

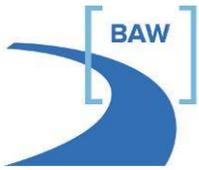


**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

**BAWMerkblatt**

**Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau (MNIS)**

September 2012



**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

## BAW-Merkblätter und -Richtlinien Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe

Postfach 21 02 53  
76152 Karlsruhe

Tel.: 0721 9726-0  
Fax: 0721 9726-4540

[info@baw.de](mailto:info@baw.de)  
[www.baw.de](http://www.baw.de)

Übersetzung, Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers: © BAW 2012

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
	Vorbemerkung	1
1	Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau	1
2	Minimierung bzw. Vermeidung des Einsatzes von nichtrostendem Stahl	1
2.1	Verbindungsmittel	1
2.2	Achsen	1
2.3	Ausrüstungsteile	2
2.4	Lauf-, Schleif- und Dichtungsflächen	2
2.5	Laufrollen und deren Ersatz durch Gleitkufen	2
2.6	Erweiterter Korrosionsschutz	2
3	Beteiligung der BAW	2
4	Literatur	3

<b>Bilderverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
Bild 1:	Ovalisierung der Achslagerung durch ungeeignete Werkstoffkombination (Betriebsdauer ca. 4 Jahre)	1
Bild 2:	Abrostung von Schraubenköpfen infolge ungeeigneter Werkstoffkombination (Bimetallkorrosion; Einsatzdauer 1 Jahr)	1
Bild 3:	Beschichtungs- und Korrosionsschaden an einer Stauklappe	1
Bild 4:	Korrosion am unlegierten Stahl infolge einer Aufplattierung aus nichtrostendem Stahl	2
Bild 5:	Korrosion am unlegierten Stahl infolge von nichtrostenden Schrauben	2
Bild 6:	Korrosion am unlegierten Stahl infolge des nichtrostenden Bolzen und der nichtrostenden Zahnstangen	2

### **Anlagenverzeichnis**

Anlage 1:	Typische Schadensbilder durch elektrochemische Korrosion
Anlage 2:	Empfohlene Ausbildung einer Achslagerung
Anlage 3:	Schweißanweisung für das Auftragsschweißen für Achsen bis 160 mm Durchmesser
Anlage 4:	Schweißanweisung für das Auftragsschweißen für Achsen größer 160 mm Durchmesser
Anlage 5:	Beispiel eines Beschichtungsaufbaus für Flächen aus nichtrostendem Stahl
Anlage 6:	Reibbeiwerte für Elastomer auf Kunststoff bzw. Kunststoff auf Kunststoff



## Vorbemerkung

Dieses Merkblatt wurde in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis 216/217 StLK Stahlwasserbau erarbeitet.

## 1 Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau

In der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) sind zahlreiche Stahlwasserbauten im Einsatz, die als Bestandteil wasserbaulicher Anlagen die Aufgabe haben, Durchflussöffnungen im Gesamtbauwerk zu schließen oder freizugeben bzw. Wasserstände und -abflüsse zu regulieren. Sie haben damit auch maßgebliche Bedeutung für einen sicheren und möglichst störungsfreien Ablauf des Schiffsverkehrs. In der Regel sind diese Bauten aus unlegiertem Stahl (Baustahl) hergestellt, jedoch kommen u. a. aus Gründen der Dichtungsfunktion an speziellen Konstruktionsteilen nichtrostende Stähle (Niro) zum Einsatz. Durch den verstärkten Einsatz von nichtrostendem Stahl und dessen Kombination mit unlegiertem Stahl kommt es an einigen Stahlwasserbaukonstruktionen zu Korrosionsschäden (siehe Anlage 1).

