

Wiederholt treten insbesondere bei älteren Objekten aus Stahl Schäden auf, welche in vielen Fällen rechtzeitig vor einem Totalversagen durch Bruch erkennbar wären.

Metallurgische Grundkenntnisse und einiges Wissen über die Herstellverfahren, sowie über den möglichen Oberflächenschutz sind erforderlich, um eine mögliche Gefährdung durch Versagen rechtzeitig abschätzen zu können.

Endgültige Analysen sind allerdings dem Spezialisten wie Schweißtechnologien, Korrosionsschutz-Spezialisten oder Statiker sowie dem Hersteller vorbehalten.

Vermutet die fach- oder sachkundige Person für die jährliche, aufzeichnungspflichtige, wiederkehrende Überprüfung oder der Anwender mögliche Schäden, sind genauere Untersuchungen erforderlich.

Das Produkt ist für die weitere Verwendung zu sperren.



Spannungsrisslinien in den Bohrungsbereichen, wo die größten Biege- und Torsionsmomente auftreten.

20170428_D4_37634.JPG



Detail A: Lüdersche Spannungsrisslinien in den Bereichen um die Absteckbohrungen eines Eindringtools (Verankerungssystem oder "Anschlageinrichtung").

20170428_D4_37642_02.jpg

Inhalt

1.	Deformationen	3
1.1	durch rein mechanische Beanspruchungen	3
1.2	durch Einwirkung von Wasser und Kälte	4
1.2.1	senkrechte und schräge Hohlprofile / Rohre	4
1.2.2	vorwiegend waagrechte Hohlprofile / Rohre	4
2.	Galvanische Verzinkung.....	6
3.	Feuerverzinkung bei Hohlprofilen.....	7
4.	Galvanische Verzinkung geschädigt durch Feuchtigkeit.....	8
5.	Pulverbeschichtung / Lackierung.....	8
5.1	Pulverbeschichtung	8
5.2	Lackierung	9
5.2.1	ohne vorherige galvanische Verzinkung	9
5.2.2	mit vorheriger galvanischer Verzinkung.....	10
6.	Extreme Korrosion Beispielsammlung.....	11

1. DEFORMATIONEN

1.1 durch rein mechanische Beanspruchungen

Dauerhafte (plastische oder bleibende) Deformationen sind häufig mit freiem Auge erkennbar.

Nebenbei wird das Ein- und Ausschieben der Beine oder anderer teleskopierbarer Elemente stark erschwert bis unmöglich, wodurch Deformationen bemerkbar werden.

Die Ursache(n) können sein:

- Überlastung (Hebearbeiten von Lasten mit einem Kettenzug)
- Transportschäden
- Sturz oder sturzähnliche Belastungen
- fehlerhafte Verwendung (z.B. Aufliegen der Beine an Geländern)

Meist führt ein Zusammenwirken von Knick- und Biegekräften, manchmal unter zusätzlicher Einwirkung von Torsionskräften (Verdrehung) zu derartigen Schäden.

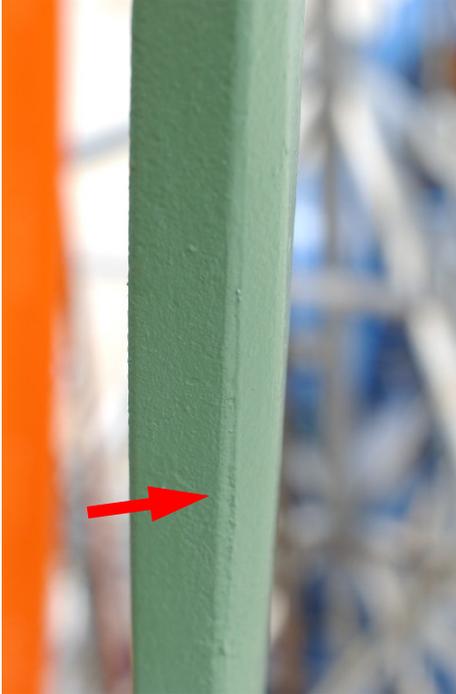


Verbogenes Bein eines 3-Beins ohne erkennbare Spannungsrisse etc.; jedoch bereits mit freiem Auge leicht erkennbar.

