

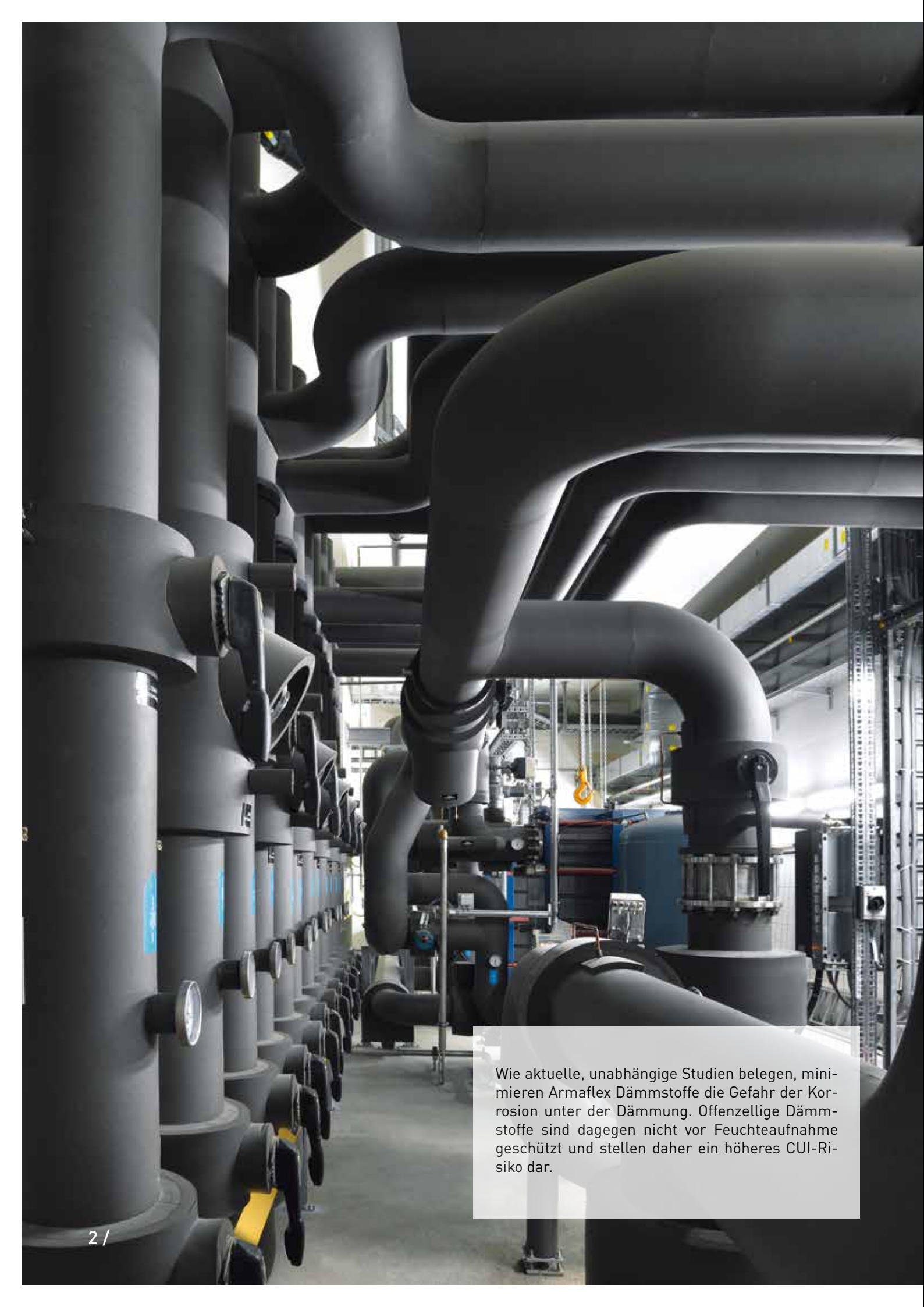
# Korrosionsrisiko unter der Dämmung

Besonders tückisch ist die Korrosion unter der Dämmung (CUI), da sie häufig erst bemerkt wird, wenn bereits umfangreiche Schäden aufgetreten sind. Wie aktuelle, unabhängige Studien belegen, minimieren Armaflex Dämmstoffe die Gefahr der Korrosion unter der Dämmung. Offenzellige Dämmstoffe sind dagegen nicht vor Feuchtaufnahme geschützt und stellen daher ein höheres CUI-Risiko dar.

<http://arma.link/know-how>



**2.5**  
Billionen US \$  
Korrosions-  
schäden



Wie aktuelle, unabhängige Studien belegen, minimieren Armaflex Dämmstoffe die Gefahr der Korrosion unter der Dämmung. Offenzellige Dämmstoffe sind dagegen nicht vor Feuchteaufnahme geschützt und stellen daher ein höheres CUI-Risiko dar.

