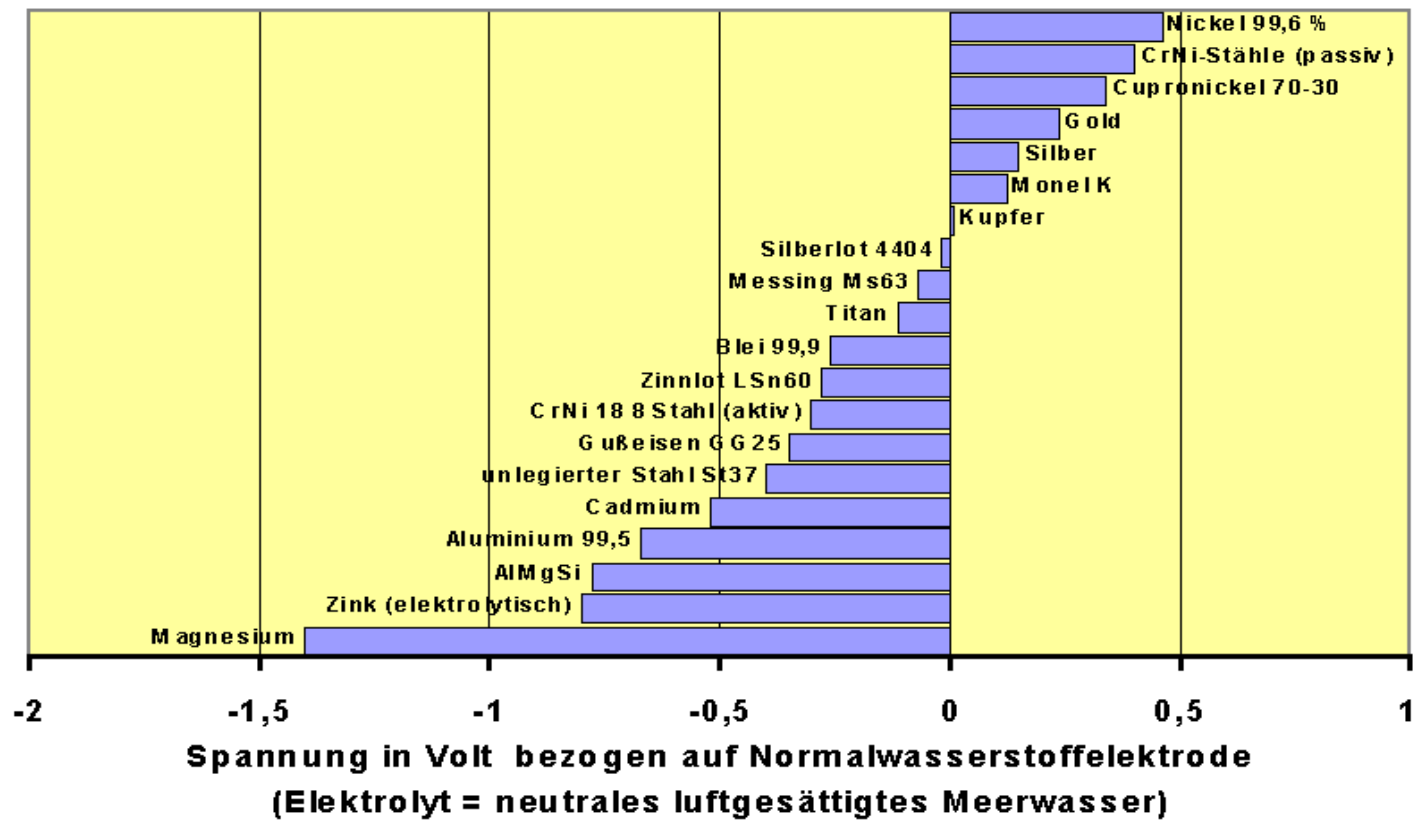
Die Spannungsreihe der wichtigsten Metalle (chemisch rein)

Name des Metalls	Normalpotenzial
Lithium	-3,045
Kalium	-2,925
Natrium	-2,713
Magnesium	-2,363
Aluminium	-1,676
Zink	-0,7626
Chrom	-0,744
Eisen	-0,4022
Nickel	-0,257
Zinn	0,137
Blei	-0,1262
Wasserstoff	0,00
Kupfer	+0,337
Silber	+0,7991
Gold	+1,498

Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Die Praktische Spannungsreihe



Quelle: Audi Ingolstadt

Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Korrosionsarten

Flächenkorrosion

1. Gleichmäßiger Abtrag
2. Gleichförmige Abtragsraten
3. In der Regel nur durch Einwirkung von Säuren und Laugen

Muldenkorrosion

1. Unterschiedlicher Metallabtrag
2. Muldendurchmesser größer als Muldentiefe
3. Verursacht durch alkalische Substanzen

Lochkorrosion (Lochfraß)