Diese Schäden entstehen überwiegend infolge elektrochemischer Bimetallkorrosion. Die verschiedenen, leitend miteinander verbundenen Metalle unterschiedlichen elektrochemischen Potentials, die sich im gleichen Elektrolyt (Wasser) befinden, bilden ein galvanisches Makroelement. Elektrochemische Vorgänge und die damit verbundenen Veränderungen (z. B. anodische Baustahlkorrosion oder Lochfraßkorrosion) sind nur durch den Austausch elektrischer Ladungen möglich, d. h. durch den Austausch von Elektronen und Ionen, die Träger solcher elektrischen Ladungen sind /1/.

## 2 Minimierung bzw. Vermeidung des Einsatzes von nichtrostendem Stahl

Auf Grund der Schäden wird empfohlen, den Einsatz von nichtrostenden Stählen generell zu minimieren bzw. zu vermeiden. Bei unvermeidbarer Verwendung von nichtrostendem Stahl ist dessen Fläche gering zu halten und, soweit möglich, zu beschichten. Der direkte Kontakt zwischen unlegiertem und nichtrostendem Stahl (z. B. nichtrostende Schrauben, nichtrostende Bolzen) ist generell zu vermeiden.

### 2.1 Verbindungsmittel

Es empfiehlt sich, Schraubverbindungen aus nichtrostendem Stahl nicht mehr einzubauen. Anstelle der Schrauben aus nichtrostendem Stahl sollten möglichst Schrauben aus unlegiertem Stahl (mit oder ohne Verzinkung), oder Kunststoff zum Einsatz gelangen. Schrauben aus unlegiertem Stahl können bei Anwendung im Süßwasser auch durch Plasmanitrierung oberflächenvergütet sein.

Schrauben aus unlegiertem Stahl sind grundsätzlich, wie auch das angrenzende Bauteil, fachgerecht zu beschichten /2/.

### 2.2 Achsen

Achsen sollten künftig, mit Ausnahme der Sitz- und Lagerflächen, aus unlegiertem Stahl ausgeführt werden (siehe Anlage 2). Die Sitz- und Lagerflächen können zur Erlangung einer größeren Härte gemäß den Anlagen 3 und 4 auftragsgeschweißt werden.

Der Forderung aus der DIN 19704-2, Abschnitt 10.20 ist nicht zu folgen (vergl. Einführungserlass).

## 2.3 Ausrüstungsteile

Ausrüstungsteile /3/ wie z. B. Nischenauskleidungen, Leitern, Kantenschutz usw. sollten aus unlegiertem Stahl gefertigt und fachgerecht beschichtet werden. Um möglichen Abrostungen entgegenzuwirken, könnte ein Dickenzuschlag zu den erforderlichen Querschnittswerten angesetzt werden. Im Süßwasser ist ein Einsatz von plasmanitrierten Ausrüstungsteilen möglich.

## 2.4 Lauf-, Schleif- und Dichtungsflächen

Wenn Lauf-, Schleif- und Dichtungsflächen wegen einer besonders starken Belastung aus nichtrostendem Stahl hergestellt werden müssen, dann wird empfohlen, diese Flächen zur Minimierung der elektrochemischen Korrosion zusätzlich zu beschichten und ihre Fläche auf das unbedingt notwendige Maß zu reduzieren (Minimierung der elektrochemischen Korrosion, empfohlener Beschichtungsaufbau siehe Anlage 5).

Des Weiteren wird empfohlen, bei geringeren Belastungen die Lauf-, Schleif- und Dichtungsflächen zukünftig aus Kunststoff herzustellen. Empfohlen werden die Kunststoffe PE-UHMW, POM C und PVC. Für diese drei Kunststoffe liegen Reibbeiwerte vor (siehe Anlage 6). Die tribologischen Versuche fanden unter Laborbedingungen statt, daher können z. B. Wasserverschmutzung, Wasserzusammensetzung und/oder Oberflächenbeläge das Tribologische System nachteilig beeinflussen.

Im Süßwasser ist ein Einsatz von plasmanitrierten Lauf-, Schleif- und Dichtungsflächen möglich.