20220505_D4_91792_02.jpg

1.2 durch Einwirkung von Wasser und Kälte

1.2.1 senkrechte und schräge Hohlprofile / Rohre



Frostschaden an Steher einer Wehre aus Vierkant- Formrohr aus Stahl auf einem Pumpenbock — dick überstrichen und daher kaum mehr erkennbar — roter Pfeil.
20120922_D1x_49218.JPG

Fehlende oder verstopfte; manchmal durch Zinkpfropfen verschlossene Entwässerungsbohrungen verhindern ein Auslaufen eingedrungenen Regen- oder Schmelzwassers.

Aufgrund der Übermalung sind keine Spannungsrisslinien erkennbar.



Frostschaden am Steher einer Wehre (Geländer) aus Vierkant- Formrohr aus Stahl auf einem Pumpenbock — Aufweitung durch den hohen Innendruck durch Frieren eingedrungenen Regenwassers. Gelber Pfeil; Riss an der Kantung — roter Pfeil.
20120922_D1x_49222.JPG

1.2.2 vorwiegend waagrechte Hohlprofile / Rohre

Auch in waagrecht Hohlprofilen friert Wasser im Winter und führt dieses durch seine prozentuell enorme Ausdehnung bei Kälte auch bei kleinen Querschnitten und großen Wanddicken zu festigkeitsvermindernden Schäden.

Schrankenbalken aus Stahl- Vierkant- Formrohr feuerverzinkt und (später?) mit weißer Farbe übermalt.



Frostschaden an einem Schrankenbalken (waagrecht) — Aufbauchung seitlich (gelbe Pfeile) und Riss an der Kantung unten (roter Pfeil).
20120625_D1x_40682.JPG

Die gegenüber dem Untergrund elastischere Zinkschicht lässt die in der Walzhaut des Stahlrohrs entstandenen Lüderschen Linien schwer erkennen!

Spannungsrisslinien sind nicht oder nur schwierig erkennbar.



Frostschaden am (liegenden) Balken eines Schrankens — Aufweitung durch Frost — roter Pfeil. Der grüne Pfeil weist auf eine abgeschrammte, feuerverzinkte Stelle.

20120625_D1x_40686.JPG

Entwässerungsbohrungen hätten eine Ansammlung von Wasser im Innern der Rohre vermieden und damit ein Aufweiten der Rohre bis zum Riss an den Kanten durch Frieren verhindert!

Ein Rosten (bis zum Durchrosten) von innen kann durch die oft mangelhafte Verzinkung der Rohr- Innenwandungen bestenfalls verzögert, aber im Laufe der Jahre nicht verhindert werden!

Die Anordnung großer Bohrungen in den Rohren, welche sowohl ein ausreichendes Ein- und Ausfließen von Salzsäure (zur Vorbehandlung), Wasser zum Spülen und Zink im flüssigen Zink- Tauchbad als auch den erforderlichen Luftaustausch gewährleisten sollten, ist aus Festigkeitsgründen oft problematisch.

Korrosionsschäden im Innern von Hohlprofilen können auch herstellbedingt durch unzureichende Spülung der Rohre nach dem Entzundern und Reinigen im Salzsäurebad auftreten. Trotz dem Spülen vor dem eigentlichen Verzinken können kleine Restmengen an Säure im Innern der Rohre verbleiben und im Laufe von Jahren zu massiven Schäden führen.