1. Örtlich begrenzt
2. Die Tiefe der Schadstellen ist größer als der Lochdurchmesser
3. Einzelne Löcher wachsen zusammen
4. Nadelstichartige Schadensstellen
5. Verursacht durch Schwermetallniederschlag oder durch Eisenpartikel in der Oberfläche

Korrosionsarten (Fortsetzung)

Spaltkorrosion

1. Spaltenweite < 0,5 mm
2. Verursacht durch Konzentrationsunterschiede des einwirkenden Mediums

Kontaktkorrosion (galvanische Korrosion)

1. Zwei unterschiedliche Metalle sind durch ein Elektrolyt leitend verbunden
2. Wird beeinflusst durch Temperatur, Leitfähigkeit, Passivierungsschichten
3. Erzeugt Loch- oder Muldenkorrosion

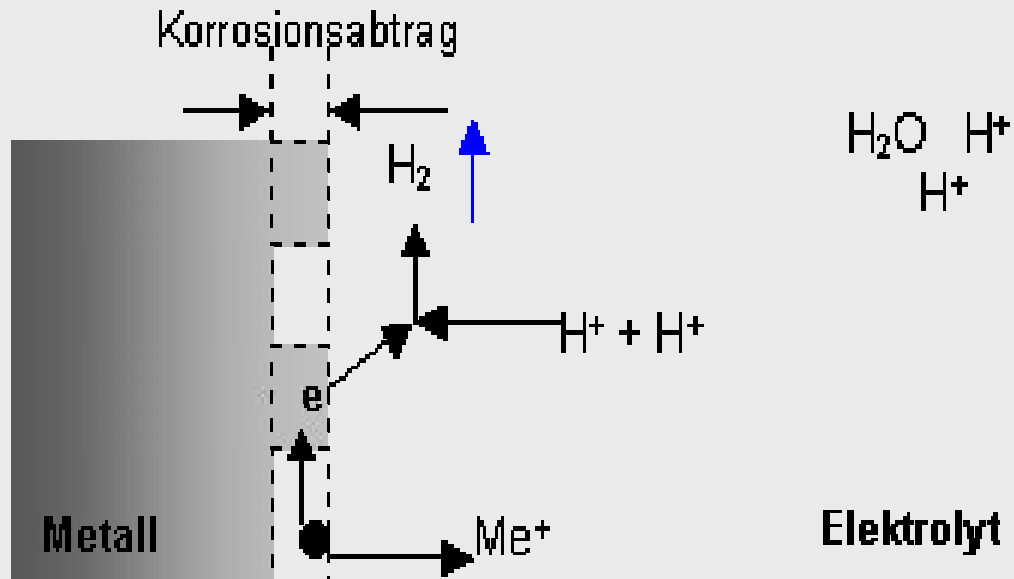
Berührungskorrosion

1. Dauerhafte Berührung mit einem Fremdkörper
2. Dadurch örtliche Spaltkorrosion oder
3. Kontaktkorrosion bei elektrisch leitfähigen Werkstoffen

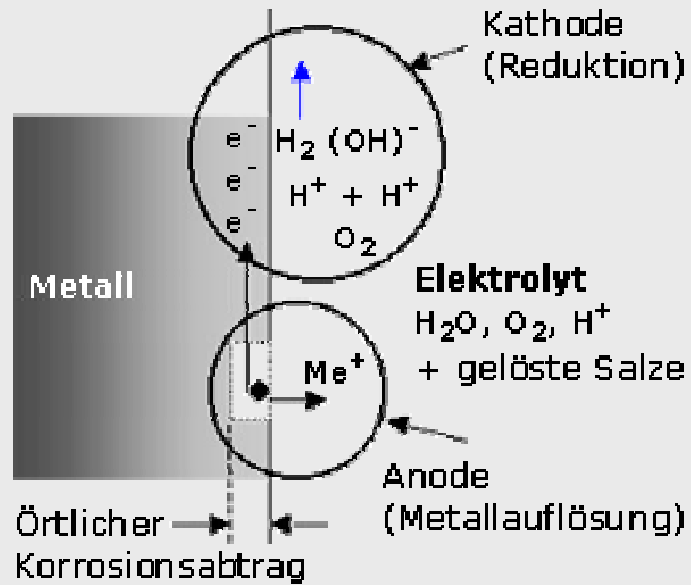
Kondenswasserkorrosion

1. Dauerhafte Wasserniederschläge auf Metallflächen (Kondensat)
2. Gefährdet sind schlecht hinterlüftete großflächige Konstruktionen

