

Diese Angaben entsprechen dem heutigen Stand unserer Kenntnisse und sollen über unsere Produkte und deren Anwendungsmöglichkeiten informieren. Sie haben damit die Bedeutung, bestimmte Eigenschaften der Produkte und deren Einsatzzweck zuzusichern. Etwa bestehende gewerbliche Schutzrechte sind zu berücksichtigen. Eine einwandfreie Qualität gewährleisten wir im Rahmen unserer Allgemeinen Verkaufsbedingungen. Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass es insbesondere bei bereits vorhandener Korrosion oder Ablagerungen in der Anlage zu Wechselwirkungen mit dem Produkt kommen kann, deren Auswirkungen nicht vorhersehbar sind. Für aus dem nicht ordnungsgemäßen Zustand und Betrieb der Anlage herrührende Schäden übernehmen wir keine Haftung.

Antifrogen® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Clariant

These details represent the latest knowledge we have and are intended to inform you about our products and their possible applications. They are therefore intended to warrant certain product characteristics and their purpose of use. Any industrial property rights must be considered. We guarantee perfect quality within the restraints of our General Terms and Conditions of Sale. We must expressly point out that, especially with already existing corrosion or deposits in the installation, interaction can take place with the product, the effects of which cannot possibly be predicted. We will not accept any liability for any damage resulting from the incorrect condition and operation of the installation.

Antifrogen® is a registered trade mark of Clariant

## Exactly your chemistry.

**Clariant GmbH, Division Functional Chemicals, BU II Functional Fluids**

Marketing, D-65840 Sulzbach

Tel. +49 (0) 61 96/7 57-88 07, Fax +49 (0) 61 96/7 57-89 45

**Clariant GmbH, Werk Gendorf**

Division Functionals Chemicals, BU II Functionals Fluids/R&D, D-84504 Burgkirchen

Tel. +49 (0) 86 79/7 22 72, Fax +49 (0) 86 79/7 50 85

**Internet**

[www.clariant.com](http://www.clariant.com)



## Vorwort

Die vorliegende Ausgabe von <sup>®</sup>Antifrogen aktuell befaßt sich mit zwei Themenkreisen: Zum einen mit Korrosion und Korrosionsschutz im allgemeinen, wobei der zugehörige Artikel einen kurzen Überblick zur Thematik liefern soll. Zum anderen mit einem neuen Produkt, <sup>®</sup>Protectogen, das das Wärmeträgersortiment von Clariant komplettiert. Hierzu werden dem Anwender in gewohnter Weise spezifische physikalische und korrosionstechnische Daten zur Verfügung gestellt.

## Korrosion

Jährlich wird durch Korrosionsschäden an metallischen Werkstoffen allein der deutschen Wirtschaft ein finanzieller Gesamtschaden in Milliardenhöhe zugefügt. Ein großer Teil dieser Aufwendungen kann durch effektiven Korrosionsschutz und weitsichtige Anlagenplanung vermieden werden.

### Was versteht man unter Korrosion?

Unter Korrosion versteht man die chemische Reaktion zwischen einem Werkstoff und einem umgebenden Medium. Das heißt, es handelt sich um eine wechselseitige Beziehung zweier reagierender Medien, wobei das eine Medium oxidiert, das andere reduziert wird.

Unter Oxidation versteht man die Abgabe von Elektronen. Der Partner im Reaktionsprozeß nimmt diese Elektronen auf, er wird reduziert:

## Foreword

This issue of <sup>®</sup>Antifrogen aktuell deals with two subjects – firstly, corrosion and corrosion protection in general, the associated article being intended to provide a brief overview of the subject, and, secondly, a new product, <sup>®</sup>Protectogen, which completes Clariant's heat carrier range. The user will be provided with specific physical and also technical corrosion data in the usual way.

## Corrosion

In Germany alone annual financial losses incurred by damage to metallic materials caused by corrosion run into billions. A large part of this expense can be avoided by effective protection against corrosion and farsighted installation planning.

### What is understood by corrosion?

Corrosion is understood to be the chemical reaction between a material and an enveloping medium. This then means that there is a reciprocal relationship between two reacting mediums, whereby one of the media oxidises and the other is reduced.

By oxidation we understand the discharge of electrons. One part in the reaction process accepts these electrons with the result that it is reduced:

Oxidation: Abgabe von Elektronen  
 $\text{Red (1)} \rightleftharpoons \text{Ox (1)} + n e^-$

Reduktion: Aufnahme von Elektronen  
 $\text{Ox (2)} + n e^- \rightleftharpoons \text{Red (2)}$

Redoxreaktion:  $\text{Red (1)} + \text{Ox (2)} \rightleftharpoons \text{Ox (1)} + \text{Red (2)}$

Beispiel:  $\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$   
 $\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2 e^-$   
 In Summe:  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightleftharpoons \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$

Oxidation: Discharge of electrons  
 $\text{Red (1)} \rightleftharpoons \text{Ox (1)} + n e^-$

Reduction: Acceptance of electrons  
 $\text{Ox (2)} + n e^- \rightleftharpoons \text{Red (2)}$

Redox reaction:  $\text{Red (1)} + \text{Ox (2)} \rightleftharpoons \text{Ox (1)} + \text{Red (2)}$

Example:  $\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$   
 $\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2 e^-$   
 Summary:  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightleftharpoons \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$

Redox-Reaktionen laufen immer gekoppelt ab. Jeder Elektronen-Donor braucht auch immer einen Elektronen-Akzeptor. Zudem sind Redoxreaktionen abhängig vom pH-Wert.

Redox reactions are always linked. Every electron donor also always needs an electron acceptor. In addition to that, redox reactions also depend on the pH value.