## 2.5 Laufrollen und deren Ersatz durch Gleitkufen

Laufrollen aus nichtrostendem oder unlegiertem Stahl mit nichtrostender Auftragsschweißung können durch eine Gleitkufe aus Kunststoff ersetzt werden. Gleitkufen haben sich inzwischen im Stahlwasserbau bewährt.

Werden sowohl Gleitkufen als auch Laufflächen aus Kunststoff hergestellt, so können die entsprechenden Reibbeiwerte ebenfalls der Anlage 6 entnommen werden.

## 2.6 Erweiterter Korrosionsschutz

Die auf Grund von Potentialunterschieden zwischen unlegiertem und nichtrostendem Stahl an Fehlstellen von Beschichtungen auftretenden Korrosionsschäden können durch Kathodischen Korrosionsschutz (KKS) vermieden werden /1/. Anforderungen an die Planung und Errichtung der Anlagen sind in /4/, /5/ enthalten. Wird über den Einsatz eines Kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) in Form von Opferanoden oder Fremdstrom entschieden, so sind die wasserbenetzten Flächen aus unlegiertem und nichtrostendem Stahl zu ermitteln und es ist das Flächenverhältnis zu bestimmen. Der KKS schützt die Flächen am unlegierten Stahl, an denen Schadstellen an der Beschichtung entstanden sind.

# 3 Beteiligung der BAW

Es wird empfohlen, hinsichtlich der Auswahl und Festlegung geeigneter Werkstoffe und Korrosionsschutzmaßnahmen, beim Neubau, bei einer Teil- oder Grundinstandsetzung oder dem Ersatz von Ver-

schlusskörpern bereits während der Planungsphase die Bundesanstalt für Wasserbau, Referat Stahlbau- und Korrosionsschutz, beratend hinzuzuziehen.

#### **4 Literatur**

- /1/ Hafentechnische Gesellschaft e. V. Hamburg "Kathodischer Korrosionsschutz im Wasserbau" 3. Auflage 2009
- /2/ ZTV-W LB 218 Korrosionsschutz im Stahlwasserbau, Ausg. 2002
- /3/ DIN 19703 Schleusen der Binnenschiffahrtsstraßen, Ausg. 11/1995
- /4/ Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlwasserbau - Anforderung für die Planung und Errichtung kathodischer Korrosionsschutzanlagen an Stahlwasserbauten; BAW-Brief Nr.2 1996
- /5/ ZTV-W LB 220 Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlwasserbau, Ausg. 1999



## Anlagen

### Anlage 1: Typische Schadensbilder durch elektrochemische Korrosion

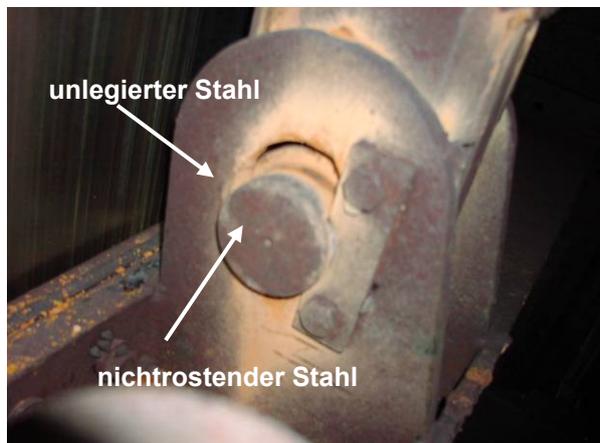


Bild 1: Ovalisierung der Achslagerung durch ungeeignete Werkstoffkombination (Betriebsdauer ca. 4 Jahre)

