



## Die Verhinderung von Korrosion

Prevention of metal corrosion

**Die Verhinderung von Korrosion**  
***Prevention of metal corrosion***

Inhalt  
Contents

|   |                                                                                                                                                              |           |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Allgemeines<br><i>General</i> .....                                                                                                                          | <b>2</b>  |
| 2 | Korrosionsschutz unter Dämmungen<br><i>Corrosion protection under insulations</i> .....                                                                      | <b>2</b>  |
| 3 | Kontaktkorrosion bei Metallen und deren Verhinderung<br><i>Contact corrosion with metals and its prevention</i> .....                                        | <b>3</b>  |
| 4 | Eisenwerkstoffe<br><i>Iron materials (ferritic materials)</i> .....                                                                                          | <b>8</b>  |
| 5 | Feuerverzinkter und Alu-Zink-beschichteter Stahl (DIN EN 10327:2004)<br><i>Hot dip zinc coated and aluminium-zinc coated steel (DIN EN 10327:2004)</i> ..... | <b>9</b>  |
| 6 | Nichtrostende austenitische Stähle<br><i>Stainless austenitic steels</i> .....                                                                               | <b>12</b> |
| 7 | Aluminium (DIN EN 573-3; DIN EN 485-1)<br><i>Aluminium (DIN EN 573-3; DIN EN 485-1)</i> .....                                                                | <b>14</b> |
| 8 | Korrosionsschutz von gedämmten Objekten<br><i>Corrosion protection of insulated objects</i> .....                                                            | <b>16</b> |

## 1 Allgemeines

Korrosion ist die chemische Veränderung oder Zerstörung von Werkstoffen, insbesondere von metallischen Werkstoffen, durch Wasser und Chemikalien; Metalle können dabei Sauerstoffverbindungen eingehen (Oxidation) oder mit Nichtmetallen zu Salzen werden.

Korrosion unter Isolierung (CUI nach ASTM G189) ist ein kritischer Aspekt für betriebstechnische Anlagen. Feuchte Isolierung führt nicht nur zu einer verminderten Dämmwirkung, sondern auch zu starker, nicht sichtbarer und damit unkontrollierbarer Korrosion.

Korrosion kann zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteils oder eines ganzen Systems führen.

Die Korrosion an sich ist noch kein Schaden. Kriterium für den Korrosionsschaden ist allein die Beeinträchtigung der Funktion, die im Zusammenhang mit den gestellten Anforderungen zu sehen ist.

Für den Isolierer sind vor allem folgende Arten von Korrosion von Bedeutung:

- Kontaktkorrosion,
- Oberflächenkorrosion,
- Spannungsrisskorrosion.

Während niedrig- und unlegierte Stähle lose Eisenoxidschichten bilden, die leicht abblättern, entstehen beispielsweise bei Zink, Aluminium und nichtrostenden austenitischen Stählen sehr feste Oxidschichten, die den Werkstoff vor weiterer Sauerstoff-Korrosion schützen. Diese sehr dünnen Schichten (einige Mikrometer) werden „passivierende Schichten“ genannt.

Werden solche Schichten verletzt, bilden sie sich unter Anwesenheit von Sauerstoff schnell wieder neu.

Neben der großflächigen chemischen Veränderung von Werkstoffen ist insbesondere bei nichtrostenden austenitischen Stählen die Spannungsrisskorrosion von Bedeutung, die Risse im Werkstoff verursacht.

## 2 Korrosionsschutz unter Dämmungen

Während für die Korrosionsgefahr an den Außenseiten von Ummantelungswerkstoffen die allgemeinen Grundsätze und Schutzregeln des Korrosionsschutzes gelten, bildet der Korrosionsschutz unter Dämmungen eine Besonderheit.

## 1 General

Corrosion is the chemical change of materials, especially of metallic materials, through water and chemicals; corroding metals can form oxygen compounds (oxidation) or ionic compounds with non-metals

Corrosion under insulation (CUI acc. To ASTM G189) is a critical aspect for industrial installations. Wet insulation material causes not only a reduced insulation-value, it additionally produces heavy, invisible and therefore uncontrollable corrosion.

Corrosion can lead to the deterioration of the performance of a component or an entire system.

Corrosion as such is not as yet a damage. The sole criterion for corrosion damage is the impairment of the function, which must be seen in connection to the requirements demanded.

For insulators, the following types of corrosion are of predominant importance:

- contact corrosion,
- surface corrosion,
- stress corrosion cracking (tension cracking).

While low- and non-alloyed steels form loose iron oxide layers which peel off easily, other materials such as zinc, aluminium and stainless austenitic steel form firm layers of oxidation which protect the material against further oxygen corrosion. These very thin layers (some micrometers) are also called “passivating layers”.

If such layers are damaged, they are reconstituted quickly as long as oxygen is present.

In addition to the chemical variation of materials on larger surfaces, the stress corrosion cracking of stainless austenitic steels is of special significance, since it causes cracks in the material.

## 2 Corrosion protection under insulations

Whilst regarding the corrosion danger at the outer surfaces of cladding materials the general principles and protection rules of corrosion protection apply, corrosion protection under insulations constitutes a special issue.

Gründe hierfür sind erstens die Tatsache, dass Dämmungen fälschlicherweise oft als ein Ersatz für Korrosionsschutz angesehen werden und zweitens die Tatsache, dass sich bei gedämmten Anlagen eine beginnende Korrosion dem Kontrollblick des Betriebsingenieurs entzieht.

Dämmungen sind keinesfalls in der Lage, Korrosionsschutz zu ersetzen. Im Gegenteil, gedämmte Objekte sind im Hinblick auf Korrosion stärkeren Beanspruchungen ausgesetzt als ungedämmte Anlagenteile. Ausschlaggebend für die starke Beanspruchung ist der Angriff durch Tauwasser, wobei ein Abtrocknen der Oberfläche durch die feuchte Dämmung verhindert wird.

Abgesehen von Oberflächenwasser, dessen Eindringen gemäß AGI-Arbeitsblatt Q 152 zu verhindern ist, ist das Eindringen von Feuchte in den Dämmstoff mit isoliertechnischen Mitteln wegen eines möglichen Feuchteintrags durch Luftströmung und Diffusion nicht uneingeschränkt erfüllbar.

Im Folgenden werden die allgemeinen Korrosionsgefahren mit besonderem Hinblick auf die erforderlichen Korrosionsschutzmaßnahmen an den Komponenten des Isoliersystems sowie an gedämmten Objekten erörtert.

### **3 Kontaktkorrosion bei Metallen und deren Verhinderung**

Zwischen unterschiedlichen Metallen kommt es bei Anwesenheit von elektrisch leitenden Flüssigkeiten (Elektrolyte) zu Reaktionen, bei denen das jeweils unedlere Metall angegriffen wird. Deswegen lösen sich z. B. Nieten aus unedlerem Metall in Blechen aus edlerem Metall auf. Diesen Vorgang nennt man Kontaktkorrosion.

Elektrolyte sind jede Art von elektrisch leitenden Flüssigkeiten, z. B.:

- Regen- und Tauwasser,
- wässrige Salzlösungen,
- wässrige Säuren,
- wässrige Laugen.

Die Unterscheidung in edlere und unedlere Metalle lässt sich mit Hilfe der elektro-chemischen "Spannungsreihe" treffen (Tabelle 1).

Die Tabelle allein lässt keine Aussage über das Ausmaß des korrosiven Abtrages zu. Die Leitfähigkeit des Elektrolyten ist mitentscheidend.

Die Reihenfolge innerhalb der Spannungsreihe kann sich bei Anwesenheit bestimmter Elektrolyte verändern. Deshalb sind neben der Tabelle 1 immer auch praktische Erfahrungen zu berücksichtigen.

Reasons for this are firstly the fact that insulations are frequently wrongly regarded as a substitute for corrosion protection and secondly the fact that on insulated installations a commencing corrosion process eludes the visual control of the service engineer.

Insulations can in no way replace corrosion protection. On the contrary, insulated objects are subjected to severer strain regarding corrosion than uninsulated installation components. Responsible for the severe strain is the attack through condensation water, aggravated through the fact that the wet insulant prevents a drying of the surface.

With the exception of surface water, the ingress of which must be prevented according to AGI working document Q 152, the ingress of moisture into the insulant cannot be met without any limitation through insulating measures because of the possible moisture ingress through air movement and diffusion.

Below, the general corrosion danger with special emphasis on the protective measures required at insulated objects and at the components of the insulation system itself will be discussed.

### **3 Contact corrosion with metals and its prevention**

Between different metals, certain reactions occur in the presence of electrically conductive fluids (electrolytes) in which the respective less-noble metal is damaged. It is therefore that e. g. rivets made of less-noble metal dissolve in sheets of nobler metal. This process is called contact corrosion.

Electrolytes are every type of electrically conductive fluids, e. g.:

- rain and condensation water,
- hydrous salt solutions,
- hydrous acids,
- hydrous lyes.

The distinction between noble and less-noble metals can be made using electro-motive series (Table 1).

The table alone does not allow for a deduction concerning the amount of corrosive damage. The conductivity of the electrolyte is of great consequence.

The tension sequence can change in the presence of certain electrolytes. It is therefore that practical experience must always be considered in connection with Table 1.

Insgesamt ist der korrosive Abtrag bei Kontaktkorrosion abhängig von:

- der Werkstoffpaarung,
- der Art der Elektrolyte,
- den Umgebungsbedingungen, wie Temperatur, Luftfeuchte, Schadstoffbelastung,
- dem Flächenverhältnis der Metalle, die am korrosiven Abtrag beteiligt sind,
- der Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten (gepeitschtes Regenwasser).

Hierfür gilt die Regel:

ungünstig für den betrachteten Werkstoff:  
unedles Metall kleinflächig / edles Metall großflächig;

günstig für den betrachteten Werkstoff  
edles Metall kleinflächig / unedles Metall großflächig.