### Auch Metalle haben Bedürfnisse – Die elektrochemische Spannungsreihe

Unterschiedliche Metalle haben auch unterschiedliche Bedürfnisse, Elektronen abzugeben. Dieses Bestreben, eines oder mehrere Elektronen an seine Umgebung abzugeben, wird durch das sogenannte Standardpotential charakterisiert.

Da man die Spannung eines einzelnen Redoxpaares nicht direkt experimentell bestimmen kann, sondern nur die Gesamtspannung eines galvanischen Elements (entspricht der Potentialdifferenz zweier Redoxpaare), wird eines der Redox-Paare als Bezugssystem gewählt und dessen Standardpotential gleich Null gesetzt (siehe Tabelle 1). Alle anderen Redoxpaare werden zum Bezugssystem der sogenannten Wasserstoffelektrode („Nullpunkt“) mit einem positiven bzw. negativen Potential gekennzeichnet.

### Even metals have needs – the electro-chemical series

Different metals also have different needs to discharge electrons. This endeavour to discharge one or more electrons into its environs is characterised by the so-called standard potential.

As it is impossible to determine the voltage of any individual electron by direct experiments, but only the total voltage of a galvanic element (this conforms to the potential difference of two redox couples), one of the two redox couples is selected to be the reference system, the standard potential of which is set equal to zero (see Table 1). As the reference system is the so-called hydrogen electrode (“zero point“), all other redox couples are marked with a positive or negative potential.

Reduzierte Form des Metalls Reduced form of the metal	Oxidierter Form des Metalls Oxidised form of the metal	Anzahl der übertragenen Elektronen No. of electrons transferred	Standardpotential [V] Standard potential [V]
Li	Li <sup>+</sup>	1 e <sup>-</sup>	-3.04
Mg	Mg <sup>2+</sup>	2 e <sup>-</sup>	-2.36
Al	Al <sup>3+</sup>	3 e <sup>-</sup>	-1.68
Zn	Zn <sup>2+</sup>	2 e <sup>-</sup>	-0.76
Fe	Fe <sup>2+</sup>	2 e <sup>-</sup>	-0.41
Sn	Sn <sup>2+</sup>	2 e <sup>-</sup>	-0.14
Pb	Pb <sup>2+</sup>	2 e <sup>-</sup>	-0.13
H <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	2 H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	2 e <sup>-</sup>	±0
Cu	Cu <sup>2+</sup>	2 e <sup>-</sup>	+0.34
Cu	Cu <sup>+</sup>	1 e <sup>-</sup>	+0.52
Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	1 e <sup>-</sup>	+0.77
Ag	Ag <sup>+</sup>	1 e <sup>-</sup>	+0.80
Au	Au <sup>3+</sup>	3 e <sup>-</sup>	+1.50

Tabelle 1: Elektrochemische Spannungsreihe ausgewählter Metalle

Table 1: Electro-chemical series of selected metals

Metalle mit positiverem Standardpotential sind edler als Metalle mit negativerem Standardpotential, also Silber ist zum Beispiel edler als Kupfer, Kupfer ist edler als Eisen.

Metals with a more positive standard potential are nobler than metals with a more negative standard potential, for example, silver is nobler than copper and copper is nobler than iron.

### Wie verändern sich die Metalle durch Korrosion?

Metalle können – je nach betrachtetem System – sowohl als Anode als auch als Kathode reagieren. Entschieden wird dieses Verhalten durch die Lage des Werkstoffs in der elektrochemischen Spannungsreihe (siehe Tabelle 1). So verhält sich Aluminium gegenüber Kupfer anodisch, gegenüber Magnesium jedoch kathodisch.

### How does corrosion change metals?

Depending on the system under review, metals can react as either anode or cathode. This behaviour is determined by the position of the material within the electro-chemical series (see Table 1). Aluminium therefore behaves anodic towards copper, but cathodic towards magnesium.

Tritt der Fall der Korrosion ein, verändern sich die Metalle. Sie bilden in der Regel eine Oxidschicht aus, die durchaus auch ge-

If corrosion takes place, the metals will change. They generally form an oxide coating, which can be absolutely consistent even against further attacks of corrosion. This is the so-called passi-

genüber eines weiteren Korrosionsangriffs beständig sein kann. Hier spricht man von der sogenannten Passivierung eines Metalls. Dieses industriell optimierte Verfahren wird dazu benutzt, durch die entstehende Schutzschicht ein anderes, darunter liegendes Metall wirksam vor Korrosion zu schützen. Auf dieser Strategie beruht beispielsweise die Verzinkung im Automobilbereich, da die aufgebraute Zinkschicht ein schützendes Oxid ausbildet, das den darunter liegenden Stahl vor einem Korrosionsangriff schützt.

### **Korrosion in Kühlkreisläufen**

Die Kühlung und der Wärmetransport gehören zu den wichtigsten verfahrenstechnischen Operationen in der Prozeßtechnik. Ein Kühl- oder Wärmekreislauf ist streng genommen nichts anderes als eine gigantische Batterie, das heißt der Kreislauf besteht in der Regel aus mehreren Metallen, die in unmittelbarem oder elektrisch leitendem Kontakt stehen sowie aus einer Kälte- bzw. Wärmeträgerflüssigkeit, die als Elektrolytlösung und damit als Transportmedium für Elektronen und Masse fungiert. Beim elektrisch leitenden Kontakt der Metalle untereinander („Kurzschluß“) kommt es zu einem bestimmten Potentialabfall in der Elektrolytlösung: An der Anode tritt Korrosion auf.

Dieser Angriff wird durch direkten Kontakt der Metalle untereinander noch verstärkt, es kommt zur **Kontaktkorrosion**.

