

Korrosion von Metallen in Seewasser und Seeatmosphäre

Teil 4: Korrosion in Seeatmosphäre

DIN**81249-4**

ICS 47.020.05; 77.060

Ersatz für
VG 81249-4 : 1995-11

Deskriptoren: Meerestechnik, Metall, Korrosion, Seewasser, Atmosphäre

Corrosion of metals in sea water and sea atmosphere –
Part 4: Corrosion in sea atmosphereCorrosion de métaux dans l'eau de mer et dans l'atmosphère maritime –
Partie 4: Corrosion dans l'atmosphère maritimeThe English version is a translation. In case of
dispute the German original will govern.**Inhalt****Contents**

	Seite		Page
Vorwort	2	Foreword	3
1 Anwendungsbereich	2	1 Scope	3
2 Normative Verweisungen	2	2 Normative references	3
3 Allgemeines	4	3 General	5
4 Angaben über das Korrosionsverhalten ..	6	4 Information on the corrosion behaviour ...	7
4.1 Werkstoff-Gruppe FE:		4.1 Material group FE:	
– Nichtrostende Stähle und nichtrostender		– Stainless steels and stainless cast steel,	
Stahlguß, nichtmagnetisierbare Stähle und		nonmagnetic steels and nonmagnetic	
nichtmagnetisierbarer Stahlguß	6	cast steel	7
– Unlegierte Stähle und niedriglegierte Stähle,		– Unalloyed steels and low-alloy steels, cast	
Stahlguß und Gußeisen	8	steel and cast iron	9
4.2 Werkstoff-Gruppe CU:		4.2 Material group CU:	
Kupfer und Kupferlegierungen	10	Copper and copper alloys	11
4.3 Werkstoff-Gruppe AL:		4.3 Material group AL:	
Aluminium und Aluminiumlegierungen	14	Aluminum and aluminum alloys	15
4.4 Werkstoff-Gruppe NI:		4.4 Material group NI:	
Nickellegierungen	16	Nickel alloys	17
4.5 Werkstoff-Gruppe T:		4.5 Material group T:	
Titan und Titanlegierungen	18	Titanium and titanium alloys	19
4.6 Werkstoff-Gruppe UE:		4.6 Material group UE:	
Metallische Überzüge auf Stahl	20	Metallic coatings on steel	21

Fortsetzung Seite 2 bis 23
Continued on page 2 to 23

Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Vorwort

Diese Norm wurde von der Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) im DIN, Arbeitsausschuß NSMT 4.4.1 "Korrosionsschutz durch Werkstoffauswahl", erarbeitet.

Die Reihe DIN 81249 "Korrosion von Metallen in Seewasser und Seeatmosphäre" besteht aus:

- Teil 1: Begriffe, Grundlagen
- Teil 2: Freie Korrosion in Seewasser
- Teil 3: Kontaktkorrosion in Seewasser
- Teil 4: Korrosion in Seeatmosphäre

Für die in diesen Normen verwendeten Begriffe "Seewasser" und "Seeatmosphäre" sind auch die Begriffe "Meerwasser" und "Meeresatmosphäre" üblich.

Änderungen

Gegenüber VG 81249-4 : 1995-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die VG-Norm wurde in eine DIN-Norm umgewandelt.
- b) Die Norm wurde um die englische Übersetzung ergänzt.

Frühere Ausgaben

VG 81250: 1988-02; VG 81249-4: 1995-11

1 Anwendungsbereich

Die Festlegungen dieser Norm dienen zur Beurteilung des Korrosionsverhaltens von ungeschützten metallischen Werkstoffen und Überzügen in Berührung mit der Seeatmosphäre. Das Werkstoffverhalten im Kontakt miteinander unter besonderer Berücksichtigung der atmosphärischen Korrosion ist erläutert.

Über das voraussichtliche Korrosionsverhalten kann nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage gemacht werden. Gewährleistungsansprüche können aus diesen normativen Festlegungen nicht abgeleitet werden.