Beispiel:

Verbindungen von Aluminiumblechen (unedel) mit Schrauben aus nichtrostendem austenitischem Stahl (edel) unbedenklich. Dagegen ist die Verbindung von Blechen aus nichtrostendem austenitischem Stahl mit Aluminiumnieten nicht zu empfehlen, da sich der korrosive Angriff auf die kleine Fläche des Niets konzentriert.

The corrosive damage through contact corrosion is dependent upon:

- the mating material,
- the type of electrolytes present,
- the ambient conditions such as temperature, relative humidity, exposure to dangerous substances,
- the area ratio of the metals participating in the corrosive exchange,
- the flow velocity of the electrolyte (driven rain water).

The following rules apply:

Disadvantageous for the material considered:  
less-noble metal small surface / noble metal large surface;

Advantageous for the material considered:  
noble metal small surface / less-noble metal large surface.

Example:

Connections of aluminium sheets (less-noble) with screws of stainless austenitic steel (noble) are all right. On the other hand, the connection of sheets made of stainless austenitic steel with aluminium rivets cannot be recommended since a corrosive attack concentrates on the small surface of the rivet.

**Tabelle 1: Elektrochemische Potenziale einiger Elemente und Legierungen (Elektrochemische Spannungsreihe)**

**Table 1: Electro-chemical potentials of some elements and alloys (electromotive series)**

Quellen: - Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Ausgabe 82  
- Baumgartl, Werkstoffkunde kurz und einprägsam, VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1971, 4. Auflage

Sources: - Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Ausgabe 82  
- Baumgartl, Werkstoffkunde kurz und einprägsam, VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1971, 4. Auflage

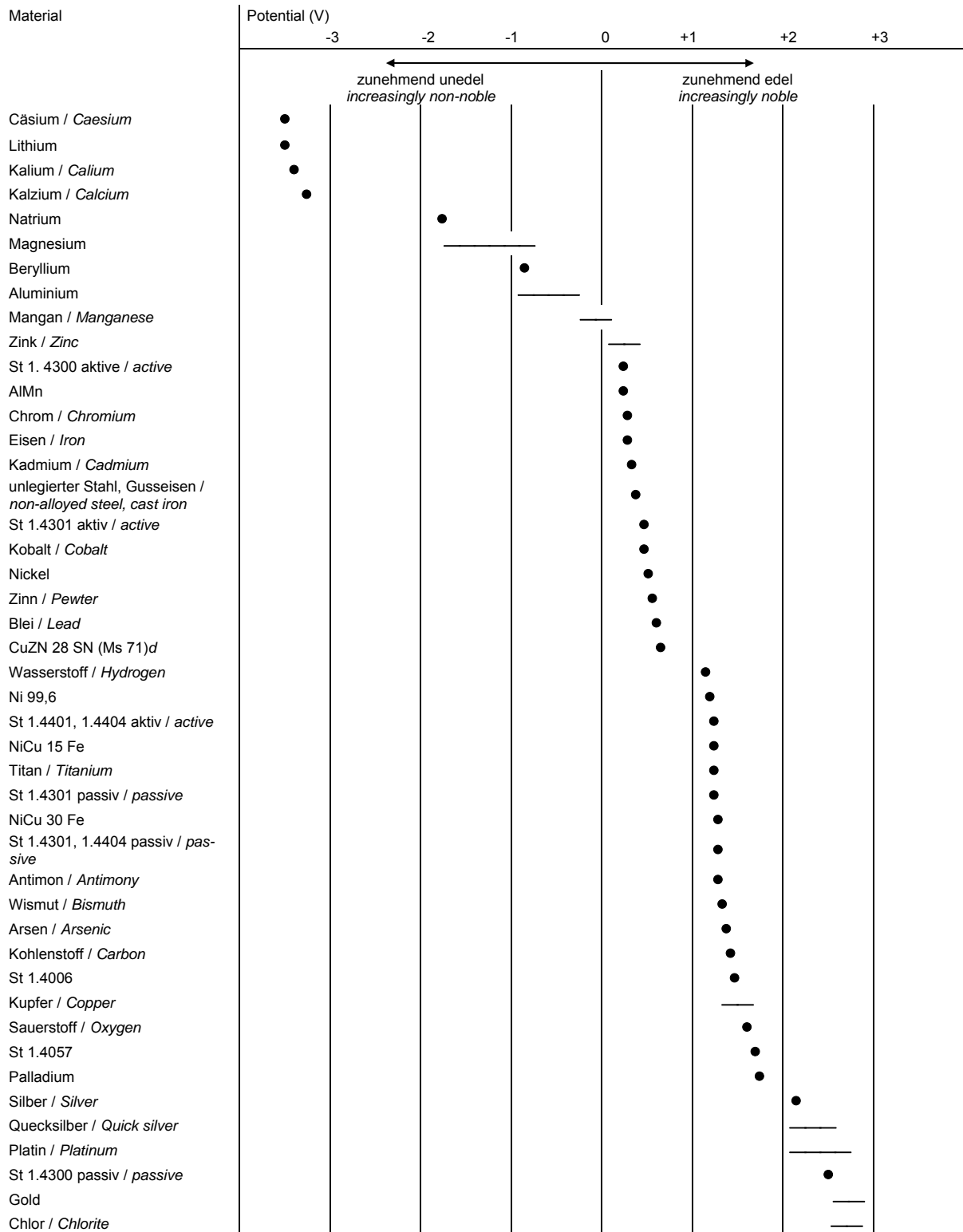


Tabelle 2 zeigt das Verhalten der einzelnen Metalle untereinander und dient einer ersten Orientierung hinsichtlich der Korrosionsgefahr des „betrachteten Werkstoffes“ bei Metallpaarungen. Sie entbindet den Planer nicht von einer genauen Beurteilung der Korrosionssituation im Einzelfall.

Kontaktkorrosion kann durch die Beachtung folgender Regeln vermieden oder wenigstens vermindert werden:

- Der großflächige Kontakt unterschiedlicher Werkstoffe muss vermieden werden.
- Befestigungsmittel wie Schrauben, Niete, Spannbänder, Schlösser müssen mindestens so edel sein wie der zu verbindende Werkstoff. Der korrosive Angriff richtet sich dann zwar gegen den unedleren „Partnerwerkstoff“, ist aber aufgrund der günstigen Flächenverhältnisse sehr gering.

Elektrisch nichtleitende Zwischenlagen können Kontaktkorrosion verhindern. Sie müssen dort vorgesehen werden, wo ungünstige Werkstoffpaarungen oder Flächenverhältnisse nicht zu vermeiden sind und der Zutritt von Elektrolyten nicht ausgeschlossen werden kann, z. B. bei der Montage von Aluminiumummantelungen auf Unterkonstruktionen aus verzinktem Stahl in Freianlagen.

Nichtleitende Zwischenlagen sind u. a.:

- Kunststoffscheiben,
- Kunststoffbänder,
- Bitumenestriche.

Kontaktkorrosion kann auch dadurch verhindert werden, dass der Zutritt des Elektrolyten zur Kontaktstelle unterbunden wird. Dazu dienen in der Regel fachgerecht ausgeführte Beschichtungen.

Beim Kontakt des verzinkten Drahtgeflechts von Drahtnetzmaten mit z. B. Aluminiumummantelungen kann es zum Abtrag der Verzinkung des Drahtes im Wege der Kontaktkorrosion gegenüber Aluminium kommen. Dies kann dazu führen, dass sich die Drahtnetzmaschen innen und ggf. auch außen auf der Aluminiumummantelung abzeichnen und dass der entzinkte Draht verrostet.

Da die Aluminiumummantelung gleichwohl die fort-dauernde Funktionsfähigkeit des Dämmsystems sicherstellt, kann dies hingenommen werden. Praktische Erfahrungen haben es vielfältig bestätigt.

Table 2 shows the compatibility of different metals between each other and provides an initial indication of the danger of contact corrosion for the material concerned in metal combinations. It does not relieve the need for a precise evaluation of the corrosion situation in the individual case.

Contact corrosion can be avoided or at least be minimised by observing of the following rules:

- The large-surface contact of different materials must be avoided.
- Fixings, such as screws, rivets, bands and locks must at least be as noble as the material to be connected. The corrosive attack is then directed against the less-noble material, It is, however, very minor due to the advantageous area ratio of surfaces.

Electrically non-conductive layer can prevent contact corrosion. They must be inserted where dangerous material combinations or area ratios cannot be avoided and electrolyte access cannot be excluded, e. g. when mounting aluminium claddings on supporting structures of galvanised steel at installations in the open.

Non-conductive layers are amongst others:

- plastic washers,
- plastic bands,
- bitumen coatings.

Contact corrosion can also be prevented through the prevention of an access of electrolytes to the contact point. This is achieved generally by correctly installed coatings.

In case of contact between the galvanised wire mesh of wired mats with e. g. aluminium claddings, contact corrosion may lead to a “de-galvanisation” of the wire mesh. This may lead to a visual impression of the meshes on the inside and if the case may be also on the outside of the aluminium cladding and to rust corrosion of the wire.

This can, however, be accepted since the aluminium cladding nevertheless guarantees the continuous operability of the insulation system. This is supported by frequent practical experience.