Ein intensiver Korrosionsangriff ist auch an Stellen denkbar, wo nichtleitende Werkstoffe gegen die Metalloberfläche drücken bzw. an der Metalloberfläche anliegen. An der Auflagestelle der Werkstoffe entsteht ein in der Regel enger Spalt, der den Nachschub an spezifischen Stoffen verhindert bzw. verlangsamt. Die sogenannte **Spaltkorrosion** tritt besonders häufig dann auf,

variation of a metal. This industrially optimised process is used to effectively protect another metal underneath against corrosion by means of the protective coating created. This strategy forms the basis for galvanising within the automotive industry, for instance, as the zinc coating applied forms a protective oxide, which in turn protects the steel underneath against corrosion attacks.

### **Corrosion in cooling circuits**

Cooling and transportation of heat are among the most important technical operations in process technology. A cooling or heating circuit is, strictly speaking, nothing other than a gigantic battery. This means that the circuit generally consists of several metals, all of which are in immediate or electrically conducting contact, as well as a refrigeration or heat carrier liquid, which acts as electrolytic solution and therefore as transfer medium for electrons and mass. The electrically conducting contact between the metals (“short circuit”) leads to a certain drop in the potential within the electrolytic solution – corrosion now attacks the anode. This attack is intensified by the direct contact of the metals with each other, thus causing **contact corrosion**.

An intensive corrosion attack is also possible in places where non-conducting materials press against or are in contact with the metal surface. There is generally a small gap at the point of contact of the metals which prevents or delays the supply to specific metals. The so-called **crevice corrosion** occurs particularly frequently when the inhibitor concentration is so high that the system is in a condition between passivity and active corrosion (some inhibitors act to prevent corrosion in a concentrated solution, whereas in diluted solutions they act to promote corrosion). In industrial installations crevice corrosion

wenn die Inhibitorenkonzentration gerade so hoch ist, daß sich das System in einem Zustand zwischen Passivität und aktiver Korrosion befindet (manche Inhibitoren wirken in konzentrierter Lösung korrosionsverhindernd, in verdünnter Lösung dagegen korrosionsfördernd). In industriellen Anlagen tritt Spaltkorrosion besonders häufig an schlecht zugänglichen Stellen auf, zum Beispiel wenn Heizschlangen nahe zusammenliegen.

Unter **Flächenkorrosion** versteht man den weitgehend gleichmäßigen Korrosions-, das heißt Massenabtrag, an einer Metalloberfläche. Sie tritt im allgemeinen an ungeschützten oder unzureichend korrosionsinhibierten Metallen auf.

**Lochfraß** tritt in den betrachteten Medien vor allem bei Anwesenheit von aggressiven Ionen, wie z. B. Chlorid-Ionen, oder bei Störstellen im Aufbau der korrosionsinhibierenden Schutzschicht auf (auch z. B. durch Flußmittelreste, Verarbeitungsfehler, Ausbildung von Lokalelementen oder auch mikrobiell induziert). Die Folge ist eine punktuelle, schnelle und aggressive Form der Korrosion, die zur kraterförmigen Zerstörung der Metalloberfläche führt. Generell gilt: Je edler ein Metall ist, desto widerstandsfähiger ist es auch gegen Lochfraß.

### **Welche Folgen hat ein saurer Angriff auf die Metalle?**

Das Rosten von Eisen ist für uns alle eine alltägliche Erscheinung; jedoch rostet Eisen nicht an sehr reiner Luft und in sehr trockenem Klima. In feuchter, schadstoffhaltiger Luft dagegen bildet sich auf dem Metall schnell ein Flüssigkeitsfilm aus. Im Wasser gelöste Gase, wie z. B. Schwefeldioxid, Kohlendioxid oder auch Stickoxide, generieren eine saure Lösung, die diesen Vorgang erheblich beschleunigt.

occurs particularly frequently in inaccessible locations, for instance, when heating coils are located closely together.

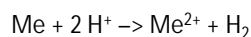
**General corrosion** is seen to be generally uniform corrosion, i.e., mass reduction of a metal surface. This appears generally in unprotected or insufficiently corrosion inhibited metals.

**Pitting corrosion** appears in the media observed, particularly when aggressive ions are present, such as chloride ions, or at imperfect points within the corrosion inhibiting protective coating (also, for instance, due to residues of fluxing agents, faulty processing, formation of local elements or microbiologically induced). The result is a localised, fast and aggressive form of corrosion, which leads to crater-type destruction of the metal surface. As a general rule – the nobler the metal, the more resistant it is to pitting.

### **What are the consequences of an acid attack on the metals?**

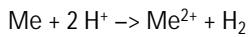
For most of us rusting iron is a common phenomenon; however, iron does not rust in purified air and in a very dry climate. In moist, contaminated air, however, a liquid film quickly forms on the metal. Gases released in water, such as sulphur dioxide, carbon dioxide and nitrogen oxide, generate an acid solution which accelerates this process considerably.

According to the following formula, hydrogen is formed by the action of acids on metals:





Bei der Einwirkung von Säuren auf Metalle entwickelt sich nach folgendem Formelschema Wasserstoff:



Bei den Edelmetallen am Beginn der Spannungsreihe tritt diese Reaktion in der Regel nicht auf. Es sind vor allem die Werkstoffe mit negativerem Potential, die aus der Reaktion mit Säuren Wasserstoff entwickeln und als Kationen in Lösung gehen. Als Vertreter dieser Gruppe ist vor allem das Eisen zu nennen, das in industriellen Anlagen einen hohen Konstruktionsanteil einnimmt. Obige Reaktion wird durch Zusatz eines edleren Konstruktionswerkstoffs, zum Beispiel Kupfer, noch signifikant beschleunigt.

### **Können auch nicht korrosionsinhibierte Flüssigkeiten im Anlagenkreislauf verwendet werden?**

Oftmals werden technische Anlagen auch mit nicht inhibierten Wärmeträgerflüssigkeiten befüllt. In den meisten Fällen sind dies simple Glykol-Wassergemische ohne jegliche korrosionsinhibierenden Zusätze. Diese Glykol-Wassergemische sind jedoch weitaus korrosiver als reines Wasser allein.