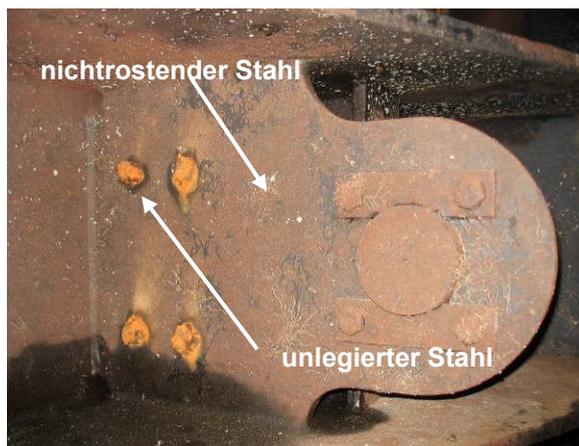


Bild 2: Abrostung von Schraubenköpfen infolge ungeeigneter Werkstoffkombination (Bimetallkorrosion; Einsatzdauer 1 Jahr)



Bild 3: Beschichtungs- und Korrosionsschaden an einer Stauklappe



*Bild 4: Korrosion am unlegierten Stahl infolge einer Aufplattierung aus nichtrostendem Stahl*



*Bild 5: Korrosion am unlegierten Stahl infolge von nichtrostenden Schrauben*



*Bild 6: Korrosion am unlegierten Stahl infolge des nichtrostenden Bolzen und der nichtrostenden Zahnstangen*