**Tabelle 2: Kontaktkorrosion bei Metallpaarungen**      **Table 2: Contact corrosion with metal combinations**

| Betrachteter Werkstoff<br><i>Material considered</i> |                                       | Partnerwerkstoff<br><i>Combined with</i>                                                                                                                            |           |                                                  |                     |                                                      |                         |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|-------------------------|
| Metall<br><i>Metal</i>                               | Flächenanteil<br><i>Surface ratio</i> | Zink<br><i>Zinc</i>                                                                                                                                                 | Aluminium | Stahl<br>ferritisch<br><i>Steel<br/>ferritic</i> | Blei<br><i>Lead</i> | Stahl<br>austenitisch<br><i>Steel<br/>austenitic</i> | Kupfer<br><i>Copper</i> |
| Zink<br><i>Zinc</i>                                  | klein<br><i>small</i>                 |                                                                                                                                                                     | +         | +                                                | ++                  | ++                                                   | ++                      |
|                                                      | groß<br><i>large</i>                  |                                                                                                                                                                     | —         | —                                                | —                   | —                                                    | —                       |
| Aluminium                                            | klein<br><i>small</i>                 | —                                                                                                                                                                   |           | —                                                | ++                  | ++                                                   | ++                      |
|                                                      | groß<br><i>large</i>                  | —                                                                                                                                                                   |           | —                                                | +                   | —                                                    | ++                      |
| Stahl<br>ferritisch<br><i>Steel<br/>ferritic</i>     | klein<br><i>small</i>                 | —                                                                                                                                                                   | —         |                                                  | ++                  | ++                                                   | ++                      |
|                                                      | groß<br><i>large</i>                  | —                                                                                                                                                                   | —         |                                                  | —                   | —                                                    | —                       |
| Blei<br><i>Lead</i>                                  | klein<br><i>small</i>                 | —                                                                                                                                                                   | —         | —                                                |                     | ++                                                   | ++                      |
|                                                      | groß<br><i>large</i>                  | —                                                                                                                                                                   | —         | —                                                |                     | +                                                    | +                       |
| Stahl<br>austenitisch<br><i>Steel<br/>austenitic</i> | klein<br><i>small</i>                 | —                                                                                                                                                                   | —         | —                                                | —                   |                                                      | +                       |
|                                                      | groß<br><i>large</i>                  | —                                                                                                                                                                   | —         | —                                                | —                   |                                                      | —                       |
| Kupfer<br><i>Copper</i>                              | klein<br><i>small</i>                 | —                                                                                                                                                                   | —         | —                                                | —                   | —                                                    |                         |
|                                                      | groß<br><i>large</i>                  | —                                                                                                                                                                   | —         | —                                                | —                   | —                                                    |                         |
| —                                                    |                                       | Geringe oder keine Korrosion am betrachteten Werkstoff<br><i>Minimum or no corrosion on the material considered</i>                                                 |           |                                                  |                     |                                                      |                         |
| +                                                    |                                       | Mäßige Korrosion am betrachteten Werkstoff, z. B. in sehr feuchter Atmosphäre<br><i>Moderate corrosion on the material considered, e. g. in very wet atmosphere</i> |           |                                                  |                     |                                                      |                         |
| ++                                                   |                                       | Starke Kontaktkorrosion am betrachteten Werkstoff<br><i>Severe contact corrosion on the material considered</i>                                                     |           |                                                  |                     |                                                      |                         |

Tabelle 2 bezeichnet die Korrosion des „betrachteten Werkstoffes“, nicht diejenige des „Partnerwerkstoffes“. „Klein“ bedeutet: „kleinflächig im Verhältnis zum Partnerwerkstoff“; „groß“ bedeutet: „großflächig im Verhältnis zum Partnerwerkstoff“.

**Beispiel 1:**

Betrachteter Werkstoff verzinkte Schraube in Partnerwerkstoff Ummantelung aus austenitischem Stahl: Zeile „Zink klein“; Spalte „Stahl austenitisch“: „++“ – starke Korrosion der Schraube.

**Beispiel 2:**

Betrachteter Werkstoff Ummantelung aus austenitischem Stahl wird mit Partnerwerkstoff verzinkte Schraube verschraubt: Zeile „Stahl austenitisch groß“; Spalte „Zink“: „-“ – der korrosive Angriff auf den austenitischen Stahl ist gering.

Table 2 indicates the corrosion of the “material considered”, not the corrosion of the “combined with” material. “Small” means: “small in relation to the material with which it is combined”; “large” means: “large in relation to the material with which it is combined”.

**Example 1:**

Material considered galvanised screw combined with cladding made of austenitic steel: line „Zink small“; column „Steel austenitic“: „++“ – severe corrosion of the screw.

**Example 2:**

Material considered cladding made of austenitic steel, fastened (combined) with galvanised screws: line „Steel austenitic large“; column „Zink“: „-“ – the corrosive damage of the austenitic steel is negligible.



#### 4 Eisenwerkstoffe

Niedrig- und unlegierte Stähle bilden keine korrosionshemmenden, passivierenden Deckschichten und müssen deshalb mit einer Beschichtung versehen werden, um sie vor Korrosion zu schützen.

Es werden verwendet:

- Zink,
- Chrom,
- Nickel,
- Aluminium,
- Lacke (in der Grundbeschichtung mit korrosionshemmenden Pigmenten),
- Kunststoffe.

Hinweise für die Auswahl von Korrosionsschutzsystemen findet man:

- DIN EN ISO 12944 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“,
- AGI Q 151 „Korrosionsschutz unter Isolierungen“.

Weiterhin gibt DIN 81249\*, Teile 2 bis 4, sowie die ISO 20340 Entscheidungshilfen für die Werkstoffauswahl und das Korrosionsverhalten, besonders in Seewasser und Seewasseratmosphäre.

Die zu schützenden Metalloberflächen müssen öl-, fett-, staub-, chlorid-, säurefrei und frei von jeglichen Verunreinigungen sein. Sie sind anzurauen.

Deshalb müssen Oberflächen vor dem Beschichten vorbereitet werden. Dies geschieht hauptsächlich durch:

- Strahlen,
- Bürsten,
- Schleifen.

Über Beschichtungssysteme erteilen die Farberhersteller Auskunft. Beschichtungen – sowohl Farben als auch Kunststoff-Überzüge – sind meist empfindlich gegen Beschädigungen. Selbst mikroskopisch kleine Beschädigungen können zur Unterrostung und zum Abplatzen der Schichten führen.

Eine Sonderstellung nehmen solche metallischen Beschichtungen ein, die mit zu schützenden Stahloberflächen an der Trennschicht eine Legierung bilden wie Feuerverzinkungen, Aluminierungen, Galvanisierungen:

- Untrennbare Verbindung mit dem Stahluntergrund durch Legierungsbildung der undurchlässigen metallischen Beschichtung mit dem Stahl.

#### 4 Iron materials (ferritic materials)

Low- and non-alloyed steels do not form a corrosion-resistant passivating layer and must therefore be protected against corrosion by a coating.

The following are used:

- zinc,
- chromium,
- nickel,
- aluminium,
- paints (with anti-corrosion additives in the primer),
- plastic material.

Advice on the choice of corrosion-prevention systems can be found in:

- DIN EN ISO 12944 “Corrosion protection of steel structures by protective paint systems“,
- AGI Q 151– “Corrosion protection under insulation“.

Additionally, DIN 81249\*, parts 2 through 4, and ISO 20340 help making decisions for the choice of materials and their behaviour under corrosion, especially in sea water and sea atmosphere.

The metal-surfaces to be protected shall be free of oil, grease, dust, chlorides, acid and any kind of contamination. They shall be roughened.

Therefore, prior to coating, the surfaces have to be prepared. This is mainly done by:

- blasting,
- brushing,
- grinding.

Paint manufacturers can provide information about coating systems. Coatings – both paints and plastic protective layers – are mostly susceptible to damage. Even microscopically small damages can lead to underfilm corrosion and the blistering of the protective layer.

Of special importance are those metallic coatings which form an alloy at the boundary with the steel surface to be protected, such as hot dip zinc coatings, aluminium coatings, galvanisations:

- Inseparable alloy formation of the impermeable metallic alloy with the steel surface to be protected. The layer is annealed to the steel surface.

\* „Korrosion von Metallen in Seewasser und Seeatmosphäre“  
\* „Corrosion of metals in sea water and sea atmosphere“

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Unterrostung solcher Deckschichten.</li> <li>- Ausbildung von "Zinkpatina" bei Verzinkungen. Dies ist eine wasserunlösliche Deckschicht (die jedoch eine begrenzte Lebensdauer hat, siehe Kapitel 5). Ausbildung ähnlicher Deckschichten bei Aluminierungen bzw. Alu-Zink-Beschichtungen.</li> <li>- Kathodische Schutzwirkung an Schnittkanten und an durch Bearbeitung auftretenden Verletzungen der metallischen Auflage.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- No underfilm corrosion of such layers.</li> <li>- Formation of a layer of „patinated zinc“ on zinc coatings. This is a water-insoluble protective layer (which, however, is of limited durability, see chapter 5). Development of similar protective layers with coatings of aluminium or aluminium-zinc.</li> <li>- Cathodic protection at cutting edges or at damages of the coating layer caused by processing.</li> </ul> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 5 Feuerverzinkter und Alu-Zink-beschichteter Stahl (DIN EN 10346:2009)

Die Feuerverzinkung von Stahlteilen ist als ein sehr zuverlässiger Korrosionsschutz bekannt. Diese Zuverlässigkeit beruht wesentlich auf der Bildung der Zinkpatina.

Die Zinkpatina ist eine passivierende Oxidschicht, die zu unterschiedlichen farblichen Schattierungen der Oberfläche führt. Diese sind jedoch kein Mangel, da die Funktion des feuerverzinkten Stahlblechs nicht beeinträchtigt wird. Die unterschiedliche farbliche Ausbildung stellt lediglich eine optische Beeinträchtigung dar.

Die Schutzwirkung der wasserunlöslichen Zinkpatina ist jedoch zeitlich begrenzt. Besonders am Meer und in Industriegebieten mit stark verunreinigter Atmosphäre wird sie angegriffen, weil die Patina durch das saure Regenwasser in lösliche Stoffe umgewandelt wird. Diese werden dann vom Regen aus- und abgewaschen.

Dadurch verbraucht sich die Zinkpatina nach und nach. Die Lebensdauer einer Zinkschicht hängt demnach ab:

- von der Schichtdicke,
- von der Art der umgebenden Luft,
- von der Häufigkeit von Niederschlägen,
- Fließgeschwindigkeit des Regenwassers.

Ausschlaggebend für die Haltbarkeit der Zinkschicht ist die Aggressivität der umgebenden Atmosphäre. In See- oder Industrieatmosphäre ist sie deutlich reduziert.

Verzinkte Stahlbleche für Dämmsysteme an betriebstechnischen Anlagen müssen nach DIN 4140 mindestens eine Zinkauflage von insgesamt 275 g/m<sup>2</sup> haben (beide Blechseiten zusammen). Dies entspräche einer beidseitigen Zinkschichtdicke von 20 µm. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Mindestschichtdicke von 15 µm auf der geringer beschichteten Seite vorhanden ist. Die Haltbarkeit der Schicht schwankt dann zwischen zwei und acht Jahren. Bei der Auflage von 350 g/m<sup>2</sup> kann sie bis zu zehn Jahren betragen.