Der Korrosionsschutz durch Beschichtungen ist nicht Gegenstand dieser Norm.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 50914

Prüfung nichtrostender Stähle auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion – Kupfersulfat-Schwefelsäure-Verfahren – Strauß-Test

DIN 50930-4

Korrosion der Metalle – Korrosion metallischer Werkstoffe im Inneren von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer – Teil 4: Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit nicht-rostender Stähle

DIN 81249-1 : 1997-11

Korrosion von Metallen in Seewasser und Seeatmosphäre – Teil 1: Begriffe, Grundlagen

DIN 81249-2 : 1997-11

Korrosion von Metallen in Seewasser und Seeatmosphäre – Teil 2: Freie Korrosion in Seewasser

DIN 81249-3 : 1997-11

Korrosion von Metallen in Seewasser und Seeatmosphäre – Teil 3: Kontaktkorrosion in Seewasser

SEP 1877

Prüfung der Beständigkeit hochlegierter, korrosionsbeständiger Werkstoffe gegen interkristalline Korrosion

Foreword

This standard was prepared by the Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT) im DIN, subcommittee NSMT 4.4.1, "Corrosion protection by material selection".

The DIN 81249 series "Corrosion of metals in sea water and sea atmosphere" consist of:

- Part 1: Definitions, basic information
- Part 2: Free corrosion in sea water
- Part 3: Galvanic corrosion in sea water
- Part 4: Corrosion in sea atmosphere

Amendments

The 1995-11 edition of VG 81249-4 has been amended as follows:

- a) The VG standard was changed into a DIN standard.
- b) The English translation was added to the standard.

Previous editions

VG 81250: 1988-02; VG 81249-4: 1995-11

1 Scope

The criteria laid down in this standard serve to evaluate the corrosion behaviour of unprotected metallic materials and coatings subject to corrosion in sea atmosphere. The behaviour of the materials in contact with each other is explained with special regard to atmospheric corrosion.

The estimated corrosion behaviour can only be stated in terms of probability. Warranty claims cannot be derived from these normative criteria.

Corrosion protection obtained by coatings is not subject of this standard.

2 Normative references

This standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies.

DIN 50914

Testing the resistance of stainless steels to intergranular corrosion – Method by using copper sulfate and sulfuric acid – Strauß test

DIN 50930-4

Corrosion of metals – Corrosion of metallic materials under corrosion load by water inside of tubes, tanks and apparatus – Part 4: Evaluation of the corrosion likelihood of stainless steels

DIN 81249-1 : 1997-11

Corrosion of metals in sea water and sea atmosphere – Part 1: Definitions, basic information

DIN 81249-2 : 1997-11

Corrosion of metals in sea water and sea atmosphere – Part 2: Free corrosion in sea water

DIN 81249-3 : 1997-11

Corrosion of metals in sea water and sea atmosphere – Part 3: Galvanic corrosion in sea water

SEP 1877

Testing the resistance of high-alloy corrosion-resistant materials to intergranular corrosion

3 Allgemeines

3.1 Quellen der Tabellenwerte

Die Angaben in den Tabellen sind aus Ergebnissen von Freibewitterungsversuchen in Küstennähe zusammengestellt. Nicht berücksichtigt wurden unter außergewöhnlichen Bedingungen erhaltene Befunde, z. B. bei gleichzeitiger Einwirkung von Korrosion und Abrasion durch sandführende Winde.

Ebenfalls nicht einbezogen wurden die Ergebnisse von Laborversuchen.

3.2 Einfluß der Entfernung des Meß- bzw. Beanspruchungsplatzes von der Wasserlinie

Die in den Tabellen 1 bis 7 eingetragenen Angaben gelten für die Entfernung von 25 m von der Wasserlinie. Bei kleineren Entfernungen kann die Korrosionsgeschwindigkeit größer, bei größeren Entfernungen kleiner sein. Dieser Einfluß der Entfernung ist nicht für alle Werkstoff-Gruppen gleich groß. Wenn der Beanspruchungsort dichter als 25 m an der Wasserlinie liegt, ist im allgemeinen mit einer Spritzwasserbeanspruchung zu rechnen. In diesem Falle sind DIN 81249-2 und DIN 81249-3 zu berücksichtigen.