2. GALVANISCHE VERZINKUNG

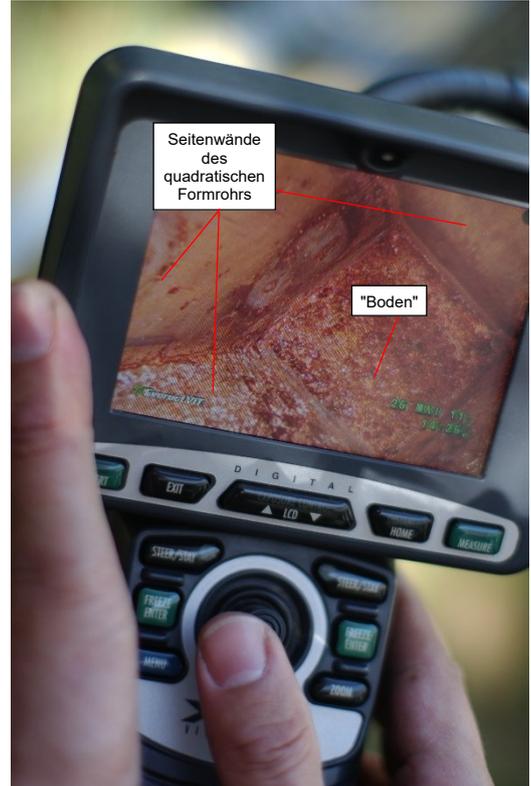
Beim galvanischen Verzinken werden die Stahlteile zunächst in verschiedenen Säurebädern gereinigt. Nach dem Spülen wird durch elektrolytische Wirkung unter hohem Strom und unter geringer Spannung — wiederum in einem Tauchbad — eine dünne Metallschicht auf dem Stahlteil aufgetragen. Dies geschieht nicht wie beim Feuerverzinken in flüssigem Zink etc., sondern unter "normaler" Umgebungstemperatur.

Auch bei diesem Verfahren können Reste von Säure- und Spülflüssigkeit im Laufe der Jahre zu massiver Korrosion führen. Insbesondere im Innern von Rohren kann dies zu starker Abnahme der Wandstärken und Schwächung von Schweiß- oder anderen Verbindungen führen.



Endoskopische Aufnahmen aus dem Innern der Beine eines 2-/3-Beins mit geschweißtem Kopf.

vlcsnap-2023-04-21-13h03m47s130.png



Endoskopische Aufnahme aus dem Innern eines Vierkant-Formrohrs # 30 mm eines 2-/3-Beins mit geschweißtem Kopf aus Stahl; galvanisch verzinkt. Alter über 20 Jahre.

20110525_D1x_20212.JPG



Endoskopische Untersuchung eines 2-/3-Beins mit geschweißtem Kopf (alte Ausführung bis ca. 2019).

20110525_D1x_20204.JPG

Erkennbare Schäden durch Säure im Innern von Rohrkonstruktionen treten bei galvanisch verzinkten Leichtstahlkonstruktionen oft erst nach vielen Jahren auf. Dann weisen sie allerdings bereits auf stark fortgeschrittene Materialschwächung im Innern hin!

**Materialabbau im Innern von Hohlprofilen kann nur mit großem Aufwand festgestellt und beurteilt werden !
Besonders in Profilen kleinen Querschnitts mit kleinen Zugangsbohrungen ist das Einführen eines Endoskops schwierig. Wanddickenmessungen — insbesondere im Bereich der Schweißnähte (meist Ecknähte) — sind nur mit sehr teuren Geräten durch speziell geschulte und erfahrene Fachkundige möglich.**

An Außenkanten kann dieser Effekt oft auch in Eck- Schweißnähten festgestellt werden, wenn diese Bereiche nicht durch Pulverbeschichtung oder Überstreichen uneinsehbar gemacht wurden.



Korrosionsschaden durch galvanische Verzinkung nach Säureeintritt durch eine undichte Schweißnaht (von ca. 50 dichten Schweißnähten) und unter Lagerung über 25 Jahre unter sehr hoher Luftfeuchtigkeit.
20110211_D1x_27407.JPG



Korrosionsschaden an einem Rohr \varnothing 17 x 2,0 mm durch Abbau der galvanische Verzinkung durch jahrelange Lagerung in hoher Luftfeuchtigkeit — ca. 25 Jahre unter ca. 98% rel. Feuchte.
20110211_D1x_27415.JPG

**Schäden durch Säuren, welche anlässlich der Oberflächenveredelung ins Innere von Profilen eingetreten waren, schädigen die Konstruktion auch unter völlig korrekter und trockener Lagerung !
Die Folge können nicht erkennbare stark festigkeitsmindernde Materialschwächungen sein !**

3. FEUERVERZINKUNG BEI HOHLPROFILEN

Nach dem Aufplatzen der Oberfläche über eine Länge von ca. 50 mm wurde in einem Formrohr (Strebe an einem Verankerungsgalgen) massive Korrosion festgestellt.