## 5 Hot dip zinc coated and aluminium-zinc coated steel (DIN EN 10346:2009)

Hot dip zinc coating of steel components is known as a very reliable corrosion protection. The reliability rests predominantly on the formation of "patinated zinc".

The layer of „patinated zinc“ is a passivating oxid layer which may lead to different colour shades on the surface. These do not constitute a defect, since the functioning of the hot dip zinc coated steel sheets is not jeopardised. The variety of shades is only an imperfection in appearance.

The protective effect of the insoluble „patinated zinc“ is, however, limited. Especially near the sea and in industrial environments with severely polluted atmospheres, it is under attack since the zinc patina can be transformed into soluble materials by acid rain. These soluble materials are then washed out and away by rain.

This leads in time to the total consumption of the zinc patina. Consequently, the life cycle of the zinc layer is dependent upon:

- the thickness of the layer,
- the composition of the air,
- frequency of rain,
- flow velocity of rain water.

Decisive for the durability of the zinc layer is the aggressiveness of the ambient atmosphere. In marine or industrial atmospheres, it is notably reduced.

Galvanised steel sheets for insulation systems on technical installations must possess according to DIN 4140 a minimum zinc coating of 275 g/m<sup>2</sup> (both surfaces together). This would amount to identical zinc coating layers of 20 µm on either side of the steel. It may be assumed that a minimum coverage of 15 µm should be on the less well coated surface. The durability varies then between two and eight years. A coating of 350 g/m<sup>2</sup> can last up to ten years.

Tabelle 3 sowie die Abbildung 1 sind dem Merkblatt 110 des „Stahl-Informations-Zentrums“ entnommen und stellen den jährlichen Zinkabtrag in verschiedenen Atmosphären bzw. die Schutzdauer in Jahren für verschieden dicke Zinküberzüge dar.

Table 3 and Figure 1 have been taken from the Merkblatt 110 of the „Steel Information Centre“ and demonstrate the yearly decrease of the zinc layer in different atmospheres, respectively the protection value of different zinc layer thicknesses.

**Tabelle 3: Korrosionsgeschwindigkeit von Zinküberzügen in verschiedenen Atmosphären**

**Table 3: Rate of corrosion affecting zinc layers in different atmospheres**

|                                               | Jährlicher Zinkabtrag in $\mu\text{m}$<br>Decrease of zinc layer in $\mu\text{m}$ per year |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Landluft<br><i>Rural atmosphere</i>           | 1,0 bis / up to 3,4                                                                        |
| Seeluft<br><i>Marine atmosphere</i>           | 2,4 bis / up to 15,0                                                                       |
| Stadtluft<br><i>City atmosphere</i>           | 1,0 bis / up to 6,0                                                                        |
| Industrieluft<br><i>Industrial atmosphere</i> | 3,8 bis / up to 19,0                                                                       |

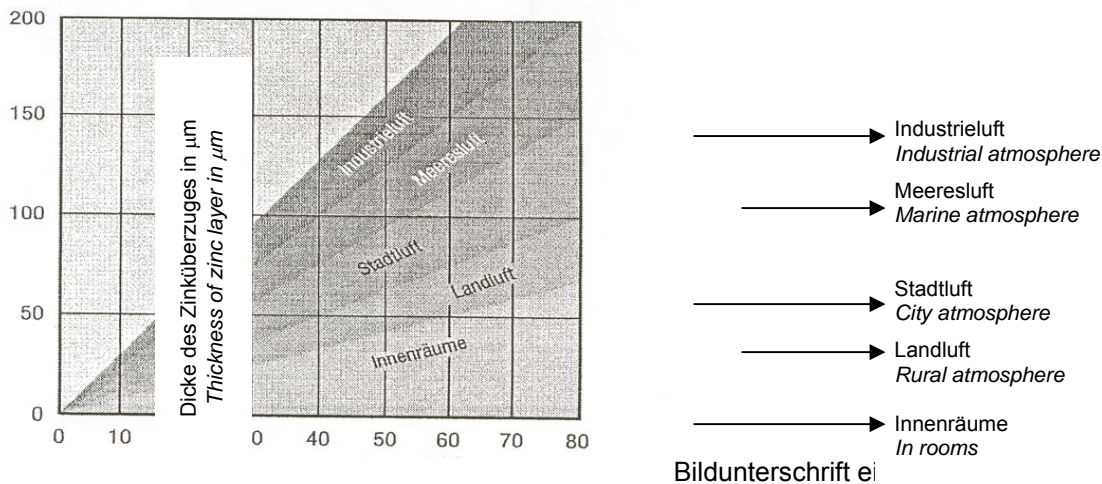


Abbildung 1 / Figure 1

**Darstellung des Zinkabtrages in  $\mu\text{m}$  in Abhängigkeit der Zeit (Jahre) für verschiedene Umgebungsbedingungen**

**Representation of the zinc layer decrease for different ambient conditions in  $\mu\text{m}$  dependent on time (in years)**

Verzinkte Teile sind empfindlich gegen Feuchtigkeit bei gleichzeitigem Luftabschluss. Dies gilt besonders für frische Verzinkungen. Es bildet sich dann keine Zinkpatina, sondern so genannter Weißrost ( $\text{ZnO}$ ), der zur Zerstörung der Zinkschicht führt.

Galvanised components are susceptible to moisture in the absence of air. This specifically applies to fresh galvanising. Then, no zinc patina is formed, but instead so-called white rust ( $\text{ZnO}$ ) which leads to the destruction of the zinc layer.

Eine Chromatierung (Transportbeschichtung) bietet einen kurzzeitigen Schutz vor Weißrost.

Chromating (shop primer) offers a short-term protection against white rust.

Verzinkte Bleche können nur dann gegen Weißrost geschützt werden, wenn Kondensatbildung an den kalten Metallflächen (besonders im Winter) verhindert wird. Es wird eine belüftete Lagerung in Gebäuden empfohlen.

Galvanised sheets can only be protected against white rust by preventing condensation on cold metal surfaces (especially in winter). Well aired stacking in buildings is recommended.

Bei geringfügigen Verletzungen der Zinkschicht und an Schnittkanten von Feinblechen sind verzinkte Teile weitgehend geschützt. Dieser Schutz ist jedoch nicht so dauerhaft wie der an den ungeschnittenen Flächen.

The galvanised parts are well protected against small damages of the zinc layer and on cutting edges of sheets. However, the protection is not as durable as on the uncut surfaces.

Die höchste Anwendungstemperatur bei verzinkten Blechen – z. B. als Abdeckblech bei Kompensatoren – beträgt etwa 400 °C, da ab dieser Temperatur in den Stahl hinein diffundierendes Zink zu einer Versprödung des Stahls führt. Alu-Zink-beschichtete Stahlbleche können bis etwa 315 °C eingesetzt werden.

The maximum service temperature for galvanised sheet – e. g. as cover sheet for compensators – is approximately 400 °C, since upward of this temperature zinc diffusing into the steel make the steel brittle. Aluminium-zinc-coated steel sheet may be employed up to approximately 315 °C.

Bei Drahtnetzmaten müssen Steppfäden und Drahtgeflecht, die mit Objekten aus nichtrostendem austenitischem Stahl in Berührung kommen aus nichtrostendem austenitischem Stahl bestehen.

The wire mesh and the quilting wire of wired mats, which come into contact with objects made of stainless austenitic steel, must consist of stainless austenitic steel.

Wenn das Drahtgeflecht oder der Steppdraht einer Temperatur von  $\geq 400$  °C ausgesetzt sind, müssen sie aus nichtrostendem austenitischem Stahl bestehen.

Where the wire mesh or quilting wire are exposed to a temperature  $\geq 400$  °C, they must consist of stainless austenitic steel..

Befestigungsmittel für verzinkte Stahlbleche sind verzinkt oder aus nichtrostendem austenitischem Stahl.

Fixings for galvanised steel sheet are galvanised or made of stainless austenitic steel.

Hinweise erteilen die Schriften der

Advice is given in the publications of the

Wirtschaftsvereinigung Stahl  
Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf  
Tel.: 0049 211/6707-344; E-Mail: [info@stahl-online.de](mailto:info@stahl-online.de)  
Internet: [www.stahl-online.de](http://www.stahl-online.de)

Bleche mit einem Korrosionsschutz aus einer Alu-Zink-Legierung gemäß DIN EN 10346:2009 (55 % Aluminium, 43,4 % Zink, 1,6 % Silizium, z. B. Handelsname Galvalume) haben unter neutralen und leicht sauren Einsatzbedingungen eine deutlich höhere Lebensdauer als Bleche mit einer Schicht aus reinem Zink.

Sheets with an anti-corrosion layer of an aluminium-zinc alloy according to DIN EN 10346:2009 (55% aluminium, 43,4% zinc, 1,6% silicon, e. g. trade name Galvalume) possess under neutral or slightly acid atmospheric conditions a significantly better durability than sheets with a coating of pure zinc.

Eine anders zusammengesetzte Alu-Zink-Legierung als Korrosionsschutzbeschichtung ist unter der Bezeichnung Zinkalume bekannt.

An anti-corrosion coating of another composition is known as Zinalume.

Alu-Zink-beschichtete Stahlbleche müssen mindestens eine Alu-Zink-Auflage von insgesamt 185 g/m<sup>2</sup> haben (beide Seiten zusammen). Dies entspräche einer beidseitigen Schichtdicke von 25 µm. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Mindestschichtdicke von 19 µm auf der weniger gut beschichteten Seite vorhanden ist.

Aluminium-zinc coated steel sheet must possess a minimum aluminium-zinc coverage of 185 g/m<sup>2</sup> (both surfaces together). This would amount to a coverage of 25 µm on either side of the steel. It may be assumed that a minimum coverage of 19 µm exists on the less well coated surface.