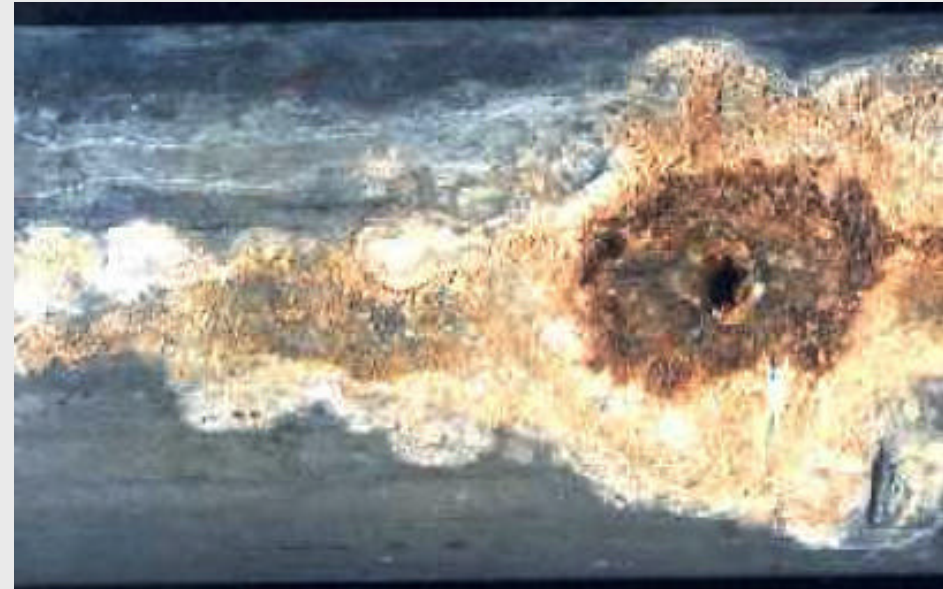
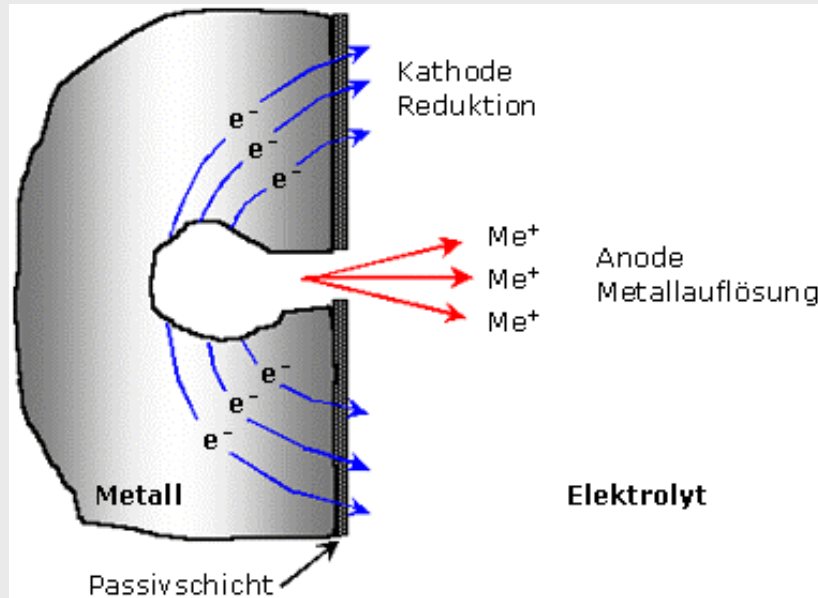
Flächenkorrosion (Säurekorrosion)



Muldenkorrosion



Lochkorrosion



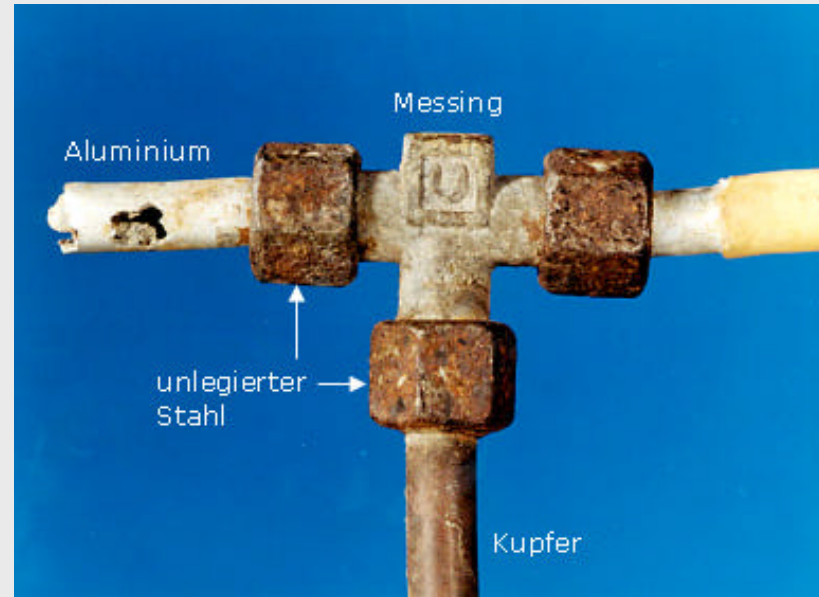
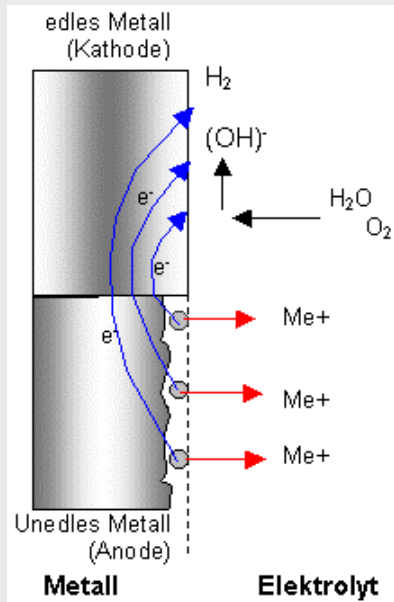
Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Spaltkorrosion