Dies läßt sich zum einen durch Oxidation der Glykole zu organischen Säuren (z. B. Glykolsäure) begründen: Auch in scheinbar dichte Anlagen gelangen durch Diffusion über zum Beispiel Flachdichtungen, O-Ringe, Wellen- und Gleitringdichtungen ausreichende Mengen Sauerstoff. Der durch die entstehende Acidität bedingte pH-Wert-Abfall beschleunigt auch ohne weiteren Sauerstoffzutritt die fortschreitende Korrosion. Zum anderen ist die Oberflächenspannung eines Glykol-Wassergemisches wesentlich geringer als die reinen Wassers. Dies führt dazu, daß bereits entstandene Oxidschichten (in der Regel Eisenoxid) sehr

As a general rule this reaction does not occur with noble metals at the start of the electro-chemical series. It is mainly the materials with more negative potential, which develop hydrogen from the reaction with the acids and which are then released as cations (positively laden ions). The main representative of this group is iron, which takes up a great share in the construction of industrial installations. The above reaction is significantly accelerated by the addition of a noble construction material, such as copper.

### **Can liquids without corrosion-inhibitors be used in the circuits of the installation?**

Technical installations are often filled with non-inhibiting heat transfer fluids. In most cases this represents simply water glycol mixtures without any corrosion-inhibiting additives. However, these water glycol mixtures are far more corrosive than just pure water.

On the one hand this is due to the oxidation of the glycol to organic acids (e.g. glycol acid) – diffusion causes sufficient quantities of oxygen to enter apparently tight installations through, for instance, flat packs, O-rings, rotary shafts and plain seals. The drop in the pH value resulting from the acidity accelerates the progressive corrosion, even without any further addition of oxygen. On the other hand, the surface tension of a glycol water mixture is considerably lower than that created by pure water. This ensures that oxide layers already formed (generally iron oxide) can easily become detached, so that the corrosion process never stops and a constant supply of newly uncovered metal surfaces is available for oxidation.

leicht abgelöst werden können und somit der Korrosionsprozeß nie zum Stillstand kommt, da immer wieder neu freigelegte Metalloberfläche zur weiteren Oxidation zur Verfügung steht.

Ähnlich wie Eisen werden auch andere Metalle im Anlagenkreislauf mehr oder weniger durch entstehende Säuren angegriffen. Das Schicksal der Metalle ist aber nicht allein vom pH-Wert des Flüssigkeitsmediums abhängig. Um entstehende saure Bestandteile im Anlagenkreislauf abzufangen, werden den Wärme- bzw. Kälte-trägerflüssigkeiten essentiell wichtige Puffersubstanzen zugegeben, die für die sogenannte Reservealkalität sorgen. Je höher die Reservealkalität, desto höher ist auch die Fähigkeit des Mediums, über eine bestimmte Zeitdauer saure Bestandteile unschädlich zu machen.

### **Wie kann man die metallischen Werkstoffe im Anlagenkreislauf vor Korrosion schützen?**

Im Laufe der Jahre hat man unzählige Verfahren und Methoden entwickelt, um Metalle vor Korrosion zu schützen. Zu den gebräuchlichsten Verfahren zählen zum Beispiel: Erzeugung korrosionsschützender Lack- oder Metallschichten, Lackanstriche, Verwendung einer Opferanode, Generation von Schutzfilmen, etc.

Bei den flüssigen Wärme- und Kälte-trägermedien, insbesondere bei den auf Glykol und Wasser basierenden Solen, kommt es auf die richtigen Zusätze, die sogenannten **Korrosionsinhibitoren** an. Bei den Inhibitoren handelt es sich um Verbindungen, die die betreffenden Metalloberflächen als Einzelmoleküle oder als größerer Molekülzusammenschluß belegen, also das Metall durch das Ausbilden einer Schutzschicht vor korrosiven Angriffen schützen.

As with iron, other metals in the circuits of the installation can also be attacked by the acids created. The fate of the metal is, however, not only dependent on the pH value of the liquid medium. In order to catch acid components created within the circuits of the installation, heat transfer fluids are supplemented by essentially important buffer substances, which ensure the so-called reserve alkalinity. The higher the reserve alkalinity, the higher the capability of the medium to make acid components ineffective over a defined period of time.

### **How can the metallic materials in the circuits of installations be protected against corrosion?**

Numerous processes and methods have been developed over the years, all designed to protect metals against corrosion. Some of the most commonly used processes are, for instance, the creation of anti-corrosion paint or metal coatings, paint, use of a sacrificial anode and the generation of protective films, etc.

As far as the heat and cold transfer mediums are concerned, especially glycol water-based solutions, everything depends on the right additives, the so-called **corrosion inhibitors**. These inhibitors represent compounds which cover the respective metal surfaces as single molecules or as a greater molecular assembly and so protect the metal against corrosive attacks by forming a protective coating.

By means of a suitable combination of cathodic-acting and anodic-acting inhibitors it is possible to guarantee protection against corrosion of a technical installation over a longer period of time. For optimal, i.e., surface-covering protection of the metals, additives of the respective correct concentration must

Durch eine geeignete Kombination von katodisch und anodisch wirksamen Inhibitoren kann über lange Zeit der Korrosionsschutz in einer technischen Anlage gewährleistet werden. Zum optimalen, das heißt ganzflächigen Schutz der Metalle, müssen die Additive in den jeweils richtigen Konzentrationen zur Verfügung stehen. Unterkonzentrationen sind deshalb bei den verwendeten Wärmeträgerflüssigkeiten unbedingt zu vermeiden (siehe auch <sup>®</sup>Antifrogen-Produktübersicht: Mindesteinsatzkonzentrationen).