Durch eine zusätzliche Farb- oder Kunststoffbeschichtung kann die Lebensdauer von verzinkten oder Alu-Zink-beschichteten Oberflächen weiter erhöht werden.

Through an additional layer of paint or plastic, the durability of galvanised or aluminium-zinc coated surfaces can be further increased.

## 6 Nichtrostende austenitische Stähle

Nichtrostende austenitische Stähle (insbesondere nach DIN EN 10028-7) bilden mit Luftsauerstoff eine schützende Passivierungsschicht. Dies kann sich in unterschiedlichen Farbschattierungen ausbilden, was jedoch kein Mangel ist, sondern lediglich eine optische Beeinträchtigung darstellt, da die Funktion des nichtrostenden austenitischen Stahlblechs nicht beeinträchtigt wird.

Ohne Sauerstoff bildet sich diese Schicht nicht, es kann zum korrosiven Angriff kommen.

Die nichtrostenden austenitischen Stähle sind umso korrosionsbeständiger, je glatter die Oberfläche ist. Sie können jedoch durch Fremdrost angegriffen und zerstört werden.

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des DIBt<sup>1</sup>, Nr. Z-30.6-6 vom 20.04.2009 „Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen“ (Sonderdruck 862 des Informationszentrums Stahl) bezeichnet Fremdrost an austenitischen Stählen lediglich als „Schönheitsfehler“.

Fremdrost jedoch, der z. B. durch Benutzung von Sickenrollen, mit denen zuvor verzinkte Stahlbleche gesickt wurden, in die Oberfläche von austenitischen Stählen gepresst wird, kann zu einem Korrosionsschaden gemäß Kapitel 1 führen.

Zur Vermeidung von Fremdrost ist daher stets darauf zu achten, dass

- unlegierte und nichtrostende, austenitische Stähle nicht mit denselben Werkzeugen bearbeitet werden;
- ferritische Schweißspritzer nicht auf die Oberflächen nichtrostender austenitischer Stähle gelangen;
- ferritische Schleifspäne oder Eisenstaub von Oberflächen nichtrostender austenitischer Stähle ferngehalten werden.

„Schwarz-Weiß-Trennung“ bei Werkzeugbenutzung ist hierfür das Stichwort.

Die nichtrostenden austenitischen Stähle sind in der Regel empfindlich gegen halogenhaltige Lösungen. Dies sind Lösungen, die Chlor, Brom, Jod oder Fluor enthalten. Bei gleichzeitiger Zugspannung führen die Ionen dieser Halogene zu Spannungsrisskorrosion, durch die infolge Rissbildung Bauteile innerhalb kürzester Zeit zerstört werden können.

## 6 Stainless austenitic steels

Stainless austenitic steels (especially according to the standards EN 10028-7) form a passivating layer with oxygen from the air. This layer may develop in different shades of colour, which however do not constitute a defect since the functioning of the stainless austenitic steel sheet is not jeopardised. The variety of shades is only an imperfection in appearance.

Without oxygen, this layer is not formed and corrosive attack can occur.

The stainless austenitic steels are the better corrosion-resistant, the smoother the surface. However, they can be attacked by flash rust and be destroyed.

The general technical approval of DIBt<sup>1</sup>, No. Z-30.3-6 dated 20.04.2009 „Products, fastening elements and building components made of stainless steel“ (Sonderdruck 862 of the Steel Information Centre) calls flash rust at austenitic steel surfaces only an „aesthetic defect“.

Flash rust, however, which has been rubbed into the surfaces of austenitic steels by using swage rollers which before had been used to swage galvanised steel sheets may lead to corrosion damage as it is defined in chapter 1.

To avoid flash rust, therefore, the following principles shall be observed:

- unalloyed and stainless austenitic steels should never be treated with the same tools;
- ferritic welding spatters must not hit the surface of stainless austenitic steels;
- ferritic grind chippings or ferritic dust must be kept away from the surfaces of stainless austenitic steels.

„Black-white-division“ for tools is a catch phrase for this.

Stainless austenitic steels are generally susceptible against halogenic solutions. These are solutions containing chlorine, bromine, iodine or fluorine. With simultaneous tensile stress, the ions of these halogens lead to stress corrosion cracking, which may lead to very fast destruction of components through the formation of cracks.

<sup>1</sup> Deutsches Institut für Bautechnik, Kronenstr. 30, D-10929 Berlin, Tel. 0049 30/8730-320, E-Mail: [dibt@dibt.de](mailto:dibt@dibt.de), Internet: [www.dibt.de](http://www.dibt.de)

In öffentlichen Schwimmbädern, deren Luft wegen des gechlorten Wassers Chloridionen enthält und bei denen Sonneneinstrahlung für erhöhte Dachtemperaturen verantwortlich war, ist es infolge Spannungsrisskorrosion mehrfach zu schweren Schäden an den Stahlhängungen der Schwimmbaddecken gekommen.

Spannungsrisskorrosion tritt bei nichtrostenden austenitischen Stählen auf, wenn die folgenden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- Zugspannungen: dies können bereits herstellungsbedingte Eigenspannungen sein.
- Vorhandensein von insbesondere Chloridionen.
- Feuchte.
- Temperaturen  $> 60\text{ °C}$ , auch wenn diese nur kurzfristig auftreten.

Wenn das Zusammentreffen der o. g. Faktoren nicht ausgeschlossen werden kann, kann auch an Objekten aus nichtrostenden austenitischen Stählen ein Korrosionsschutz erforderlich sein. Sie benötigen jedoch dann keinen Korrosionsschutz, wenn eine Temperatur von über  $60\text{ °C}$  niemals – auch nicht kurzfristig – überschritten wird.

Als Korrosionsschutz kommen Beschichtungssysteme gemäß Tabelle 5 in Frage. Beschichtungssysteme, die metallisches Zink oder Aluminium enthalten, dürfen nicht verwendet werden. Die Oberflächen müssen vor der Beschichtung gereinigt werden und fett-, staub- und säurefrei sein. Sie sollten durch Strahlbehandlung mit eisenfreien, nichtmetallischen Strahlmitteln, z. B. Glasperlen, angeraut werden. Dabei ist eine mittlere Rautiefe  $R_z > 20\text{ }\mu\text{m}$  je nach Herstellervorschrift der eingesetzten Beschichtungssysteme zu erzielen.

Enge Spalte sind besonders bei Konstruktionen aus nichtrostenden austenitischen Stählen zu vermeiden, da hier der Sauerstoffzutritt behindert werden kann (Spaltkorrosion). Dies kann z. B. durch Dichtschweißen geschehen. Bei Schweißungen an rostfreien Stählen ist auf geeignete Schweißzusatzstoffe zu achten.

Schweißungen führen zu Gefügeumwandlungen im Bereich der Schweißnaht und zur Zerstörung vorhandener Passivierungsschichten. Vor allem in saurer Umgebung besteht dann Korrosionsgefahr. Daher müssen zerstörte Passivierungsschichten wieder hergestellt werden. Anlauffarben und Schweißspritzer müssen hierzu nach dem Schweißen entfernt werden. Dies kann geschehen mit Hilfe von:

- Bürsten aus nichtrostendem Draht, auch Messing, Kupfer,
- eisenoxidfreien Schleifscheiben,
- Beizlösungen oder Beizpasten.

In public swimming pools, where the air contains chloride ions because of the chlorine-treated water, and where through solar radiation an elevated roof temperature occurred, stress corrosion cracking has several times led to heavy damage at the steel hangers of the suspended swimming pool ceilings.

Stress corrosion cracking occurs with stainless austenitic steel if the following conditions combine:

- Tensile stress: this can already be caused by production-related internal tensions.
- The presence of, especially, chloride ions.
- Moisture.
- Temperatures  $> 60\text{ °C}$ : even if these occur only for short periods.

Where the combination of the a. m. factors cannot be excluded, even objects made of stainless austenitic steels may require an anti-corrosion-protective treatment where a temperature of  $60\text{ °C}$  is never – not even very briefly – exceeded.

Table 5 contains possible corrosion protection systems. Coating systems containing metallic zinc or aluminium must not be used. The surface must be cleaned prior to the application of the coating and be free of fat, dust and acids. They should be subjected to abrasive cleaning with non-metallic blasting agents which are free of ferritic components, e. g. glass pearls. An average depth of roughness  $R_z > 20\text{ }\mu\text{m}$  shall be achieved dependent upon the manufacturer's manual of the coating system employed.

Narrow gaps must be avoided, especially with constructions made of stainless austenitic steel, since here the oxygen access is limited (crevice corrosion). This can be achieved e. g. by welding. The appropriate welding additives must be taken care of when welding stainless steels.