3.3 Witterung, Luftverunreinigung, Wind

Die Abtragungsgeschwindigkeit wird von Wind, Regen und Feuchtigkeitsdauer beeinflusst. Die anfängliche Korrosionsgeschwindigkeit wird im Regelfall allmählich geringer. Saure Luftverunreinigungen, insbesondere aus Abgasen oder in Hafenstädten, Ruß- und Chloridanreicherungen verstärken den Angriff und bewirken bei ungleichmäßiger Verteilung Mulden- und Lochkorrosion.

Von großem Einfluß ist die Windrichtung und -stärke. Der Wind kann auch ohne Feststoffe wenig haftende Korrosionsprodukte abtragen und damit die Korrosion fördern. Andererseits kann der Wind die Trocknung der Flächen beschleunigen.

3.4 Lagebedingte Einflüsse

Die Massenverluste sind im allgemeinen auch von der Neigung der Flächen und der Orientierung zur Wasserlinie abhängig.

Horizontale Flächen werden stärker, senkrechte etwas schwächer als die geneigten angegriffen.

Den folgenden Tabellenangaben liegen Meßwerte zugrunde, die als Mittelwert von Ober- und Unterseite der unter 30° bis 45° gegenüber der Horizontalen geneigten Probebleche gemessen wurden. Häufig ist der Korrosionsangriff an der Unterseite größer als an der Oberseite, z. B. dann, wenn der Regen die Salzkonzentration an der Oberseite herabsetzt und die Oberseite schneller trocknet.

Bei langen Naßzeiten und hohen Salzkonzentrationen sowie bei häufiger Beaufschlagung, z. B. bei Schiffen und Seebauwerken, muß mit höheren Korrosionsraten gerechnet werden.

3.5 Kontaktkorrosion

Bei der atmosphärischen Korrosion wird die Elektrolytlösung im Regelfall durch einen sehr dünnen Feuchtigkeitsfilm gebildet und hat daher einen hohen elektrischen Widerstand. Als Anoden- und Kathodenflächen wirken deshalb nur sehr schmale Zonen entlang der Kontaktstelle. Die tatsächlichen Flächengrößen der sich kontaktierenden Werkstoffe sind daher nicht von Belang. Die Berücksichtigung des Flächenverhältnisses Kathode zur Anode nach DIN 81249-3 ist hier nicht anwendbar. Der Korrosionsangriff wird auf die unmittelbar an die Kontaktstelle angrenzenden Bereiche des als Anode wirkenden Werkstoffes begrenzt.

3.6 Tabellen der Werkstoff-Gruppen

Die Tabellen 1 bis 7 enthalten Aussagen zum Korrosionsverhalten von Werkstoffen, die im Schiffbau verwendet werden. Die den Tabellen folgenden Texte sind nach Korrosionsarten gegliedert. Sie enthalten Erläuterungen und Beschreibungen der für den Konstrukteur wichtigen Korrosionsarten bei der jeweiligen Werkstoff-Gruppe.

3 General

3.1 Sources of tabulated data

The data given in the tables were obtained from the results of outdoor exposure tests performed near the shore. Results obtained under unusual conditions, e.g. upon the simultaneous influences of corrosion and abrasion by sand-carrying winds, were not taken into consideration.

Further, the results of laboratory tests remained unconsidered.

3.2 Influence of the distance of the measuring/test area from the waterline

The information given in the tables 1 to 7 applies to a distance of 25 m from the waterline. At smaller distances the corrosion rate may be larger, at larger distances the corrosion rate may be smaller. This influence of distance is not the same for all material groups. In general, corrosion by splash water has to be expected, if the test area is less than 25 m from the waterline. In this case DIN 81249-2 and DIN 81249-3 are applicable.

3.3 Weather conditions, air pollution, wind

The corrosion rate is influenced by wind, rain, and the duration of humidity exposure. The initial corrosion rate usually slows down in the course of time. Acid air pollutions, especially from exhaust gases or in ports, as well as soot and chloride accumulations intensify the corrosion attack which, due to nonuniform distributions, will result in shallow pit formation and pitting corrosion.

Wind direction and force are of major influence. Even without the presence of solids the wind is able to remove loose corrosion products, thus promoting corrosion. On the other hand, the wind can help to dry surfaces more quickly.