Bei sehr starker Verdünnung der Solen mit Wasser, d.h. bei Verdünnung unter die vorgeschriebene Mindesteinsatzkonzentration der Produkte, kann die antikorrosive Wirkung nachlassen und sich das Korrosionsrisiko in der Anlage erhöhen.

Sehr wichtig ist auch die Wasserqualität, die im Anlagenkreislauf eingesetzt wird. <sup>®</sup>Antifrogene erzielen auch in sehr hartem Wasser ihre optimale Wirkung. Deshalb ist zum Verdünnen der <sup>®</sup>Antifrogen-Produkte neben voll entsalztem Wasser auch grundsätzlich jedes Leitungswasser geeignet, das weniger als 100 ppm (100 mg/kg) an Chlorid-Ionen enthält.

### **Wie kann das Korrosionsverhalten der Solen untersucht werden?**

Bei der Entwicklung unserer Wärme- und Kälteflüssigkeiten kommen zahlreiche Tests zur Anwendung. Neben elektrochemischen Untersuchungen, Heißkorrosionstests, Umlauftests, etc. wird auch auf den international anerkannten Korrosionstest nach ASTM D 1384 (**American Society for Testing and Materials**) zurückgegriffen. Dieser Test ermöglicht eine relativ rasche Bewertung des korrosiven Verhaltens einer Sole gegenüber definierten Metallprüfkörpern nach genormten Bedingungen (Test-

be used. Lower concentrations should therefore always be avoided for use with the heat carrier liquids (see also <sup>®</sup>Antifrogen product overview – minimum usage concentrations).

In the case of seriously diluted solutions with water, i.e., dilution in excess of the specified minimum usage concentration of the products, it is possible for the anti-corrosion effect to be reduced and the risk of corrosion within the installation to be increased.

The water quality used in the circuits of the installation is also very important. <sup>®</sup>Antifrogens achieve their optimal effect, even in very hard water. As well as deionized water, it is also possible to use all types of tap water with less than 100 ppm (100 mg/kg) of chloride ions to dilute the <sup>®</sup>Antifrogen products.

### **How can the corrosion behaviour of the solutions be investigated?**

Numerous tests are used during the development of our heat transfer liquids. Apart from electro-chemical tests, hot corrosion tests, circulation tests etc., the internationally recognised corrosion test in accordance with ASTM D 1384 (**American Society for Testing and Materials**) is also used. This test enables a relatively quick evaluation of the corrosive behaviour of a solution towards defined metal specimens in accordance with standard conditions (duration of test: 336 h, temperature: 88 °C, introduction of 6 l air/h). Standard testing is carried out using corrosive ASTM water (this contains defined quantities of sodium sulphate, sodium chloride and sodium carbonate) and is comparable in tap water or deionized water as required.

dauer: 336 h, Temperatur: 88 °C, Einleiten von 6 l Luft/h). Getestet wird standardgemäß in korrosivem ASTM-Wasser (enthält definierte Mengen an Natriumsulfat, Natriumchlorid und Natriumcarbonat), nach Bedarf auch vergleichend in Leitungswasser oder in vollentsalztem Wasser.

Die zu testenden Metallstreifen sind dabei miteinander zum Teil leitend, zum Teil isolierend verbunden (Abbildung 1). Am Testende werden die durch Korrosion entstandenen Metallabträge bestimmt. Gute Testergebnisse werden in weiteren Korrosionstests verifiziert.

The metal specimens to be tested are in part connected to facilitate conducting and in part for insulation (Fig.1). At the end of the test the metal weight loss caused by the corrosion is determined. Satisfactory test results are then verified during further corrosion tests.

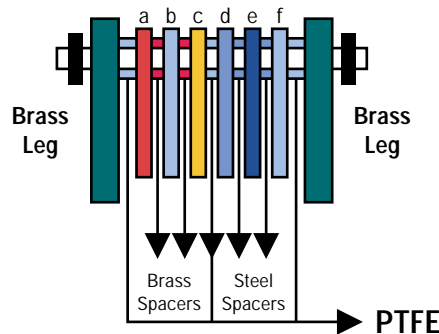


Abbildung 1: Anordnung der Metallstreifen im ASTM D 1384 (von links nach rechts): a = Kupfer, b = Weichlot, c = Messing, d = Stahl, e = Gußeisen, f = Aluminiumguß

Fig. 1: Arrangement of the metal strips in ASTM D 1384 (from left to right): a = copper, b = soft solder, c = brass, d = steel, e = cast iron, f = cast aluminium

Ein konkretes Beispiel für den ASTM D 1384-Test finden Sie in Tabelle 2 bzw. Abbildung 2 (®Protectogen).

A specific example for the ASTM D 1384 test can be found in Table 2 or Fig. 2 (®Protectogen).

®Antifrogener verfügen neben frostprotektiven Eigenschaften auch über die notwendigen Korrosionsinhibitoren und eine ausreichend hohe Reservealkalität, um den beschriebenen korrosiven Einflüssen wirksam gegenüberzutreten zu können. Darüber hinaus schützt die Verwendung von ®Antifrogen auch vor galvanischer Korrosion bei Mischinstallationen.

Apart from frost protecting characteristics ®Antifrogens also have the necessary corrosion inhibitors as well as a sufficiently high reserve alkalinity to effectively handle the corrosive influences already described. Further to that, application of ®Antifrogen also protects against galvanic corrosion in mixed installations.

Der Erwerb unserer Produkte umfaßt einen kostenlosen Service, der unter anderem die regelmäßige Überprüfung (in der Regel alle zwei Jahre) der Frostsicherheit und die Prüfung der Anwesenheit bzw. des Zustands der Inhibitoren in der Sole einschließt, so daß eine spezifische Aussage über die weitere Verwendbarkeit des Mediums getroffen werden kann.