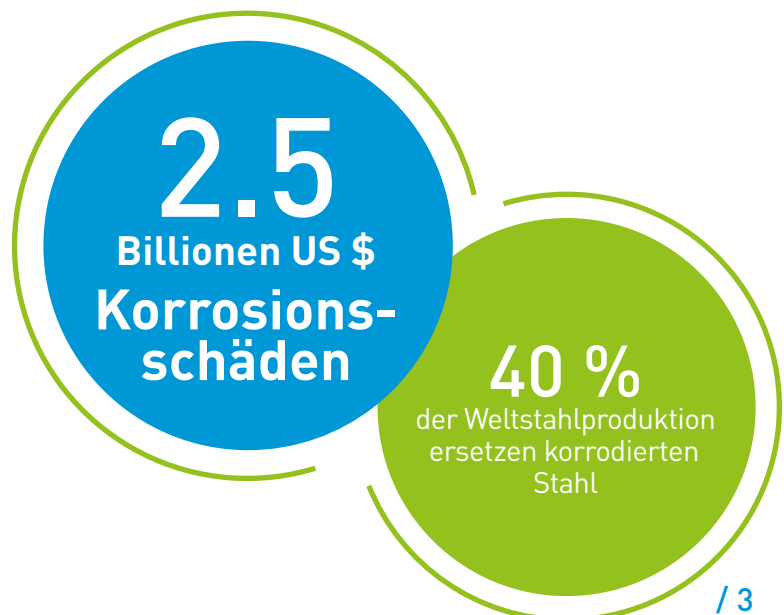
# „RUST NEVER SLEEPS“

---

**Rost schläft nie – rund 40 % der Weltstahlproduktion dienen dazu, durch Korrosion zerstörte Teile zu ersetzen. Korrosionsschäden kosten die Weltwirtschaft jährlich 2,5 Billionen US-Dollar – das sind rund 3 % des globalen Bruttoinlandsprodukts. Besonders tückisch ist die Korrosion unter der Dämmung (CUI), da sie häufig erst bemerkt wird, wenn bereits umfangreiche Schäden aufgetreten sind. Wie gut ein Dämmstoff Anlagenteile vor Korrosion schützen kann, ist also ganz entscheidend bei der Materialwahl.**

## **Korrosion unter der Dämmung kostet die Weltwirtschaft Milliarden**

Der Kampf gegen Rost währt nun schon seit über 3000 Jahren und es ist kein Ende in Sicht. Als der Mensch lernte Eisenerz zu schmelzen, hatte er einen leicht verfügbaren Werkstoff entdeckt, der schnell die bedeutend teurere Bronze ablöste. Bis heute zählt Eisen zu den wichtigsten Rohstoffen der Weltwirtschaft. In feuchter Luft oder im Wasser oxidiert Eisen mit Sauerstoff. Anders als die Oxidschicht von Chrom, Aluminium oder Zink ist das Korrosionsprodukt Rost jedoch porös. Das Metall wird mit zunehmender Zersetzung brüchiger und kann aufgrund des größeren Volumens bis hin zur völligen Zerstörung abplatzen. Die Verwitterung von Eisenwerkstoffen zu Rost verursacht jährlich Schäden in Milliardenhöhe. Korrosion frisst jährlich etwa drei bis vier Prozent der Wirtschaftsleistung, das sind allein in Deutschland 70 Milliarden Euro.





Rund 45 % des Schadens – also ca. 1 Billion US-Dollar – entsteht jährlich in der Öl-, Gas- und petrochemischen Industrie. Nach einer Studie der US-amerikanischen ExxonMobil Chemical Company sind 40 bis 60 % der Wartungskosten an Rohrleitungen auf Korrosion unter der Dämmung (CUI) zurückzuführen. Dabei sind die indirekten Kosten durch Stillstandzeiten der Anlagen noch nicht berücksichtigt. Experten aus der Mineralölindustrie gehen davon aus, dass CUI die Hauptursache von ungeplanten Anlagenabstellungen ist und für mehr Stillstände verantwortlich ist als alle anderen Ursachen zusammen. Schlimmstenfalls können durch Korrosion hervorgerufene Leckagen sogar Brände oder Explosionen verursachen und Menschenleben gefährden.