Welding leads to structural changes in the vicinity of the welded seam and damages in existing passivating layers. Especially in an acid environment, this leads to risk of corrosion. Destroyed passivating layers must therefore be renewed. As a prerequisite, welding colours and welding splashes must be removed after completion of the welding. This can be done with the aid of:

- brushes of stainless steel wire, also brass, copper,
- grinding discs free of iron oxides,
- pickle solutions or pickle pasts.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bei der Anwendung von Beizlösungen oder Beizpasten sind die Herstellerangaben einzuhalten!                                                                                                                                                                                                                                                       | When employing mordant solutions or mordant plasts, manufacturer's recommendations must be heeded!                                                                                                                                                                                                |
| Verbindungselemente wie Schrauben, Nieten und Spannbänder müssen ebenfalls aus nichtrostendem austenitischem Stahl sein.                                                                                                                                                                                                                         | Fixings such as screws, rivets and bands must also be of stainless austenitic steel.                                                                                                                                                                                                              |
| Ausführliche Hinweise über Eigenschaften von nichtrostenden Stählen findet man in den Schriften der:                                                                                                                                                                                                                                             | Extensive advice about the quality of stainless austenitic steel can be found in the publications of:                                                                                                                                                                                             |
| <p>Informationsstelle Edelstahl Rostfrei<br/> Sohnstraße 65, D-40237 Düsseldorf<br/> Tel. 0049 211/6707-835; E-Mail: <a href="mailto:info@edelstahl-rostfrei.de">info@edelstahl-rostfrei.de</a><br/> Internet: <a href="http://www.edelstahl-rostfrei.de">www.edelstahl-rostfrei.de</a></p>                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Einzeltitel siehe Literaturverzeichnis                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Individual titles see literature.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Weitere Angaben zu den technischen Lieferbedingungen finden sich z. B. in DIN EN 10088:2012-01 „Nichtrostende Stähle; Technische Lieferbedingungen ...“.                                                                                                                                                                                         | Additional information can be found e. g. in DIN EN 10088:2012-01 “Stainless steels; Technical supply conditions ...”.                                                                                                                                                                            |
| <b>7 Aluminium (DIN EN 573-3; DIN EN 485-1)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>7 Aluminium (DIN EN 573-3; DIN EN 485-1)</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Aluminium überzieht sich ebenso wie Zink oder nichtrostender austenitischer Stahl an der Luft mit einer dichten, passivierenden Oxidschicht. Wird diese mechanisch verletzt oder durch Beizen entfernt, tritt spontan eine Neubildung ein, wenn Sauerstoff vorhanden ist.                                                                        | Aluminium covers itself with a tight, passivating oxide layer in the open air in a similar manner as zinc or stainless austenitic steel. If this is mechanically damaged or removed with pickling, a spontaneous re-formation occurs when oxygen is present.                                      |
| Die passivierende Oxidschicht der blanken Aluminiumoberfläche kann unterschiedliche Schattierungen zur Folge haben, die jedoch kein Mangel sind, da die Funktion des Aluminiumblechs nicht beeinträchtigt wird. Die unterschiedliche farbliche Ausbildung dieser passivierenden Oxidschicht stellt lediglich eine optische Beeinträchtigung dar. | The passivating oxide layer on the bright aluminium surface may lead to different shades of grey, which do not constitute a defect, since the functioning of the aluminium sheet is not jeopardised. The variety of shades of this passivating oxide layer is only an imperfection in appearance. |
| (DIN EN 485-1: „Aluminium und Aluminiumlegierungen, Bänder, Bleche und Platten, technische Lieferbedingungen“, Abschnitt 5.5)                                                                                                                                                                                                                    | (DIN EN 485-1: „Aluminium and aluminium alloys, bands, sheets and boards, technical supply conditions“, chapter 5.5)                                                                                                                                                                              |
| Diese Oxidschicht bewirkt einen sicheren Schutz des darunter liegenden Metalls vor weiterer Oxidation und ist die Ursache für die Witterungsbeständigkeit und Beständigkeit gegenüber einer großen Anzahl anorganischer und organischer Stoffe.                                                                                                  | This oxide layer provides a secure protection of the metal under it from further oxidation and is also the reason for the weather resistance and durability as opposed to a larger number of inorganic and organic substances.                                                                    |
| Deshalb widersteht Aluminium selbst einer aggressiven Industriatmosphäre, solange sie trocken ist. Bei hoher Luftfeuchte und starken Temperaturwechseln kondensieren aber auf der Aluminiumoberfläche Tauwassertropfen, in denen sich Gase und Salze lösen.                                                                                      | This is why aluminium even resists aggressive industrial atmospheres as long as they are dry. With high relative humidities and large temperature changes, dew drops condense on the aluminium surface in which gases and salts can dissolve.                                                     |

Bei ausreichend langer Verweilzeit solcher Tauwassertropfen werden die Oxidschicht und das darunter liegende Aluminium punktförmig angegriffen. Das in Lösung gegangene Aluminium reagiert weiter zu Aluminium-Hydroxid ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), das die Angriffsstellen zunächst in Form von weißlichen Ausblühungen markiert.

Durch Einschluss von Staub und Ruß bildet sich daraus eine hell- bzw. dunkelgraue Deckschicht. Mit wachsender Deckschicht verlangsamt sich der Angriff und kommt schließlich praktisch zum Stillstand.

Erfolgt dieser korrosive Angriff z. B. unter Einfluss von Feuchte und Salz bei weitgehendem Luftabschluss – Transport und Lagerung von Tafelware oder Coils –, so kann er großflächig auftreten und zu ernsthaften Schäden führen. Das Erscheinungsbild ist demjenigen des „Weißrost“ bei verzinkten Blechen ähnlich. Dieser korrosive Angriff kommt nicht von allein zum Stillstand.

Die natürliche Oxidschicht gewährt nicht in allen Fällen ausreichenden Schutz gegenüber Korrosionsbeanspruchungen. Durch Eloxieren kann die Deckschicht verstärkt werden.

Bei dauerndem Kontakt mit Seewasseratmosphäre werden Aluminiumlegierungen unterschiedlich stark angegriffen. Eine Reihe von magnesium- und siliziumhaltigen Aluminiumlegierungen gelten als seewassergeeignet, dazu gehören  $\text{AlMg}_3$ ,  $\text{AlMg}_2\text{Mn}_{0,8}$ . Reinaluminium –  $\text{Al}_{99,5}$  – ist nicht seewassergeeignet.

Legierungen, die in der Dämmtechnik eingesetzt werden, sind in der DIN 4140 angegeben.

Beton und Putz in feuchtem Zustand – besonders nicht abgebundene Zemente – ätzen Aluminium an. Hier ist eine Trennung oder Zwischenlage unbedingt erforderlich.

Verbindungsmittel für Aluminiumbleche müssen aus nichtrostendem austenitischem Stahl oder Aluminium bestehen.

Ähnlich wie die korrosionsgeschützten Stahlbleche mit Zink- oder Aluminium-Zink-Überzug werden auch aluminierete Stahlbleche angeboten, die die Oberflächeneigenschaften von Aluminium mit der Stabilität von Stahlblechen vereinigen. Diese Bleche sind jedoch nicht genormt.

Weitere Informationen zu Aluminium und Aluminiumlegierungen finden sich in DIN EN 573:

Teil 1: Numerisches Bezeichnungssystem  
 Teil 2: Bezeichnungssystem mit chemischen Symbolen  
 Teil 3: Chemische Zusammensetzung und Erzeugnisformen

If these dew drops stay long enough on the surface, the oxide layer and the aluminium under it are attacked at these points. The aluminium is converted to aluminium hydroxide ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), which marks the places of such corrosive attacks in the form of blossoms.

If dust and soot is present, a light-, respectively dark-grey covering layer is formed. As this layer thickens, the corrosive attack finally is halted.

In case this corrosive attack occurs e. g. under the influence of moisture and salt and in the absence of air – transportation and stockpiling of metal sheets or coils – it can affect large surfaces and lead to serious damage. The outward appearance is similar to that of “white rust” at galvanised sheets. This corrosive attack does not stop on its own account.

The natural oxide layer does not provide sufficient protection against corrosive attack in every case. Through anodisation, the protective layer can be increased.

In permanent contact with sea water atmosphere, aluminium alloys are differently susceptible to corrosive attack. A number of magnesium- or silicon-containing aluminium alloys are, however, considered as sea-water-compatible. Amongst these are  $\text{AlMg}_3$ ,  $\text{AlMg}_2\text{Mn}_{0,8}$ . Pure aluminium –  $\text{Al}_{99,5}$  – is unfit for use in sea water.

Alloys, which are used for insulations are given in DIN 4140.

Wet concrete and plaster – especially unset cements – eat into aluminium. In this case, a barrier by coating or intermediate layer is absolutely needed.

Fixing means for aluminium sheets must be of stainless austenitic steel or aluminium.

Similar to corrosion-protected steel sheets with zinc or aluminium-zinc coatings, aluminised steel sheets are on the market which combine the surface properties of aluminium with the stability of the steel sheet. These sheets, however, are not standardised.

More information regarding aluminium and aluminium alloys are found in DIN EN 573:

Part 1: Numerical denomination system  
 Part 2: Denomination system with chemical symbols  
 Part 3: Chemical composition and forms of supply



Teil 5: Bezeichnung von genormten Knetzeugnissen

Part 5: Denomination for standardised wrought products

## 8 Korrosionsschutz von gedämmten Objekten

## 8 Corrosion protection of insulated objects

Die nachstehenden Korrosionsschutzempfehlungen gelten für Oberflächen betriebstechnischer Anlagen, die gedämmt sind.

The corrosion protection recommendations below apply to the surface of industrial installations which are insulated.

### Nichtrostender austenitischer Stahl

### Austenitic Stainless Steel (SS)

Chloridionen in Verbindung mit Feuchte und Betriebstemperaturen < 60 °C bis ca. 200 °C, bei intermittierendem Betrieb bis ca. 600 °C, können zu Spannungsrisskorrosion / Lochkorrosion führen. Für Mineralwolle-Dämmstoffe ist im AGI-Arbeitsblatt Q 132 ein Grenzwert für den Chloridgehalt im Lieferzustand festgelegt. Bei Verwendung anderer Dämmstoffe ist die Problematik des Chloridgehaltes ebenfalls zu berücksichtigen.

Chloride-ions in combination with moisture and operating temperatures > 60 °C up to 200 °C, at intermittent service up to app. 600 °C can cause stress-corrosion cracking / pitting. In AGI- Working Document Q 132 a limit value of chloride-ion-content for mineral-wool insulants has been fixed for the delivery condition. The problem of chloride-ion-content shall also be considered for the use of other insulation materials.

Eine erhöhte Konzentration von Chloriden in Dämmstoffen ist von unterschiedlichen Faktoren wie Transport, Lagerung, Verarbeitung und umgebender Atmosphäre usw. abhängig. Nichtrostende austenitische Stähle sollten daher immer einen Korrosionsschutz erhalten. Beschichtungssysteme, die metallisches Zink enthalten, dürfen nicht verwendet werden. Zinkphosphat als Pigment in Grundbeschichtungen ist zulässig.

An increased concentration of chlorides in insulation materials depends on several factors like transport, storage, application and ambient conditions etc. SS should therefore always get a corrosion protective coating. Paint systems containing metallic zinc must not be used. Zinc phosphate as a pigment in prime coats is acceptable

Wegen der vielen verschiedenen Sorten von nichtrostenden austenitischen Stählen mit sehr unterschiedlichen Belastbarkeiten muss in jedem einzelnen Anwendungsfall die Korrosionsbeständigkeit geprüft und mit den Bedingungen des Einsatzes bzw. des Betriebes verglichen werden. Nur so kann entschieden werden, ob Korrosionsschutz erforderlich ist.