An einer weiteren Stelle wurde unter einer stecknadelkopfgroßen Pore eine weitere Korrosionsstelle festgestellt.

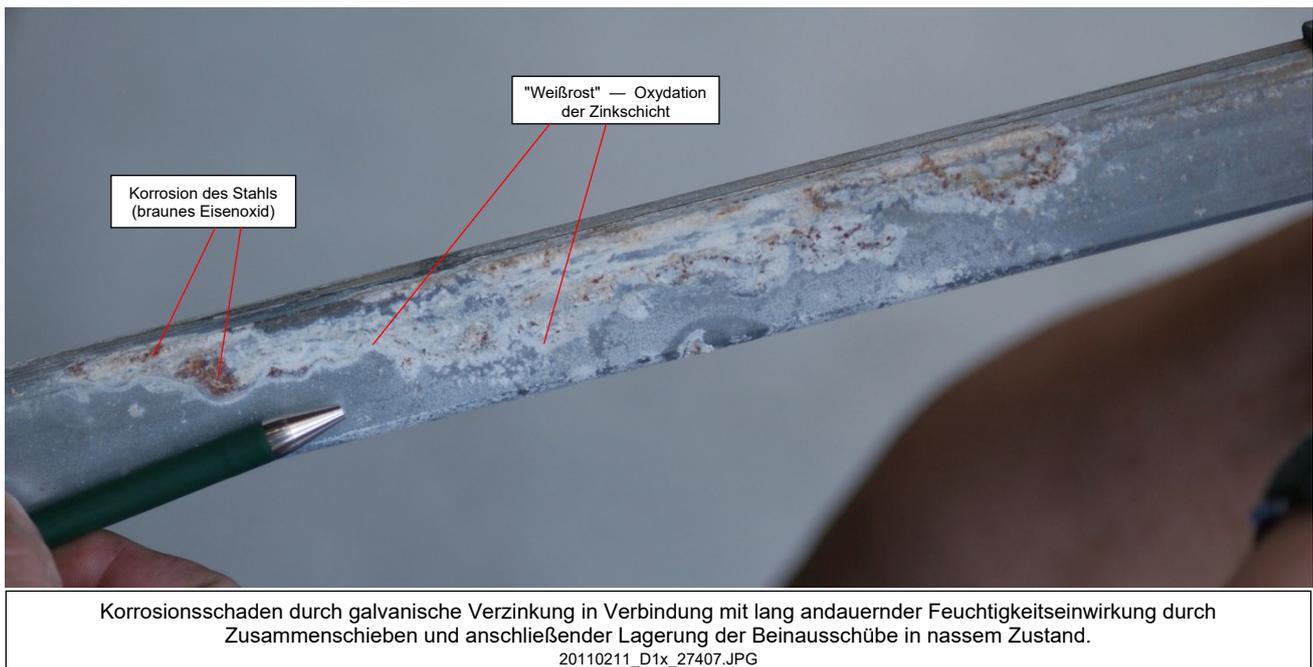


Ursprünglich stecknadelkopfgrößer: ausgekratzt ca. \varnothing 10 mm.
20230419_D4_102932_01_90.jpg



Massive Korrosion im Vierkant- Formrohr einer Verankerung (Galgen).
20230419_D4_102928_01_90.jpg

4. GALVANISCHE VERZINKUNG GESCHÄDIGT DURCH FEUCHTIGKEIT



Die Oxidation der Zinkschicht ist ein kontinuierlicher Abbau derselben und trägt NICHT zur Schwächung des Grundmaterials bei.

Erst die punktuelle oder flächige Korrosion ("Schwarzrost") vermindert die Festigkeit durch Abbau ferritischer Partikel und anderer Bestandteile im Stahl.

Bei erfolgtem Abbau von über 10% vom Materialquerschnitt (z.B. mehr als 0,1 mm bei 1 mm Wanddicke) ist das Bauteil auszuscheiden!