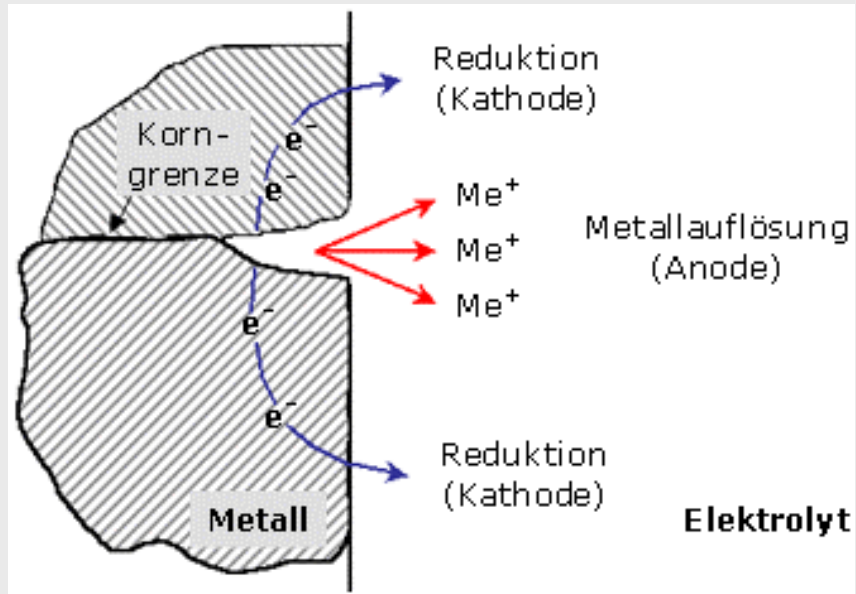
Kontaktkorrosion (Galvanische Korrosion)



Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Selektive Korrosion „Entzinkung“



Elektrolytische Schäden und galvanische Schäden

Elektrolytische Schäden

Verursacht durch äußere Störgrößen aus der Elektroanlage und Fremdnetzen wie

1. Isolationsfehler
2. Kurzschlüsse
3. Differenzspannungen bis zur Höhe der Nennspannung
4. Schnelle massive Schäden

Galvanische Schäden

Verursacht durch Eigenwirkung des Korrosionssystems

1. Stressbelastung (Niro)
2. Unterschiedliche Normpotenziale
3. Elektrolyt (Seewasser)
4. Differenzspannungen unter 1000 mV
5. Verhältnismäßig langsamer Schadensverlauf

Ursachen für elektrolytische Schäden am Rumpf

1. Isolationsfehler
2. Masseschluss
3. Immer ein Doppelfehler erforderlich
4. Rumpf als Rückleiter
5. Streuströme

Ursachen für galvanische Schäden am Rumpf

1. Unterschiedliche Metalle im Unterwasserbereich
2. Strömung (Tide, Windtide, hohe Rumpfgeschwindigkeiten etc)
3. Kavitation
4. Unterschiedliche Sauerstoffkonzentrationen an der Oberfläche
5. Fehlender Potentialausgleich
6. Landanschluss mit Schutzleiter am Bordnetz
7. Unzureichende Opferanoden
8. Schlechter Schutzanstrich
9. Falscher Unterwasseranstrich
10. Überschutz durch falsche Opferanoden

Fehlereingrenzung / Befragung des Eigners oder Schiffsführers

1. Hauptsächlicher Liegeplatz
2. Landanschluss ständig gesteckt
3. Starke Strömung am Liegeplatz (Arnis)
4. Nutzung der Funkanlagen
5. Unterwasseranstrich
6. Verhältnisse am Liegeplatz (Gewerbehafen mit aktiven Korrosionsschutz)
7. Nachbarschiffe (Stahl, Aluminium, Spundwand)
8. Art der Anoden
9. Zusätzliche Maßnahmen
10. Schadensbeschreibung

Fehlereingrenzung / Durchsicht des Fahrzeuges

1. Besichtigung des Schadens (Schadensart, welches Bauteil ist betroffen)
2. Ausmaß des Schadens
3. Prüfung des passiven Korrosionsschutzes (Anzahl der Anoden, wenn möglich Typ)
4. Prüfung des Anstrichs (Kupferfarbe)
5. Prüfung des betroffenen Teils
6. Symmetrischer Schaden (Kiel)
7. Prüfung der Elektroanlage AC (Erdung)
8. Prüfung der Elektroanlage DC (Isolationsschäden)