## Anlage 2: Empfohlene Ausbildung einer Achslagerung

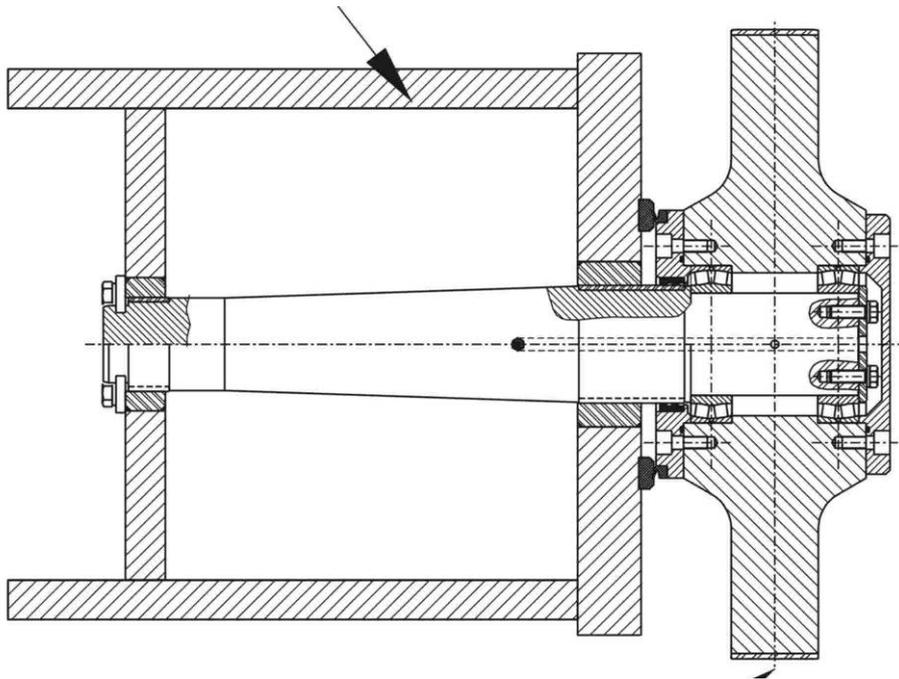


Bild 7: Achslagerung eines Schützkörpers

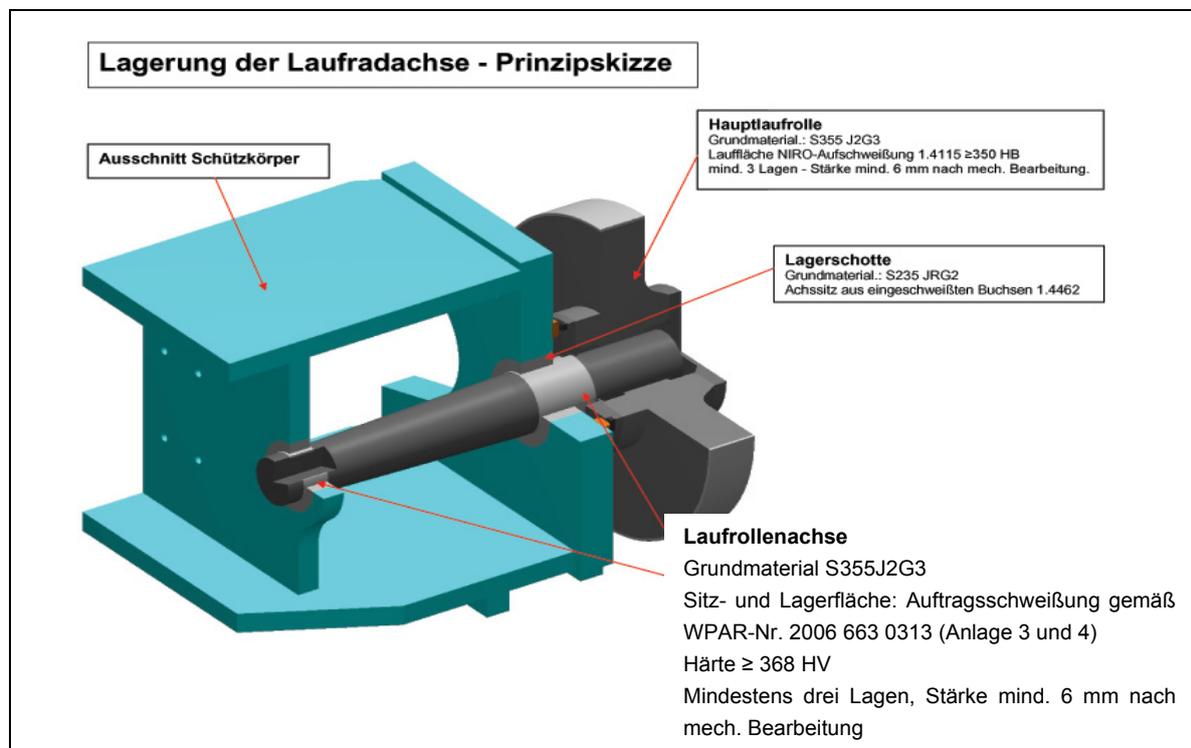


Bild 8: Lagerung der Laufradachse



### Anlage 3: Schweißanweisung für das Auftragsschweißen für Achsen bis 160 mm Durchmesser



SLV Duisburg – Niederlassung der GSI mbH  
Bismarckstraße 85, 47057 Duisburg

Standard-Schweißanweisung (WPS) nach EN ISO 15609			
Spezifische Daten für den Prozess MSG (13)			
Schweißprozess: <i>MSG, vollmechanisiert</i>			
Hersteller: <i>Bundesanstalt für Wasserbau</i>		Ort: <i>Karlsruhe</i>	
Beleg Nr.: <i>06/02</i> WPAR-Nr.: <i>2006 663 0313</i> Grundwerkstoff: <i>S355 J2G3 (kleiner Durchmesser)</i>		<b>Drahtposition</b> 	
<b>Fertigungsbedingungen</b> Nahtart: <i>Auftragsschweißung</i> Nahtvorbereitung: <i>s. Skizze</i> Schweißposition: <i>PA (waagrecht)</i> Vorbereitung und Reinigung: <i>Drehteil vor dem Schweißen mit Aceton reinigen</i> Schichtdicke [mm]: <i>mind. 6 mm nach mechanischer Bearbeitung</i>			
<b>Nahtvorbereitung</b> 		<b>Schweißfolge (SF)</b> 	
	SF1	SF2	SF3
Drahtelektrotyp:	<i>DO*22</i>	<i>DO*60</i>	<i>DO*60</i>
Elektrodenndurchmesser [mm]:	<i>1.6</i>	<i>1.2</i>	<i>1.2</i>
Kontaktdüsenabstand [mm]:	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
Verfahren:	<i>MIG-Impuls</i>	<i>MAG-Impuls</i>	<i>MAG-Impuls</i>
Stromstärke [A]:	<i>360±10</i>	<i>250±10</i>	<i>250±10</i>
Drahtvorschubgeschwindigkeit [m/min]:	<i>8.0</i>	<i>10.0</i>	<i>10.0</i>
Spannung [V]:	<i>27.0±1</i>	<i>29.0±1</i>	<i>29.0±1</i>
Schweißgeschwindigkeit [mm/s]:	<i>60</i>	<i>60</i>	<i>60</i>
Lichtbogenlänge [Skalenteile]:	<i>-20</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
Schweißprogramm [Fronius]:	<i>10</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
Schutzgas/-menge [l/min]:	<i>Ar/20 (SF1), 82% Ar/18%CO<sub>2</sub>/20 (SF2,3)</i>		
Vorwärm-/Zwischenlagentemp. [°C]:	<i>150/180°C (SF1) und 450/490°C (SF2,3)</i>		
Brenneranstellung [°]:	<i>10° stechend 90°, 4 mm (SF1) und 2 mm (SF2, 3) nach 12:00 Uhr Pos.</i>		
Brenneranstellung im Radius [°]:	<i>10° stechend 45°/30°, 3 mm nach 12:00 Uhr Position</i>		
Zwischenlagenreinigung:	<i>gebürstet</i>		
Ansatzstellen:	<i>zum Teil geschliffen</i>		
<i>Diese Standard-Schweißanweisung ist auf die jeweiligen Randbedingungen in der Fertigung anzupassen und kann dem Hersteller als Grundlage für die Erstellung der speziellen WPS dienen.</i>			