## ®Protectogen

### ®Protectogen komplettiert das ®Antifrogen-Programm

Mit dem neuen ®Protectogen hat man ein Produkt bereitgestellt, das Kaltwassersätze sowie geschlossene Heiz- und Kühlsysteme wirksam vor Korrosion schützt. Das Konzentrat wird mit gewöhnlichem Leitungswasser oder voll entsalztem Wasser abgemischt und ist als Ergänzung zum bestehenden ®Antifrogen-Programm zu sehen.

### Korrosionsschutz

Das Anwendungsmedium für nicht frostgefährdete Bereiche liefert auch dauerhaften Korrosionsschutz. So werden die in geschlossenen Heiz- und Kühlkreisläufen verwendeten Metalle wie Kupfer, Messing, Stahl, Guß, Lot und Aluminium – auch in Kombination – anhaltend vor korrosiven Angriffen geschützt.

Exemplarisch werden in der nachfolgenden Tabelle 2 die nach ASTM D 1384 ermittelten Metallabträge von ASTM-Wasser und ®Protectogen / ASTM-Wasser vergleichend gegenübergestellt:

Purchase of our products includes complimentary service which includes regular checking (generally every two years) for frost production and for the presence or condition of inhibitors in the solution, so that it is possible to give specific advice regarding continued use of the medium.

## ®Protectogen

### ®Protectogen completes the ®Antifrogen product range

The new ®Protectogen effectively protects cold water systems as well as sealed heating and cooling systems against corrosion. The concentrate is mixed with ordinary tap water or deionized water and can be seen as a supplement to the existing ®Antifrogen product range.

### Protection against corrosion

The application medium for areas not threatened with frost also provides durable protection against corrosion, protecting metals such as copper, brass, steel, castings, solder and aluminium, even in combination, permanently against corrosion.

Table 2 below shows comparative examples of the metal weight loss with ASTM water and ®Protectogen/ASTM water obtained in accordance with ASTM D 1384:

Metall/Metal	Massenänderung [g/m <sup>2</sup> ] / Changes in mass [g/m <sup>2</sup> ]	
	®Protectogen (2,0% v/v) / ASTM-Wasser / water	ASTM-Wasser / water ohne Inhibitoren / without inhibitors
Kupfer/Copper (Cu)	-0,7	-1,1
Weichlot/Soft solder (WL 30)	-2,0	-114
Messing/Brass (MS 63)	-0,7	-2,3
Stahl/Steel (St 37)	-0,4	-165
Gußeisen/Castiron (GG 25)	-0,8	-75
Aluminiumguß/ Cast aluminium (AISI 6 Cu3)	-4,8	-96

Tabelle 2: Metallspezifische Massenänderungen im ASTM D 1384-Korrosionstest (Vergleich eines inhibierten ®Protectogen/ASTM-Wassergemisches mit reinem ASTM-Wasser)

Table 2: Metal-specific changes in the mass during the ASTM D 1384 corrosion test (comparison of an inhibited ®Protectogen/ASTM water mixture with pure ASTM water)

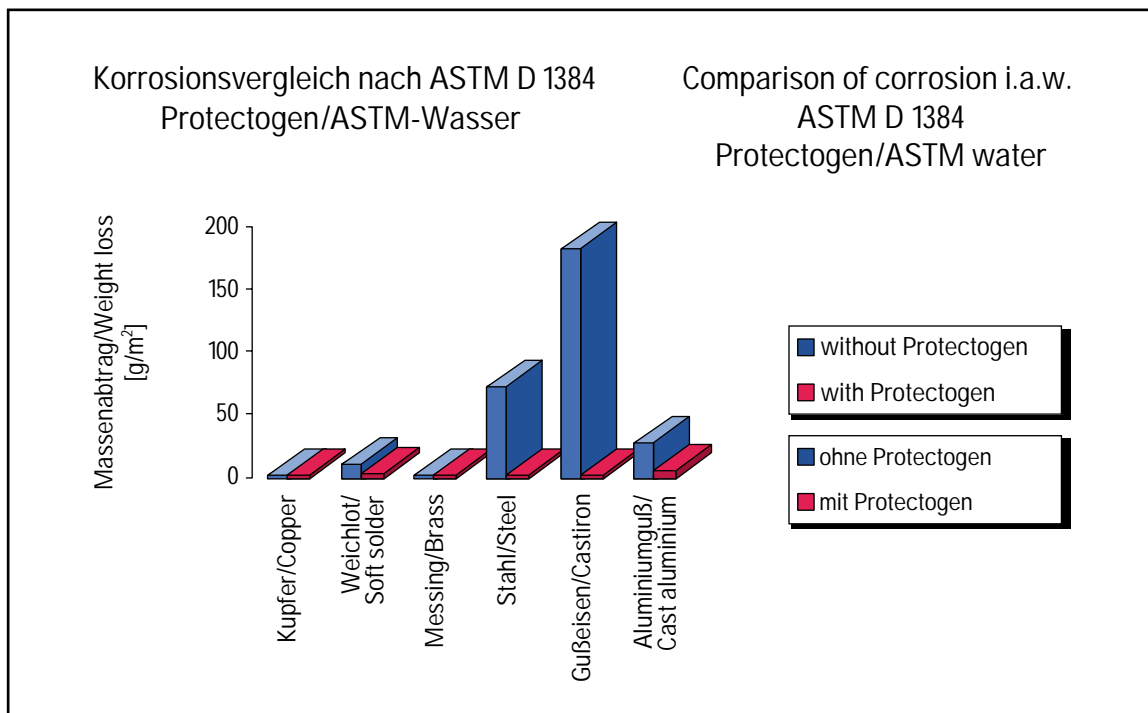


Abbildung 2: Graphische Darstellung der durch ASTM D 1384 ermittelten Massenabträge aus Tabelle 2

Fig. 2: Graphic illustration of the mass reductions from Table 2 and determined in accordance with ASTM D 1384.