Because of the many different types of stainless austenitic steels with very different stress capacities, the corrosion resistance must be checked in each individual application case and be compared with the conditions of the employment, respectively the operation. Only thus, a decision regarding the requirement of corrosion protection can be made.

### Niedrig- bzw. unlegierte Stähle

### Low-alloy, respectively unalloyed steel

Diese Stähle benötigen im Allgemeinen einen Korrosionsschutz.

These steels generally require corrosion protection.

### Keinen Korrosionsschutz benötigen:

### No corrosion protection is requirede at:

- Kontinuierliche bei unter -20 °C betriebene Anlagen
- Isolierte Oberflächen von Kraftwerkskomponenten wie Kesseldruckteile, Rauchgas- und Heißluftkanäle, Dampfleitungssysteme mit Betriebstemperaturen, die ständig unter 120 °C liegen
- Bauteile aus nicht rostendem austenitischem Stahl, wenn sie im Temperaturbereich unter +20 °C betrieben werden, in Stillstandszeiten lediglich Umgebungstemperaturen (max. 35 °C) annehmen können und nicht mit warmen Medien gespült werden.

- Plants continuously operated below -20 °C
- Insulated surfaced of power-plant-components like pressure vessels, flue-gas ducts, steam-piping continuously operating at temperatures above 120 °C
- Components made of SS, if operated in a temperature range below +20 °C, if only reaching ambient temperature (max 35 °C) during shut down periods and if never cleaned with warm media.

- Werden Anlagen kontinuierlich in Temperaturbereichen betrieben, die den Verzicht auf Korrosionsschutz erlauben, so ist insbesondere im Bereich von anlagenbedingten Wärmebrücken (Halterungen, Auflager) zu prüfen, ob einzelne Teile der Anlage den „unkritischen“ Temperaturbereich verlassen, **so dass hier Korrosionsschutz erforderlich wird.**

Ab DIN 4140:2008 wurde die frühere unbedingte Forderung nach Korrosionsschutz bei PUR-Ortschaum-gedämmten Objekten nicht aufrecht erhalten, weil unter einer Temperatur von 0 °C keine Korrosionsgefahr besteht. Andererseits muss stets die Notwendigkeit eines Korrosionsschutzes geprüft werden, wenn die Anlage diesen Temperaturbereich – und sei es nur gelegentlich – verlässt.

Das AGI-Arbeitsblatt Q 151:2013 fasst einige Korrosionsschutzsysteme für unlegierte /niedriglegierte Stähle und für nichtrostende austenitische Stähle in zwei Tabellen zusammen. Sie sind hier als Tabellen 4 und 5 übernommen.

Da die Norm DIN EN ISO 12944 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme und Überzüge“ keine Aussagen über den Korrosionsschutz unter Dämmsystemen macht, sind die Empfehlungen aus der AGI Q 151:2013 als eine Ergänzung zur DIN EN ISO 12944 zu betrachten.

Bei gedämmten Objekten werden zwei Schichten gemäß der Tabellen 4 bis 6 als ausreichend angesehen. DIN EN ISO 12944 sieht in der Regel drei Schichten vor.

Es wird empfohlen, zumindest die Grundbeschichtung entsprechend den Tabellen 4 bis 6 vor der Montage des Objektes aufzubringen. Shopprimer oder Fertigungsbeschichtungen – auch Transportbeschichtungen genannt – gelten wegen ihrer geringen Schichtdicke nicht als Grundbeschichtung gemäß Tabellen 4 bis 6.

In Fällen, in denen eine Oberflächenvorbereitung gemäß Tabellen 4 bis 6 nicht möglich ist, muss davon ausgegangen werden, dass der Shopprimer auf der zu schützenden Oberfläche verbleibt. Die Grundbeschichtung muss dann auf die Zusammensetzung des Shopprimers abgestimmt werden.

Anmerkung: Bei der Isolierung von Objekten aus nichtrostenden austenitischen Stählen ist auf die Verwendung von Dämmstoffen mit niedrigem Chloridgehalt zu achten; bei Mineralwolle AS-Qualität.

- Where installations are continuously operated in temperature ranges allowing for the renunciation of corrosion protection, it must be checked especially in the area of installation-related thermal bridges (pipe hangers, supports) whether individual parts of the installation leave the „uncritical“ temperature range, **so that here corrosion protection is required.**

From DIN 4140:2008, the earlier absolute demand for corrosion protection at PUR in-situ foam insulated objects was not maintained, since below a temperature of 0 °C no corrosion danger exists. On the other hand, the necessity of corrosion protection must always be checked if the installation leaves this temperature range – even if only occasionally.

The AGI working document Q 151:2013 summarises some anti-corrosion systems for unalloyed, respectively low-alloyed steels and for stainless austenitic steels into two tables. They are copied below as Tables 4 and 5.

Since the standard DIN EN ISO 12944 „Corrosion protection of steel constructions by protective paint systems“ does not contain any advice regarding the corrosion protection under insulation systems, the recommendations given in AGI Q 151:2013 are to be considered a supplement to DIN EN ISO 12944.

With insulated objects, two layers according to Tables 4 to 6 are considered sufficient. DIN EN ISO 12944 envisages as a standard execution three layers.

It is recommended that at least the priming coating according to Tables 4 to 6 should be applied prior to the assembly of the object. Shop primers or manufacturing coatings – also called transportation layers – are not considered as priming coating according to Tables 4 to 6. because of their low thickness.

In cases where a surface preparation according to Tables 4 to 6 is not possible, it must be assumed that the shop primer remains on the surface to be protected. In these cases, the primer coating must be made compatible to the composition of the shop primer.

Note: When insulating objects made of stainless austenitic steel, insulation materials of low chloride ion content shall be employed; for mineral wool it is AS quality.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> AS stands for Austenitic Steel; MW of this quality is considered fit for use on stainless austenitic steel components.

**Tabelle 4: Korrosionsschutzsysteme für unlegierte / niedriglegierte Stähle**
**Table 4: Anti-corrosion systems for non-alloyed / low-alloyed steels**

| Beschichtungssysteme für unlegierte/niedrig legierte Stähle / Paint-systems for carbon and low-alloy steels                                                                                                                         |                                              |                                                                                                           |                                            |                                                       |                                 |                                                       |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Betriebstemperatur<br>Operating temperature                                                                                                                                                                                         | Beschichtungs-System Nr.<br>Paint-system No. | Oberflächen-Vorbereitung gem. DIN EN ISO 12944-4/SSPC Surface preparation acc.to DIN EN ISO 12944-4/ SSPC | Grundbeschichtung<br>Prime coat            |                                                       | Deckbeschichtung<br>Sealer coat |                                                       | Gesamtsystem<br>Complete system |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                              |                                                                                                           | Typ<br>Type                                | Soilschichtdicke<br>Nominal dry film thickness (NDFT) | Typ<br>Type                     | Soilschichtdicke<br>Nominal dry film thickness (NDFT) |                                 |
| -20 °C ≤ θ ≤ +150 °C                                                                                                                                                                                                                | 1.1                                          | Sa 2 ½ <sup>1)</sup><br>SSPC-SP10 <sup>1)</sup>                                                           | EP-Zn(R)<br>Epoxy-Zn(R)                    | 80 µm                                                 | EP-EG<br>Epoxy-MIO              | 80 µm                                                 | 160 µm                          |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 1.2                                          | Sa 2 ½ <sup>1)</sup><br>SSPC-SP10 <sup>1)</sup>                                                           | PUR-Zn(R)<br>PUR-Zn(R)                     | 80 µm                                                 | PUR-EG<br>PUR-MIO               | 80 µm                                                 | 160 µm                          |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 1.3                                          | Sa 2 ½ <sup>1)</sup><br>SSPC-SP10 <sup>1)</sup>                                                           | ESI                                        | 60 µm                                                 | EP-EG<br>Epoxy-MIO              | 80 µm                                                 | 140 µm                          |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 1.4                                          | Sa 2 ½ <sup>1)</sup><br>SSPC-SP10 <sup>1)</sup>                                                           | EP                                         | 80 µm                                                 | EP                              | 80 µm                                                 | 160 µm                          |
| +150 °C ≤ θ ≤ +200 °C                                                                                                                                                                                                               | 1.5                                          | Sa 2 ½ <sup>1)</sup><br>SSPC-SP10 <sup>1)</sup>                                                           | ESI                                        | 60 µm                                                 | SI-AY                           | 2 x 30 µm                                             | 120 µm                          |
| +200 °C ≤ θ ≤ +400 °C                                                                                                                                                                                                               | 1.6                                          | Sa 2 ½ <sup>1)</sup><br>SSPC-SP10 <sup>1)</sup>                                                           | ESI                                        | 60 µm                                                 | SI-AI                           | 2 x 30 µm                                             | 120 µm                          |
| Reparatur-/Instandhaltungs-Beschichtung<br>Maintenance-System<br>-20 °C ≤ θ ≤ +150 °C                                                                                                                                               | 1.7                                          | S13, PMA<br>SSPC SP-3                                                                                     | EP oberfl.-tolerant<br>EP surface-tolerant | 80 µm                                                 | EP                              | 80 µm                                                 | 160 µm                          |
| Beschichtungssysteme für unlegierte/niedrig legierte Stähle, bei periodisch wechselnden Temperaturen und hochkorrosiver Atmosphäre<br>Paint-systems for carbon steel at periodic changing temperature and high corrosive atmosphere |                                              |                                                                                                           |                                            |                                                       |                                 |                                                       |                                 |
| -20 °C ≤ θ ≤ +200 °C                                                                                                                                                                                                                | 1.8                                          | Sa 2 ½ <sup>1)</sup><br>SSPC-SP10 <sup>1)</sup>                                                           | EP Phenolharz<br>EP phenolic               | 100 µm                                                | EP Phenolharz<br>EP phenolic    | 100 µm                                                | 200 µm                          |
| -20 °C ≤ θ ≤ +600 °C                                                                                                                                                                                                                | 1.9                                          | Sa 2 ½ <sup>1)</sup><br>SSPC-SP10 <sup>1)</sup>                                                           | CSA                                        | 150 µm                                                |                                 | 50 µm                                                 | 200 µm                          |