3.4 Position-related influences

In general, material consumption is also dependent upon the inclination of surfaces and their orientation relative to the waterline.

In comparison with inclined surfaces horizontal surfaces are corroded to a larger extent and vertical ones to a slightly less extent.

The following tables are based on values measured as mean values of the top and bottom surfaces of test plates which were inclined by 30° to 45° to the horizontal plane. Frequently, the corrosion attack on the bottom surface is larger than that on the top surface, e.g. if the salt content on the top surface is reduced by the rain and this surface dries more quickly.

Higher corrosion rates have to be expected in case of long exposure times and high salt concentrations or at frequently repeated exposures, e.g. of ships and offshore structures.

3.5 Galvanic corrosion

In case of the atmospheric corrosion the electrolytic solution usually consists of a very thin moisture film; therefore, the electrical resistance is high. For this reason, only very narrow zones along the point of contact act as anode and cathode areas. The actual dimension of the material surfaces in contact with each other are therefore irrelevant. The anode/cathode surface ratio according to DIN 81249-3 is not applicable here. The corrosion attack is limited to the areas of the anodic material next to the point of contact.

3.6 Material group tables

Tables 1 through 7 contain information on the corrosion behaviour of materials used in naval engineering. The texts following the tables are subdivided according to the individual types of corrosion. They contain explanations and descriptions of the types of corrosion which the respective material group is subject to and which are important for the designer.

4 Angaben über das Korrosionsverhalten

4.1 Werkstoff-Gruppe FE:

4.1.1 Werkstoff-Untergruppen FE 1 bis FE 3:

Nichtrostende Stähle und nichtrostender Stahlguß, nichtmagnetisierbare Stähle und nichtmagnetisierbarer Stahlguß

4.1.1.1 Abtragungsgeschwindigkeit, Empfindlichkeit gegenüber Loch- und Spaltkorrosion

Tabelle 1

Werkstoff-Untergruppe	Teil	Gleichmäßige Flächenkorrosion Abtragungsgeschwindigkeit	Empfindlichkeit gegenüber Loch- und Spaltkorrosion
FE 1 ¹⁾	1	vernachlässigbar gering	äußerst gering
	2		
	3		sehr gering
	4		gering
FE 2 ¹⁾	–		
FE 3 ¹⁾	–		mäßig
¹⁾ Werkstoff-Nummern der Untergruppe nach Tabelle 1 von DIN 81249-2 : 1997-11			

4.1.1.2 Korrosionsverhalten

4.1.1.2.1 Gleichmäßige Flächenkorrosion

Werkstoffe der Untergruppen FE 1 und FE 2 sind (auch) in Seeatmosphäre passiv. In diesem Zustand ist die Geschwindigkeit der gleichmäßigen Flächenkorrosion praktisch nicht meßbar.

Werkstoffe der Untergruppe FE 3 werden meist im vergüteten Zustand eingesetzt. Bei den Werkstoffen der Untergruppe kann durch die Wärmebehandlung (Vergütung, Weichglühen) der effektive Chromgehalt der Matrix so weit erniedrigt werden, daß in Seeatmosphäre kein passiver Zustand mehr vorliegt. In diesen Wärmebehandlungszuständen können demnach diese Stähle Mulden- und/oder Flächenkorrosion erfahren.

Unter abgeschiedenen oder eingetrockneten hygroskopischen Salzkrusten können die Stähle der Untergruppe FE 3 gelb- bis braunfleckig werden. Diese Fleckigkeit ist jedoch nicht mit einem meßbaren Gewichtsverlust verbunden. Die Flecken können abpoliert werden.

4.1.1.2.2 Loch- und Spaltkorrosion

Für die Lochkorrosionsbeständigkeit von Werkstoffen der Untergruppen FE 1 bis FE 3 haben werkstoffgerechte Verarbeitung und Konstruktion sowie die Anwendungsbedingungen wesentliche Bedeutung. Von der Verarbeitung her wird die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Lochkorrosion vor allem gefördert durch unsachgemäßes Schweißen, z. B. Bildung von Anlauffarben und Zunderschichten im Schweißnahtbereich, Erzeugen einer Werkstoff-sensibilisierung, d. h. Anfälligkeit für interkristalline Korrosion, unsachgemäße Oberflächenbehandlung, z. B. grobes mechanisches Schleifen, Verwendung ungeeigneter Bearbeitungswerkzeuge. Nähere Erläuterungen der Einflüsse von Verarbeitung, Konstruktion und Betriebsbedingungen auf die Korrosionswahrscheinlichkeit werden in DIN 50930-4 gegeben.