## Physikalische Eigenschaften von ®Protectogen

Die nur sehr geringe Einsatzkonzentration von 2,0 Vol.-% (empfohlene minimale und ausreichende Einsatzkonzentration) bedingt kaum eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften und Kenndaten von reinem Wasser. Dichte, Viskosität und spezifische Wärme eines 2%-igen ®Protectogen-Wassergemisches sind deshalb nahezu identisch mit den Kennwerten reinen Wassers. Dies gewährleistet im Vergleich zu glykolphaltigen Wärmeträgerflüssigkeiten (für frostgefährdete Anwendungsbereiche) geringe Druckverluste, reduzierte Pumpleistung und optimale Wärmeabfuhr im System.

## Unser Beitrag zum Umweltschutz

Als Korrosionsschutz-Additive in ®Protectogen werden Stoffklassen wie Amin, Nitrit oder Phosphat nicht verwendet, ebenso wird auf den Einsatz von Schwermetallen gänzlich verzichtet. Zudem ist ®Protectogen frei von jeglichen Glykolen und Silikaten und weist eine sehr gute biologische Abbaubarkeit auf.

## ®Protectogen und Wassergefährdungsklasse

Mit dem Einsatz von ®Protectogen ergibt sich für viele Anwendungen ein Ausweg aus der Problematik der Wassergefährdungsklasse und der damit verbundenen baulichen Auflagen, die je nach Zulassungsbehörde und Bundesland entscheidend differieren können.

Die Neuregelung der Wassergefährdungsklasse (WGK) nach VwVwS (Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe) hat seit 01.06.1999 Gültigkeit. Hiernach gibt es durch den Wegfall der WGK 0 nur noch drei Wassergefährdungsklassen (WGK 1-3). Die bisher als WGK 0 eingestufteten Stoffe bzw. Zubereitungen wurden im Zuge der Revision entweder in die Klasse der nicht was-

## Physical characteristics of ®Protectogen

The low usage concentration of 2.0 Vol.-% (recommended minimum and sufficient usage concentration) hardly causes any change in the physical characteristics of pure water. Density, viscosity and specific heat of a 2% mixture of ®Protectogen and water are therefore almost identical to the ratings of pure water. Compared to glycol-containing heat transfer fluids (for frost-endangered areas), this guarantees low pressure losses, reduced pump output and optimal heat transfer within the system.

## Our contribution to environmental protection

Substance classes such as amine, nitrite or phosphate are not used in ®Protectogen as anti-corrosion additives, nor is there any use of heavy metals. ®Protectogen is also free from glycols and silicates and is highly biodegradable.

## ®Protectogen and water risk class

For many applications ®Protectogen provides an escape route from the problems associated with the threat to water risk class and the associated construction demands which, depending on the approval authority and Federal State, can have a significantly influence.

The new regulation of the water risk class (WGK) according to VwVwS (administrative regulations for water risk substances) has been valid since 01.06.1999. Accordingly, the absence of the WGK 0 ensures that there are now only three water risk classes (WGK 1-3). Substances and mixtures previously classed as WGK 0 were either classed as not being hazardous to water or allocated to WGK 1 (= low risk to water).

sergefährdenden Stoffe eingestuft oder aber der WGK 1 (= schwach wassergefährdend) zugeordnet.

Mit der Neuregelung nach VwVwS geht eine Vielzahl baulicher Auflagen einher, die sich von Bundesland zu Bundesland – teils signifikant – unterscheiden können. Der Betreiber einer Anlage muß danach sicherstellen, daß durch eine potentielle Leckage weder Grundwasser noch fließende Gewässer durch austretende Flüssigkeit belastet werden können. Die möglichen baulichen Maßnahmen hierzu reichen von einer Drucküberwachung (gekoppelt mit automatischer Abschaltung der Umwälzpumpe) bis hin zu Beton- oder Metallwannen, die die gesamte Anlage einfassen sollen. Die konkreten Maßnahmen müssen allerdings individuell mit den zuständigen Zulassungsbehörden diskutiert werden.

Nach der Rechenregel zur Bestimmung der WGK aus den Einzelkomponenten gelten Produkte als nicht wassergefährdend, die jeweils weniger als 0,2 % Komponenten der WGK 3 bzw. weniger als 0,2 % Komponenten der WGK 2 und weniger als 3 % Komponenten der WGK 1 enthalten (jeweils Massen-%).

®Protectogen-Wassermischungen gelten hiernach in der empfohlenen Einsatzkonzentration von 2,0 Volumen-% (entspricht ca. 2,19 Massen-%) als nicht wassergefährdend!

Nähere Informationen zu ®Protectogen können dem technischen Merkblatt entnommen werden, Details zur Wassergefährdungsklasse finden sich in der Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe (VwVwS).

With the new regulation under VwVwS a number of construction demands are introduced which can differ significantly from one Federal State to another. According to this, the operator must ensure that potential leaks of liquids in their installations can neither adversely affect ground water or flowing water. The possible construction measures for this encompass pressure monitoring (coupled to automatic cut-out of the circulating pump) right through to concrete and metal casings encapsulating the entire installation. The concrete measures must, however, be discussed individually with the competent approval authorities.

According to rules for calculating the WGK from the individual components, products are classed as not dangerous to water if they have, in any given case, fewer than 0.2% components of the WGK 3 or fewer than 0.2% components of the WGK 2 and fewer than 3% components of the WGK 1 (in each case mass-%).

®Protectogen water mixtures therefore apply in the recommended application concentrations of 2.0 volume-% (corresponds to approx. 2.19 mass-%) as not dangerous to water!

More detailed information for ®Protectogen can be found in the technical leaflet and details relating to the water risk class can be found in the administrative regulations for water risk substances (VwVwS).