### Anlage 4: Schweißanweisung für das Auftragsschweißen für Achsen größer 160 mm Durchmesser



SLV Duisburg – Niederlassung der GSI mbH  
Bismarckstraße 85, 47057 Duisburg

Standard-Schweißanweisung (WPS) nach EN ISO 15609			
Spezifische Daten für den Prozess MSG (13)			
Schweißprozess: <b>MSG, vollmechanisiert</b>			
Hersteller: <b>Bundesanstalt für Wasserbau</b>		Ort: <b>Karlsruhe</b>	
Beleg Nr.: <b>06/01</b> WPAR-Nr.: <b>2006 663 0313</b> Grundwerkstoff: <b>S355 J2G3 (großer Durchmesser)</b>		<b>Drahtposition</b> 	
<b>Fertigungsbedingungen</b> Nahtart: <b>Auftragsschweißung</b> Nahtvorbereitung: s. <i>Skizze</i> Schweißposition: <b>PA (waagrecht)</b> Vorbereitung und Reinigung: <b>Drehteil vor dem Schweißen mit Aceton reinigen</b> Schichtdicke [mm]: <b>mind. 6 mm nach mechanischer Bearbeitung</b>			
<b>Nahtvorbereitung</b> 		<b>Schweißfolge (SF)</b> 	
	SF1	SF2	SF3
Drahtelektrodentyp:	<b>DO*22</b>	<b>DO*60</b>	<b>DO*60</b>
Elektroden Durchmesser [mm]:	<b>1.6</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>
Kontaktdüsenabstand [mm]:	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
Verfahren:	<b>MIG-Impuls</b>	<b>MAG-Impuls</b>	<b>MAG-Impuls</b>
Stromstärke [A]:	<b>360±10</b>	<b>250±10</b>	<b>250±10</b>
Drahtvorschubgeschwindigkeit [m/min]:	<b>8.0</b>	<b>10.0</b>	<b>10.0</b>
Spannung [V]:	<b>27.0±1</b>	<b>29.0±1</b>	<b>29.0±1</b>
Schweißgeschwindigkeit [mm/s]:	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
Lichtbogenlänge [Skalenteile]:	<b>-20</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Schweißprogramm [Fronius]:	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Schutzgas/-menge [l/min]:	<b>Ar/20 (SF1), 82% Ar/18%CO<sub>2</sub>/20 (SF2,3)</b>		
Vorwärm-/Zwischenlagentemp. [°C]:	<b>150/180°C (SF1) und 450/490°C (SF2,3)</b>		
Brenneranstellung [°]:	<b>10° stechend 90°, 5 mm (SF1) und 3 mm (SF2, 3) nach 12:00 Uhr Pos.</b>		
Brenneranstellung im Radius [°]:	<b>10° stechend 45°/30°, 5 mm nach 12:00 Uhr Position gebürstet</b>		
Zwischenlagenreinigung:	<b>gebürstet</b>		
Ansatzstellen:	<b>zum Teil geschliffen</b>		
Diese Standard-Schweißanweisung ist auf die jeweiligen Randbedingungen in der Fertigung anzupassen und kann dem Hersteller als Grundlage für die Erstellung der speziellen WPS dienen.			