Die nichtrostenden Stähle sind unterschiedlich stark durch Spaltkorrosion gefährdet. Die Rangfolge der Gefährdung durch Spaltkorrosion entspricht etwa den Angaben für die Lochkorrosion in Tabelle 1.

Die Beständigkeit der Werkstoffe der Untergruppen FE 1 bis FE 3 gegen Loch- und Spaltkorrosion nimmt im wesentlichen mit steigendem Chrom-, Molybdän- und Stickstoffgehalt zu.

Die nach 4.74 von DIN 81249-1 : 1997-11 angegebenen Wirksummengleichungen und die in DIN 81249-2 : 1997-11 aufgeführte Tabelle 2 können nur eingeschränkt angewandt werden, da die an Stahloberflächen auftretenden Chloridenkonzentrationen im Falle atmosphärischer Korrosion zu unterschiedlich sind und häufig von anderen Verunreinigungen abgeleitet werden, die zur Spaltkorrosion führen können (z. B. Schmutzbedeckung).

4 Information on the corrosion behaviour

4.1 Material group FE

4.1.1 Material subgroups FE 1 to FE 3:

Stainless steels and stainless cast steel, nonmagnetic steels and nonmagnetic cast steel

4.1.1.1 Corrosion rate, susceptibility to pitting and crevice corrosion

Table 1

Material subgroup	Part	Uniform corrosion corrosion rate	Susceptibility to pitting and crevice corrosion
FE 1 ¹⁾	1	negligible	extremely low
	2		
	3		very low
	4		low
FE 2 ¹⁾	–		
FE 3 ¹⁾	–		moderate

¹⁾ Material numbers of the subgroups according to table 1 of DIN 81249-2 : 1997-11

4.1.1.2 Corrosion behaviour

4.1.1.2.1 Uniform corrosion

The materials of the subgroups FE 1 and FE 2 are passive (even) in sea atmosphere. In this state the uniform corrosion rate is not measureable from a practical point-of-view.

In general, the materials of the subgroup FE 3 are used in the quenched and tempered state. Heat-treatment (tempering, annealing) of the individual subgroup materials may reduce the effective chrome contents of the matrices to such an extent that in sea atmosphere the respective material is no longer in the passive state. After such a heat-treatment these steels may be subject to shallow pit formation and/or uniform corrosion.

Steels of the subgroup FE 3 are liable to become stained – yellowish to brownish – under hygroscopic salt crusts that are deposited or dried in. This stainability, however, does not entail any measurable material consumption. The stains can be polished off.

4.1.1.2.2 Pitting and crevice corrosion

For the pitting corrosion resistance of the materials of the subgroups FE 1 to FE 3 the material-related manufacture and design as well as the service conditions are of major importance. Regarding manufacture, the pitting corrosion probability is increased mainly by improper welding, e.g. the formation of tarnish and scale within the region of the weld seam, by material sensitization, i.e. susceptibility to intergranular corrosion, and by improper surface treatment, e.g. rough grinding or the use of improper tools. Further details on the influence of manufacture, design, and service condition on the corrosion probability are contained in DIN 50930-4.

The susceptibility of stainless steels to crevice corrosion varies. Regarding the susceptibility to crevice corrosion the order is similar to that given in table 1 for pitting corrosion.

The resistance of the subgroup FE 1 to FE 3 materials to pitting and crevice corrosion mainly increases with the chrome, molybdenum, and nitrogen contents.

The pitting resistance equivalent equations given in 4.74 of DIN 81249-1 : 1997-11 as well as table 2 of DIN 81249-2 : 1997-11 are of limited use only, because in the case of atmospheric corrosion the chlorine ion concentrations on steel surfaces differ too much and are frequently derived from other contaminations that may lead to crevice corrosion (e.g. layers of dirt).