Der abgebildete Beinausschub kann durch Entfernen des "Flugrosts" und leichtes Einölen oder Fetten oder durch Auftragen von Autopolitur (z.B. Turtle Wax) noch jahrelang verwendet werden, wenn die Beine innen und die Beinausschübe außen zukünftig nach dem Einsatz im Regen getrocknet werden und die Ausrüstung trocken gelagert wird.

5. PULVERBESCHICHTUNG / LACKIERUNG

Für den Laien ist der Unterschied zwischen Pulverbeschichtung und Lackierung nur schwierig bis unmöglich erkennbar.

Dennoch neigen kostengünstige Pulverbeschichtungen gegenüber sehr aufwändigen, fachgerechten (Mehrfach-) Lackierungen mit entsprechender Vorbehandlung eher zu versteckten Korrosionsschäden.

5.1 Pulverbeschichtung

Bei Pulverbeschichtungen kommt es häufiger vor, dass Feuchtigkeit etc. durch kleinste Poren unter die Beschichtung gelangt und sich dort Korrosion massiv und ohne Anzeichen an der Oberfläche ausbreitet. Großflächige Querschnittsverminderungen über 10 %, welche die Festigkeit stark beeinflussen können, sind oft unbemerkt die Folge.

5.2 Lackierung

5.2.1 ohne vorherige galvanische Verzinkung

Oft unansehnliche und für den Laien sehr bedenklich erscheinende Flächen- oder Kontaktkorrosion mit einem Abbau von weniger als 10% der ursprünglichen Bauteildicke kann häufig durch sachgemäße Instandsetzung saniert werden; sie gilt festigkeitsmäßig als nicht bedenklich.



Beginnende Korrosion — Korrosionsnarben weit unter 10% der Materialquerschnitts.
Scan-130518-0026.jpg



Flächenkorrosion an einer lackierten Stahlkonstruktion.
Scan-130517-0003.jpg

An bestehenden Objekten, deren Belastbarkeit vom Verwender selbst gemäß AschG als "ausreichend tragfähig" beurteilt werden sollten, können derartige Schäden — oft unter vermeintlich intakten Lackschichten — verborgen sein.

Befinden sich mehrere solcher Schäden im Bereich großer Biegekräfte, sollten solche Stahlkonstruktionen NICHT als Verankerung für PSAgA oder zum Retten benutzt werden!



Massiver Korrosionsschaden an einem genieteten Stahlmast — weit über 10% des Materialquerschnitts.
20220613_D4_93935_90.jpg

5.2.2 mit vorheriger galvanischer Verzinkung

Vermutlich war bereits beim galvanischen Verzinken (gut gemeint als besonders hoher Schutz vor einer Mehrfachlackierung) Säure in die Rundrohre eingedrungen und hat diese über den Verlauf von über 27 Jahren (Herstelljahr 1984 — Schadensbild aus 2011) unter zusätzlichem Feuchtigkeitseinfluss von außen durch zeitweise ungeeignete Lagerung zu massiven Schäden geführt.



Korrosionsschaden an der Lagerung einer Sicherheitsklinke an einer Rettewinde aus geschweißten Stahlrohren.
20110210_D1x_27011.JPG



Kristallbildungen und Flächenkorrosion mit mehr als 10 % Querschnittsverminderung.
20110211_D1x_27385.JPG

Grüne Pfeile: galvanische Verzinkung unter der Mehrfachlackierung mit 1 Grund- und 2 Decklackierungen (Kaltverzinkung + hochwertiger Kunstharzlack).

Gelber Pfeil: Aufblühungen mit Kristallbildung (nicht näher untersucht).



Durch (unsachgemäße) Überlackierung nur mehr schwer erkennbare Korrosionsschäden an derselben Rettewinde.
20110211_D1x_27390_01.jpg

Gelbe Pfeile: Übermalte Rostpusteln, unter denen der Materialabbau nicht mehr erkennbar ist.

Grüner Pfeil: Großflächige Korrosion, deren Materialabbau (unter 10 %) leicht erkennbar und sogar messbar ist.