Fehlereingrenzung / Messung der Differenzspannung

1. Messung der Differenzspannungen nur gegen eine Normelektrode
2. Messung nur im Wasser
3. Die Differenzspannungen aller Teile gegen die Normelektrode muss gleich sein
4. Die Messung sollte erst 8 Stunden nach Wässerung des Schiffes erfolgen, da erst dann der galvanische Schutz zu wirken beginnt
5. Messung alle Metallteile nacheinander gegen die Normelektrode
6. Alle elektrischen Anlagen zur Messung vollständig spannungsfrei schalten. Alle Anschlüsse vom Netz zum Erdungssystem trennen
7. Die Messung nach Möglichkeit im Heimathafen vornehmen.

Martin Reincke Marineelektronik Technischer Journalismus Schauenburger Strasse 116 24118 Kiel 0431 5606 – 420

<http://www.marineelectronic.de> reincke@marineelectronik.de

Korrosionsmessgerät



Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Korrosions Messprotokoll

CORROSION SURVEY REPORT Ref No: _____
 Seaburg Marine Power, Gregory's MPE'S., Wisconsin Help Line - Tel 41905 25105 Fax 01985 25115
 Date: _____

Name: CARAMIA		Details of Vessel	
Type	Length	Age/yr. constr.	Material of construction
Make	Model	FIBERGLASS	
Details of Owner		Propeller	Engine
Name	Address	Material	Filter
Telephone	Post Code	Exhaust Valve	Raw Water
Boat No.	Phone No.	Exhaust Valve	Raw Water
Boat No.	Phone No.	Exhaust Valve	Raw Water

Notes for survey (optional problems etc.)
OTVER REPORTS ALL THROUGH HULL FITTINGS FORWARD OF ENGINE CORRODING

USE THIS TABLE IS FOR METALLIC FITTINGS ONLY

560	550	450	225	200
530	510			
960	670	460	245	225
680	480			

AC/DC TEST
 ANY A.C. STRAY CURRENT PRESENT? NO
 ANY D.C. STRAY CURRENT PRESENT? NO

REMARKS
 BONDING NOT SOLDERED OR SEALED AND HEAVILY CORRODED / BONDING WIRE BROKEN BETWEEN BOTH ENGINES AND COOLING INTAKES - 8" WATER IN BILGES - NO AUTO BILGE PUMP / 5TRD LOG LEAKING

RECOMMENDATION
 RE-BOND BOAT - SOLDER AND SEAL CONNECTIONS - TIGHTEN SHAFT PACKING INSTALL AUTO BILGE PUMP - INSTALL CORROSION CONTROLLER WIRE A.C GROUND TO BONDING SYSTEM INSTALL ZINC SAVER