**Tabelle 5: Korrosionsschutzsysteme für nichtrostende austenitische Stähle**
**Table 5: Anti-corrosion systems for stainless austenitic steels**

| Beschichtungssysteme für nichtrostende austenitische Stähle / Paint systems for austenitic stainless steel |     |                                  |       |       |       |       |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| -20 °C ≤ θ ≤ +150 °C                                                                                       | 2.1 | Sweep-Strahlen<br>sweep-blasting | EP    | 80 µm | EP    | 80 µm | 160 µm |
|                                                                                                            | 2.2 | Sweep-Strahlen<br>sweep-blasting | PUR   | 80 µm | PUR   | 80 µm | 160 µm |
| +150 °C ≤ θ ≤ +200 °C                                                                                      | 2.3 | Sweep-Strahlen<br>sweep-blasting | SI-AY | 30 µm | SI-AY | 30 µm | 60 µm  |
| +200 °C ≤ θ ≤ +400 °C                                                                                      | 2.4 | Sweep-Strahlen<br>sweep-blasting | SI-AI | 30 µm | SI-AI | 30 µm | 60 µm  |

<sup>1)</sup> Anmerkung / Note: Kann nicht gestrahlt werden, so sind andere Beschichtungssysteme einzusetzen. Der Korrosionsschutz ist reduziert! / If blasting is not possible, other paint-systems shall be used. The corrosion protection is reduced!

CSA: Cold Sprayed Aluminium; Titanmodifiziertes anorganisches Copolymer mit metallischem Aluminium pigmentiert / Titanium modified inorganic copolymer, pigmented with metallic aluminium  
 EP: Epoxid Bindemittel / Epoxy Binder  
 ESI: Ethylsilikat mit Zinkstaub / Inorganic zinc-silicate  
 PUR: Polyurethan-Bindemittel / Polyurethane Binder  
 SI-AY: Silikon-Acryl-Bindemittel / Silicone-Acrylic-binder  
 SI-AI: Silikon-Bindemittel mit Aluminiumpigmentierung / Silicone Binder, aluminium pigmented  
 (Zn): Zinkstaub (Zinkanteil > 80 %) / Zinc-rich (content > 80 %)  
 (EG): Eisenglimmer pigmentiert / Micaceous iron oxide (MIO) pigmented  
 SSPC: Steel Structure Painting Council

**Tabelle 6: Beschichtungssysteme für unlegierte/niedrig legierte Stähle in hochkorrosiver Atmosphäre, z.B. Offshore**

**Table 6: Paint systems for carbon-steel in high corrosive atmosphere, e.g. offshore**

| Beschichtungssysteme für unlegierte/niedrig legierte Stähle in hochkorrosiver Atmosphäre, z.B. Offshore / Paint-systems for carbon-steel in high corrosive atmosphere, e.g. offshore |                                              |                                                                                                                    |                                 |                                                       |                                 |                                                       |                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Betriebstemperatur<br>Operating temperature                                                                                                                                          | Beschichtungs-System Nr.<br>Paint-system No. | Oberflächen-Vorbereitung gemäß<br>DIN EN ISO 12944-4/SSPC<br>Surface preparation acc.to<br>DIN EN ISO 12944-4/SSPC | Grundbeschichtung<br>Prime coat |                                                       | Deckbeschichtung<br>Sealer coat |                                                       | Gesamtsystem<br>Complete system                             |
|                                                                                                                                                                                      |                                              |                                                                                                                    | Typ<br>Type                     | Sollschichtdicke<br>Nominal dry film thickness (NDFT) | Typ<br>Type                     | Sollschichtdicke<br>Nominal dry film thickness (NDFT) | Sollschichtdicke<br>Total nominal dry film thickness (NDFT) |
| -20 °C ≤ $\vartheta$ ≤ +150 °C                                                                                                                                                       | 3.1                                          | Sa 3<br>SSPC SP5                                                                                                   | TSA                             | 200 µm                                                | EP                              | 60 µm                                                 | 260 µm                                                      |
| +150 °C ≤ $\vartheta$ ≤ +200 °C                                                                                                                                                      | 3.2                                          | Sa 3<br>SSPC SP5                                                                                                   | TSA                             | 200 µm                                                | SI-AY                           | 2 x 30 µm                                             | 260 µm                                                      |
| +200 °C ≤ $\vartheta$ ≤ +600 °C                                                                                                                                                      | 3.3                                          | Sa 3<br>SSPC 5                                                                                                     | TSA                             | 200 µm                                                | SI-AI                           | 2 x 30 µm                                             | 260 µm                                                      |

Dieser Technische Brief stellt eine pauschale Sachverhaltsdiskussion dar, die eine technische bzw. bauphysikalische Bewertung eines Einzelfalls nicht ersetzt. Er ist das Ergebnis einer Arbeit des Technischen Ausschusses der BFA WKSB und gibt eine Information zum Stand der Technik zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Eine Haftung für trotz aller Sorgfalt mögliche Fehler wird nicht übernommen.

This Technical Letter provides a general discussion of the technical issues mentioned therein. It does not replace detailed calculations and assessments of prevailing physical conditions in complicated building tasks. It is a publication of the Technical Commission of the BFA WKSB and gives information about the status of technology at the moment of publication. Despite all circumspection employed in the editing work, a liability for possible mistakes cannot be accepted.

**An diesem Technischen Brief haben mitgearbeitet:**

**This Technical Letter was edited by the following gentlemen:**

- Peter Bernhoff
- Helmut Bramann
- Stefan Debold
- Bernd-Jürgen Deyle
- Theodor Haack
- Gerd Gollenstede
- Dr. Günther Kasperek
- Sascha Leschzyk
- Thomas Ortlieb
- Andreas Regel
- Walter Riering
- Roland Schreiner
- Joachim Weber

## Bestellformular

### TECHNISCHE BRIEFE

der BFA Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz  
im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.  
10898 Berlin

**Fax: 0 30 / 2 12 86-246**

**E-Mail: [bfa.wksb@bauindustrie.de](mailto:bfa.wksb@bauindustrie.de)**

Das Bestellformular mit allen aktuellen Ausgaben  
technischer und kaufmännischer Briefe der BFA  
WKSB ist im Internet abrufbar unter  
[www.bauindustrie.de/wksb](http://www.bauindustrie.de/wksb)

- ..... [Stück] **Nr. 1 "Thermische Probleme an Versteifungen bei großdimensionierten, warmgehenden Objekten – *Problems of thermal stress in metal reinforcements of large-dimensional objects with elevated service temperatures*", (August 2014, 5. überarbeitete Auflage)**
- **Nr. 2 "Was ist bei FCKW-freien PUR-Ortschäumen zu beachten?" (zurückgezogen)**
- ..... [Stück] **Nr. 3 "Die Verhinderung von Korrosion – *Prevention of metal corrosion*", (August 2014, 6. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 4 "Arbeitsblatt: Aufmaßsystem für Isolierungen", (Mai 1999, 3. Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 5 "Zur Problematik der Gewährleistung von Oberflächentemperaturen – *Problems associated with the warranty of specified surface temperatures*", (Juli 2009, 3. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 6 "Hohe Rentabilität bei umweltgerechten Isolierschichtdicken – *High profitability through ecologically based insulation thicknesses*", (Oktober 2008, 3. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 7 "Grundlagen der Kälteisolierung – *Principles of cold insulation*", (August 2014, 4. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 8 "Auslegung der Kälteisolierung zur Tauwasserverhütung auf der Oberfläche – *Design of cold insulation to prevent formation of condensation on the surface*", (November 2011, 3. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 9 "Messverfahren – *Methods of measuring*", (März 2013, 3. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 10 "Messstellen für thermische Messungen – *Measuring points for thermal measurements*", (August 2012, 1. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 11 "Feuchte im Dämmsystem – *Moisture in insulation systems*", (Juli 2011, 2. überarbeitete Auflage)**
- ..... [Stück] **Nr. 12 „Harmonisierte europäische Normen für Dämmstoffe für betriebstechnische Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung“, (August 2012, 1. überarbeitete Auflage) - „*European harmonised standards for insulation materials for technical installations in the industry and in the technical building equipment*“**
- ..... [Stück] **Nr. 14 „Energieeffizienz im Anlagenbau – Aspekte nachhaltigen Dämmens  
Energy efficiency in plant construction – aspects of sustainable insulation (Februar 2013)**
- ..... [Stück] **Nr. 15.1 „Vorbeugender baulicher Brandschutz“ (Oktober 2011)**
- ..... [Stück] **Nr. 15.2 „Brandschutz in Industrie und Tunnelbau“ (November 2011)**

Hiermit bestellen wir verbindlich die oben angegebene Anzahl Technischer Briefe, zahlbar mit Rechnungsstellung unmittelbar nach Auslieferung. Schutzgebühr jeweils 8,00 € / Stück zzgl. Versand und Mehrwertsteuer. (Für **Mitglieder der Bundesfachabteilung Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz** gilt eine ermäßigte Schutzgebühr in Höhe von 7,00 € / Exemplar - ab Bestellmengen größer 200 Stück einer Ausgabe 6,00 € / Exemplar - zzgl. Versand und Mehrwertsteuer).

**Bitte geben Sie hier Ihre Rechnungs- und Lieferanschrift an:**

\_\_\_\_\_  
Datum, Stempel, Unterschrift



zu beziehen über / to be ordered:

Bundesfachabteilung  
Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz  
im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.  
Kurfürstenstraße 129, D-10785 Berlin  
Tel. 0049 30/21286-0  
Fax 0049 30/21286-246  
E-Mail: [bfa.wksb@bauindustrie.de](mailto:bfa.wksb@bauindustrie.de)

August 2014, 6. überarbeitete Auflage; August 2014, 6st revised edition