Vom Kunden nach über 25-jähriger Lagerung unsachgemäß überstrichenes, ursprünglich galvanisch verzinktes und stark korrodiertes Rohr einer Rettewinde.
20110114_D1x_26945_01.jpg

6. EXTREME KORROSION BEISPIELSAMMLUNG

Einflüsse durch Einwirkung von Säuren und / oder Laugen bzw. schwefelwasserstoffhaltigen Abgasen etc. in Industrieanlagen, im Bereich von Erdgas- Aufbereitungsanlagen oder durch salzhaltige Seeluft in einer Distanz von weniger als 30 km vom Meer entfernt, sind ebenso wie die Zeitdauer, Feuchtigkeit und Konzentration ausschlaggebend für die Beeinträchtigung von:

- feuerverzinkten
- galvanisch verzinkten
- pulverbeschichteten
- plastifizierten
- lackierten

Oberflächen und insbesondere von Schweißverbindungen:



Ehemals lackierte Leitersprosse an einem Schlot (H_2S).
20120623_D1x_40654.JPG



Ehemals feuerverzinkter Gitterrost an einem Schlot (H_2S).
20120623_D1x_40665.JPG



Ehemals feuerverzinkte Halteklammer eines Gitterrosts am Rundgang auf einem Schlot (H_2S).
20120623_D1x_40668.JPG



Fußwehre mit Steher für Mittel- und Brustwehre. — Keine besondere Industrieluft.
20180911_D4_56161.JPG

Derartig korrodierte Bauteile dürfen keinesfalls zur Befestigung von PSAgA oder Rettausrüstung verwendet werden !

Auch das bloße Besteigen oder Begehen durch Personen ist nicht zulässig !



In einem Betonfundament eingeklebte Verankerung — massive Korrosion im Übergangsbereich; dort, wo das größte Biegemoment auftritt — Seeluft.
20150424_D4_11360.JPG



Korrodiertes Stahldrahtseil — Seeluft.
20120505_D1x_39220.JPG



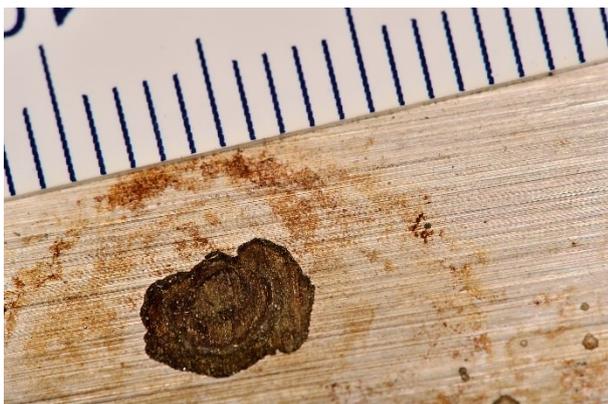
Drahtbügel Ø 5 mm aus Edelstahl A 4 für PSAgA — Korrosionsnarben nach Blitzschlag — 6 Monate am Gipfel der Zugspitze.
20120623_D1x_40654.JPG



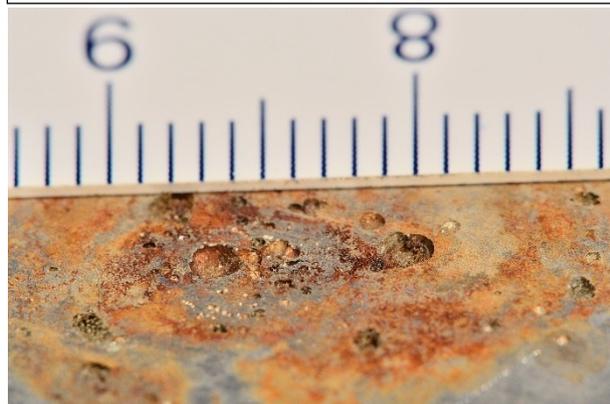
Verzinktes Stahldrahtseile eines Höhensicherungsgerätes — Seewasser + Alumina (Aluminiumoxid) — 3 Monate im Werkschafen von Rio Tinto, Hafnarfjörður (Island).
20131004_D1x_59665.JPG