## **Anlage 5: Beispiel eines Beschichtungsaufbaus für Flächen aus nichtrostendem Stahl**

- Fettbehaftete Teile (Bohremulsionen, Silikonöle, Schmierfett u. a.) mit geeignetem Baureiniger entfetten und reinigen. Dabei dürfen keine Reste oder Zusätze auf der gereinigten Oberfläche verbleiben. Maschinenbearbeitete Edelstahloberflächen sollten durch visuelle Bewertung, Anwendung von UV-Licht bzw. Fettrotprüfung nach DIN-Fachbericht 28 auf Fettfreiheit geprüft werden.
- Mit nicht ferritischem Strahlmittel (z. B. Glasperlen, Keramikperlen, Edelkorund, Glasgranulat) die Teile auf eine Rautiefe  $R_z$  von 50-70  $\mu\text{m}$  strahlen. Keine eisenhaltigen Strahlmittel wie Stahlguss, Granatsand oder Normalkorund FeSi anwenden.
- Strahlmittel: z. B. Glasstrahlkorn, Kornklasse 300 - 800  $\mu\text{m}$
- Gegebenenfalls Grundierung mit eisenglimmerhaltigem Epoxidharzbeschichtung (1 x ca. 60  $\mu\text{m}$  Trockenschichtdicke in Anlehnung an System 9 in der „Liste der empfohlenen Systeme“ jedoch mit 500  $\mu\text{m}$  Gesamtschichtdicke; keine Zinkstaubgrundierung)
- Deckbeschichtung mit Epoxidharz- oder Polyurethansystem wird in einem bzw. drei Arbeitsgängen in einer Gesamtschichtdicke von 500  $\mu\text{m}$  appliziert.

Weitere Informationen zum Korrosionsschutz auf nichtrostendem Stahl können dem Beitrag von

Binder G., Baumann, M. & Weiher, S.: Korrosionsschutz von Stahlwasserbauten bei Einsatz von CrNi-Stählen; Korrosionsschutz in der maritimen Technik; Tagungsband zur 10. Tagung; 26./27. Jan. 2011, Hamburg

entnommen werden.



## Anlage 6: Reibbeiwerte für Elastomer auf Kunststoff bzw. Kunststoff auf Kunststoff

Tabelle 1: Reibbeiwerte für Elastomere (einer handelsüblichen Notenprofildichtung) auf Kunststoffen und im Vergleich zum nichtrostenden Stahl (Edelstahl)

Werkstoff (Ring)	Gegenwerkstoff (Pin)	Reibbeiwert $\mu$
POM C	Elastomer	0,61
PE-UHMW	Elastomer	0,64
PVC	Elastomer	0,58
Edelstahl	Elastomer	0,64

Tabelle 2: Reibbeiwerte für PE-UHMW auf drei unterschiedlichen Kunststoffen

Werkstoff (Ring)	Gegenwerkstoff (Pin)	Reibbeiwert $\mu$
PVC	PE-UHMW	0,12
POM	PE-UHMW	0,16
PA6-G	PE-UHMW	0,18