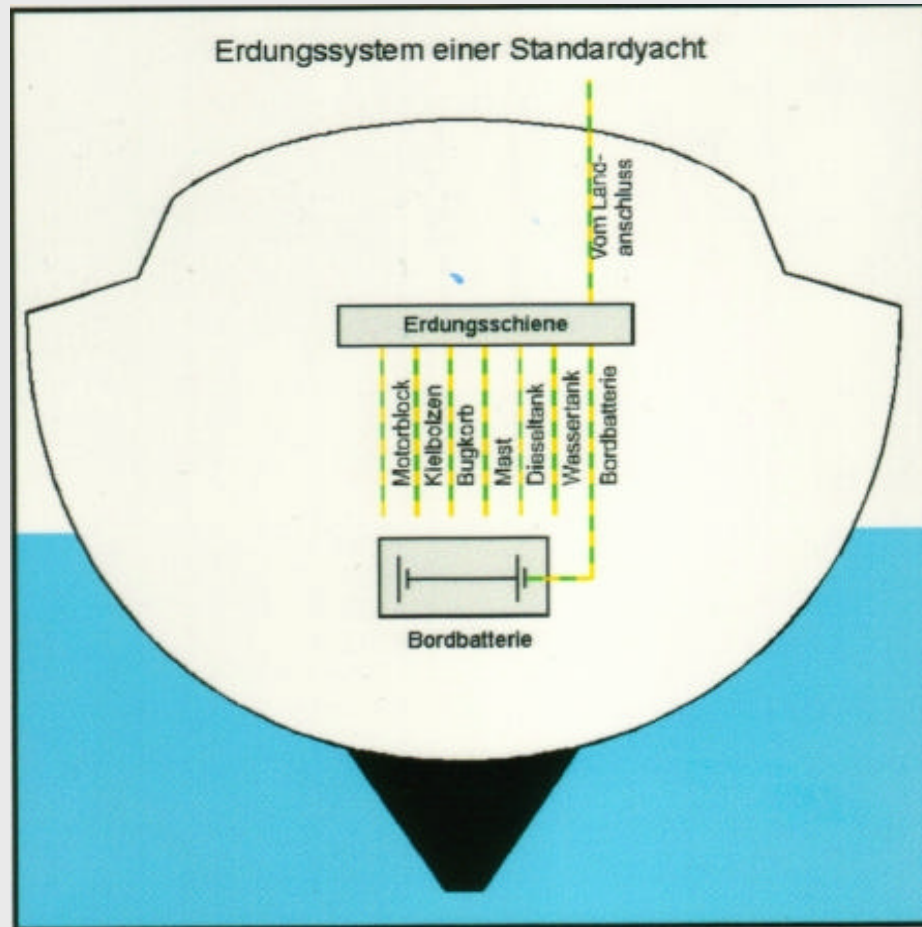
Signed/Surveyor: _____

© 2006 Seaburg Marine Power 37

Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

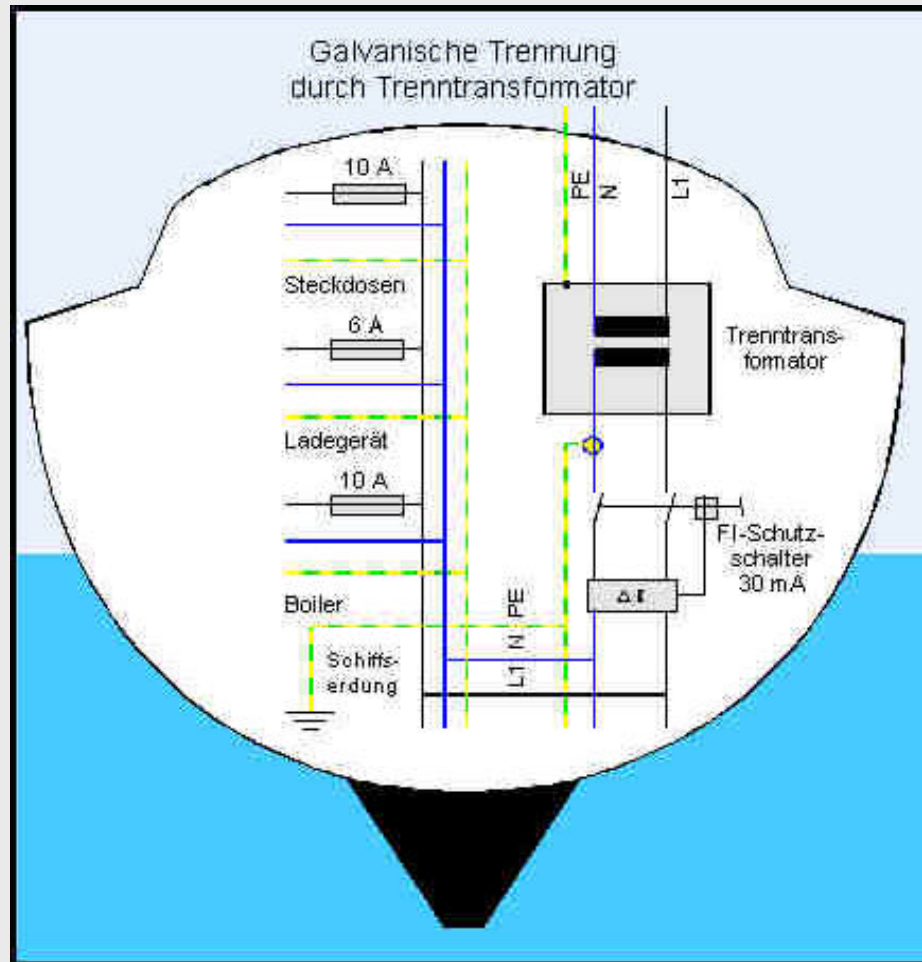
Erdungssystem mit Landverbindung



Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Galvanische Trennung durch Trenntrafo