Sicherungsöse Ø 8 mm aus Edelstahl A 4 für PSAgA — Korrosionsnarben nach Blitzschlag — 6 Monate am Gipfel der Zugspitze.
20091123_D1x_18173_10.jpg



Lochfraß in einem Sicherungsblech aus Edelstahl — Natronlauge in der Papierindustrie.
20190607_D4_64786.JPG



Lochfraß 2,5 mm tief in einem Sicherungsblech aus Edelstahl — Blechdicke 3 mm — Zellstoffindustrie.
20190607_D4_64803.JPG



Anschlag- und Verankerungslasche an einem Industrieschlot 55 m hoch.
2020-05-19-2511.jpg



Kranlasche an einem Industriekamin — einzige Verankerungsmöglichkeit.
2020-05-19-2508.jpg



Leitersprosse an einem Industriekamin in 60 m Höhe.
2020-05-19-2514_01.jpg



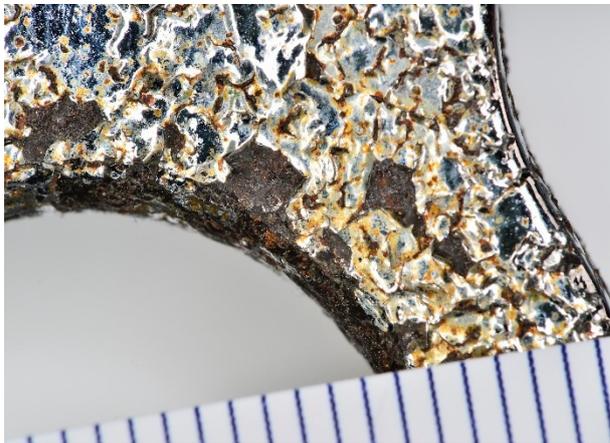
Schweißnaht einer Sprosse an einem Y-Steigbaum als Steigschutzeinrichtung an einem Schlot 80 m.
20110929_FE5_05170.JPG



Riss aller Schweißnähte an einer Steigleiter mit Steigschutz. Ursache Schwefelwasserstoff? — Raffinerie.
20110929_FE5_05168_02.jpg



Massive Korrosion an einem verchromten Längenversteller eines Halteseils — keine besonderen Einflüsse bekannt.
20190120_D4_60732_01_90.jpg

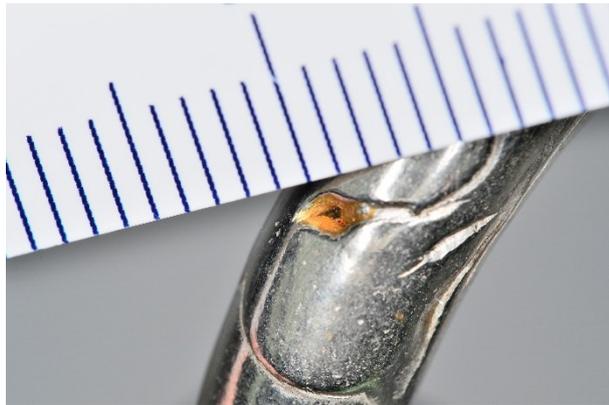


Detail der Öse vom Bild links.
20190120_D4_60729_90.jpg

Schäden an Edelstahl- Ringen für Auffanggurte (Herstellfehler):



Ringe aus Edelstahl zur Verarbeitung in einem Auffanggurt
— zahlreiche Schweißfehler und Korrosionsschäden.
20190119_D4_60673_01_90.jpg



Korrosionsschaden in der Schweißnaht einer PSAgA-
Komponente.
20190120_D4_60691_90.jpg



Noch nicht korrodierte Schadstellen (Herstellfehler).
20190120_D4_60699_90.jpg

Befinden sich in der Umgebung derartig korrodierter Bauteile aus Metall Gitterroste oder Laufstege etc. aus Kunststoffen (GFK etc.), ist davon auszugehen, dass auch diese — insbesondere in Verbindung mit langfristig einwirkender UV- Einwirkung durch Sonneneinstrahlung und / oder Mondlicht — zu einem erheblichen Festigkeitsabfall geführt haben !