## Produktübersicht

®Protectogen komplettiert die bekannte ®Antifrogen-Produktreihe, deren wichtigste physikalische Kenndaten im folgenden tabellarisch gegenübergestellt werden (siehe hierzu auch „®Antifrogen aktuell No. 22“):

Produkt	® Antifrogen N	® Antifrogen L	® Antifrogen KF	® Antifrogen SOL	® Protectogen
Chemische Basis	Monoethylenglykol, Korrosionsschutz- Additive	1,2-Propylenglykol, Korrosionsschutz- Additive	Kaliumformiat Korrosionsschutz- Additive	1,2-Propylenglykol und höhersiedende Glykole,	Organische Säuren, Korrosionsschutz- Additive
Einsatztemperaturen der Produkt/Wassergemische (von/bis) [°C]	ca. -35 bis +135	ca. -25 bis +150	ca. -53 bis +80* (*bei +80 °C kein Dauereinsatz)	ca. -25 bis +180	ca. +5 bis +95
Mindesteinsatzkonzentration [Vol.-%]	20	25	50	100 (gebrauchsfertig)	2,0
Dichte bei 20 °C [g/cm <sup>3</sup> ]	ca. 1,141	ca. 1,055	ca. 1,350	ca. 1,065	ca. 1,096
Brechungsindex	ca. 1,436	ca. 1,436	ca. 1,392	ca. 1,395	ca. 1,434
pH-Wert	7,5-8,5 (1:2)	7,0-9,0 (1:2)	ca. 11 (unverdünnt)	ca. 8,0 (unverdünnt)	ca. 8,0 (2,0 %)
Kinematische Viskosität [mm <sup>2</sup> /s] bei 20 °C (pur)	ca. 28	ca. 72	ca. 2,5	ca. 7	ca. 350 (unverdünnt)
Kinematische Viskosität [mm <sup>2</sup> /s] bei -30 °C	ca. 55 (44,6 Vol.-%)	ca. 146 (47,3 Vol.-%)	ca. 8 (68,5 Vol.-%)	nicht anwendbar (Gefrierpunkt: -27 °C)	nicht anwendbar
Spezifische Wärme [kJ/(kg*K)] bei 20 °C	ca. 2,3	ca. 2,5	ca. 2,6	ca. 3,4	ca. 4,1 (2,0 %)
Einsatzgebiete	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmepumpen anlagen</li> <li>• Kühlmedium in technischen Anlagen</li> <li>• Warmwasserheizungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kühlmedium im Lebensmittelsektor, z. B. in Kühlhallen, Brauereien, Supermärkten, etc.</li> <li>• Wärmepumpen-anlagen</li> <li>• Feuerlöschmittel in Sprinkleranlagen</li> <li>• Wärmeträger medium in Solaranlagen (nur Flachkollektoren)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tieftemperatur-kühlsolle für den Lebensmittelsektor, z. B. in Supermärkten, Gefrierhallen, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeträger-medium für Solaranlagen (Flachkollektoren und Vakuum-Röhrenkollektoren)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medium für geschlossene Heiz- und Kühlsysteme, Kaltwassersätze und Anlagen, die in Hallen stehen oder keinen Frostschutz benötigen (z. B. in warmen Ländern)</li> </ul>

## Product overview

®Protectogen completes the well known ®Antifrogen product range, the most important physical ratings of which are compared below in table form (see also “®Antifrogen aktuell No. 22”):

Product	® Antifrogen N	® Antifrogen L	® Antifrogen KF	® Antifrogen SOL	®Protectogen
Chemical basis	Mono ethylene glycol, anti-corrosion additive	1.2-Propylene glycol, anti-corrosion additives	Potassium formite, anti-corrosion additives	1.2-Propylene glycol and glycols with a higher boiling point, anti-corrosion additives	Organic acids, anti-corrosion additives
Application temperatures of the product/water x mixtures (from/to) [°C]	Approx. -35 to +135	Approx. -25 to +150	Approx. -53 to +80* (*at +80 °C no long-term application)	Approx. -25 to +180	Approx. +5 to +95
Min. application [concentration [Vol.-%]	20	25	50	100 (ready for use)	2,0
Density at 20 °C [g/cm <sup>3</sup> ]	Approx. 1.141	Approx. 1.055	Approx. 1.350	Approx. 1.065	Approx. 1.096
Refractive index	Approx. 1.436	Approx. 1.436	Approx. 1.392	Approx. 1.395	Approx. 1.434
PH value	7,5-8,5 (1:2)	7,0-9,0 (1:2)	Approx. 11 (undiluted)	Approx. 8.0 (undiluted)	Approx. 8.0 (2.0 %)
Cinematic viscosity [mm <sup>2</sup> /s] at 20 °C (pure)	Approx. 28	Approx. 72	Approx. 2.5	Approx. 7	Approx. 350 (undiluted)
Cinematic viscosity [mm <sup>2</sup> /s] at -30 °C	Approx. 55 (44,6 Vol.-%)	Approx. 146 (47,3 Vol.-%)	Approx. 8 (68,5 Vol.-%)	Not applicable (Freezing point: -27 °C)	Not applicable
Specific heat [kJ/(kg*K)] at 20 °C	Approx. 2.3	Approx. 2.5	Approx. 2.6	Approx. 3.4	Approx. 4.1 (2.0 %)
Fields of application	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heat pumping stations</li> <li>• Cooling medium in technical installations</li> <li>• Hot water heaters</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cooling medium in the food sector, e.g. in refrigeration halls, breweries, supermarkets, etc.</li> <li>• Heat pumping stations</li> <li>• Fire extinguishing medium in sprinkler systems</li> <li>• Heat carrier medium in solar installations (only flat collectors)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low temperature cooling solution for the food sector, e.g. in supermarkets, refrigeration halls, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heat carrier medium for solar Solaranlagen installations (Flat collectors and vacuum pipe collectors)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medium for sealed heating and cooling systems, cold water systems and installations located in halls or which do not need anti-frost protection (e.g. in hot climates)</li> </ul>