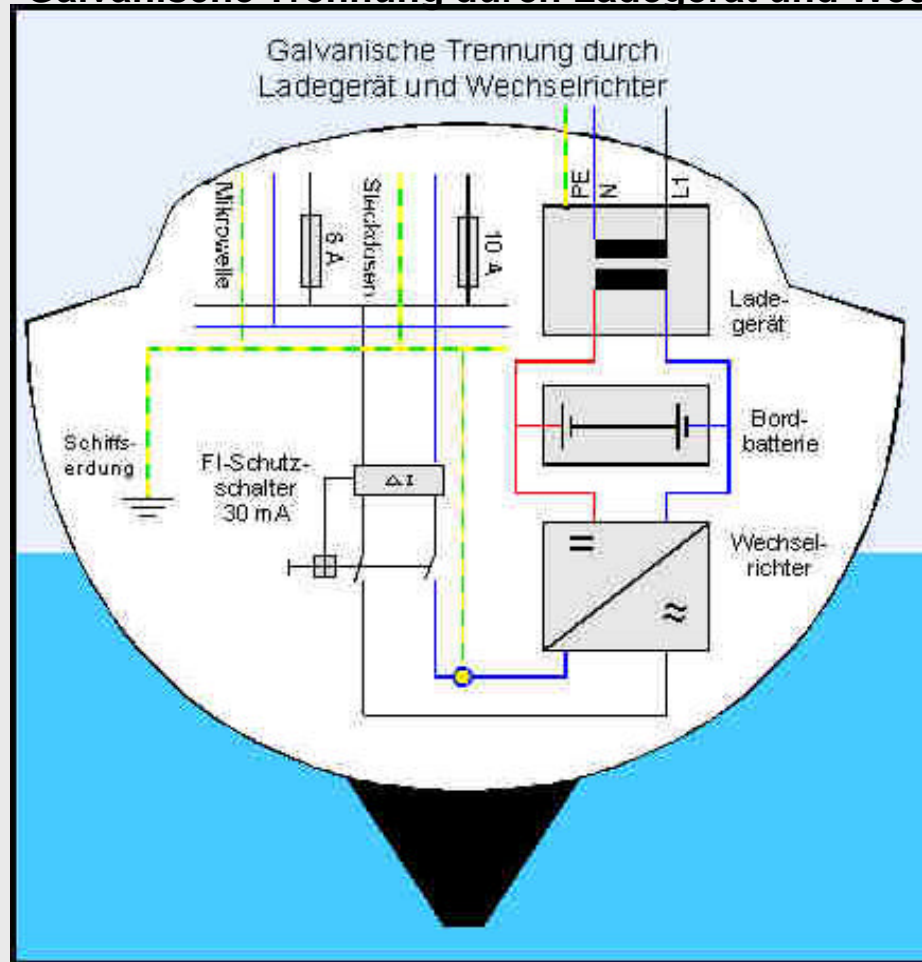


Auf keinen Fall darf die Erdung des Funkgerätes in den Potenzialausgleich einbezogen werden. (Goldschwamm)

Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Galvanische Trennung durch Ladegerät und Wechselrichter

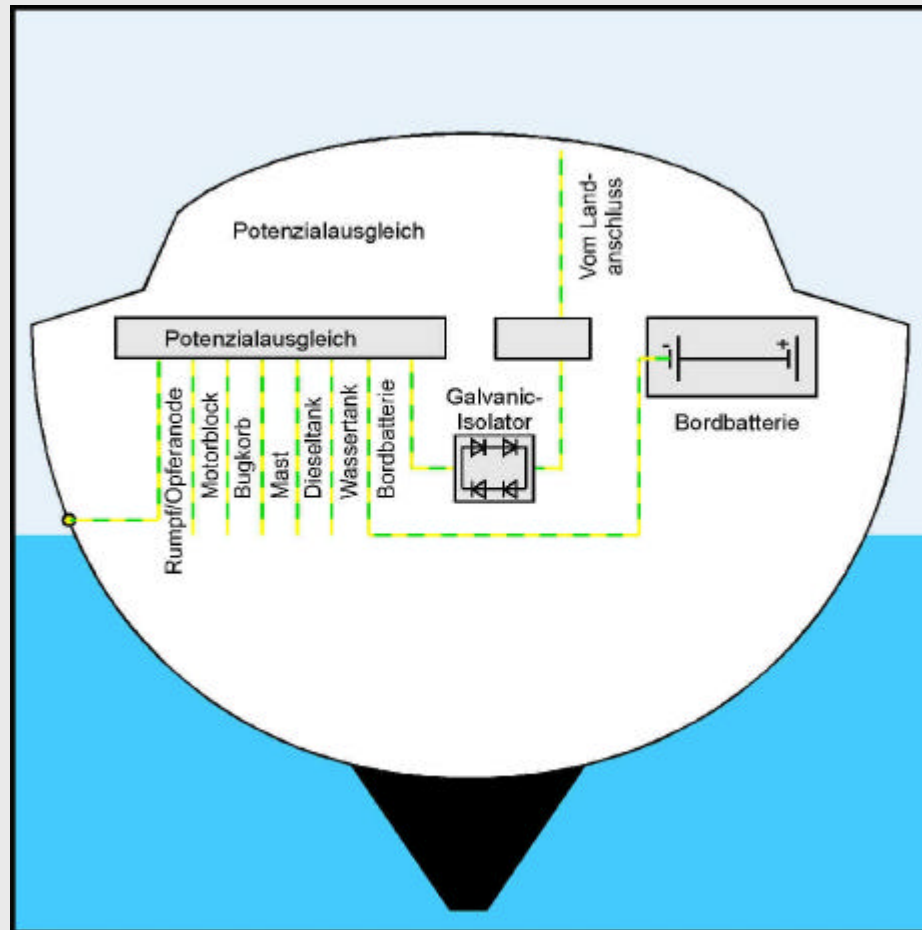


Auf keinen Fall darf die Erdung des Funkgerätes in den Potenzialausgleich einbezogen werden. (Goldschwamm)

Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

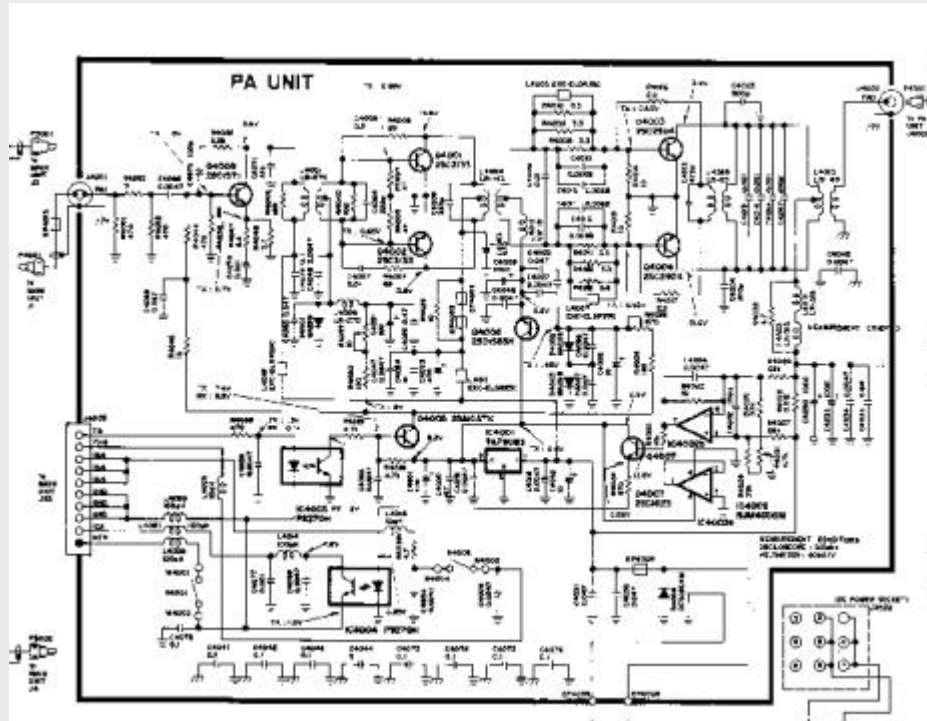
Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Schutz durch Galvanic Isolator



Auf keinen Fall darf die Erdung des Funkgerätes in den Potenzialausgleich einbezogen werden. (Goldschwamm)

Besonderheit der geerdeten Kommunikationsanlagen



1. DC/DC Wandler verwenden
2. Zweipolig absichern
3. Galvanisch getrennten DC/DC-Wandler verwenden
4. Schrittspannung des Wandlers beachten
5. Restwelligkeit des Wandlers prüfen
6. Erdungsschwämme aus Gold nicht in den Potenzialausgleich einbeziehen

Martin Reincke Marineelektronik Technischer Journalismus Schauenburger Strasse 116 24118 Kiel 0431 5606 – 420

<http://www.marineelectronic.de> reincke@marineelectronik.de

Kavitationsschutz durch Opferanode am Propeller



Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Opferanoden



Zink Anoden

Zink Anoden nach MIL-A-18001

Blei	max	0,006%
Eisen	max	0,005%
Kadmium	von	0,25% bis 0,15%
Kupfer	max	0,005%
Aluminium	vom	0,1% bis 0,05%
Silizium	max	0,125%
Zink		übrige Anteile

Verwendung an

Holz-	rümpfen	
Stahl-		
GFK-		
Aluminium-		in Salzwasser

Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors

Magnesium Anode

Magnesium Anoden nach MIL-A-21412

Aluminium	von	5% bis 7%
Zink	von	2% bis 4%
Mangan	min	0,15%
Silizium	max	0,3%
Eisen	max	0,003%
Kupfer	max	0,1%
Nickel	max	0,003%
div	max	0,3%
Magnesium		übrige Anteile

Verwendung

nur an Aluminiumrümpfen in Brack- oder Süßwasser

Bei der Verwendung von Magnesiumanoden in Seewasser kommt es zu einem Überschutz. Dieser Überschutz hat eine alkalische Reaktion an der zu schützenden Oberfläche zur Folge. Massive Muldenkorrosion wäre die Folge. (Volvo Penta Saildrive)

Martin Reincke Marineelektronik Technischer Journalismus Schauenburger Strasse 116 24118 Kiel 0431 5606 – 420

<http://www.marineelectronic.de> reincke@marineelectronik.de

Quellen

<http://www.seilnacht.tuttlingen.com/Lexikon/normalp.htm>

Boot & Yacht Corrosion Control, Sterling Marine Power
Gregory's Mill ST, Worcester, WR3 8BA

<http://www.korrosion-online.de>

<http://www.bam.de/index4.htm>

<http://www.tm-online.de/>

<http://home.arcor.de/apian/projekte/korrosion/VortragSchnattinger/Index.htm>

<http://www.wz.tu-freiberg.de/wt/pdf/huebner/geotechnik/lehrblatt10.pdf>

<http://www.alu-scout.com/>

Beurteilung korrosiver Schäden an Schiffen und Booten

Weitergabe und Veröffentlichung auch in Auszügen nur mit Zustimmung des Autors