### **Geeignete Dämmsysteme vermindern Korrosionsrisiko**

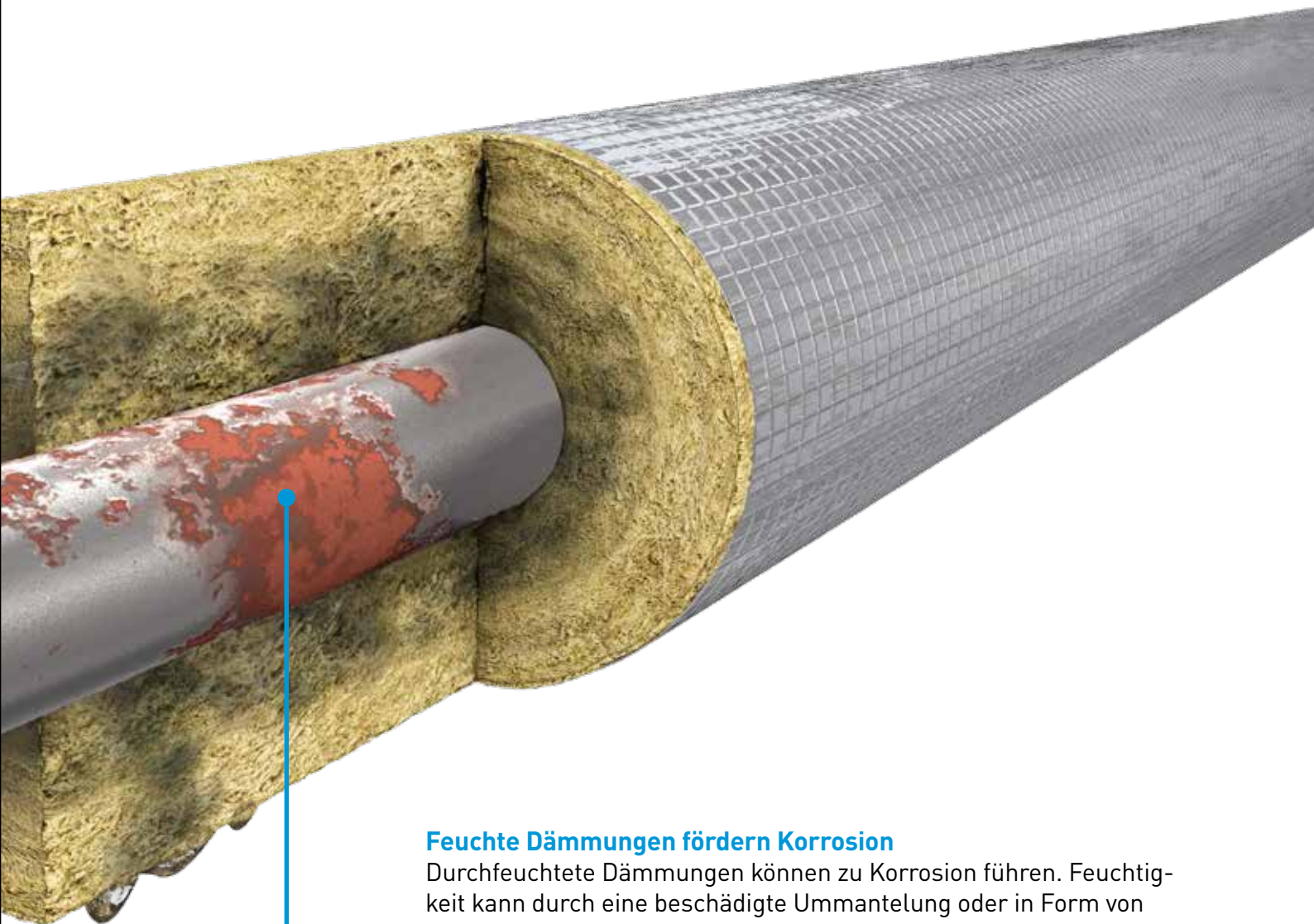
CUI ist heimtückisch: Die Prozesse laufen verdeckt unter der Dämmung ab und werden häufig erst bemerkt, wenn bereits umfangreiche Schäden aufgetreten sind. Betroffen sind Leitungen mit Mediumtemperaturen zwischen 0 °C und 175 °C, wobei Temperaturen über 50 °C als besonders kritisch gelten. Erhöht wird die Gefahr auch, wenn die Anlagen im Wechseltemperaturbetrieb oder nicht kontinuierlich gefahren werden. Temperaturschwankungen bringen die Gefahr mit sich, dass sich Tauwasser in der Dämmung bildet und an die Oberfläche der Leitungen gelangt. In der salzhaltigen Luft von Offshore-Anlagen auf hoher See ist das Risiko ungleich höher, dass mit Chloriden und Sulfaten belastetes Wasser in die Dämmung eindringt und Korrosionsprozesse in Gang setzt.

Dämmungen allein können Anlagenteile nicht vor Korrosion schützen, geeignete Dämmsysteme können den Korrosionsschutz jedoch wirksam unterstützen. Die Wahl des Materials entscheidet darüber, ob die Dämmung das Korrosionsrisiko minimiert oder Korrosionsprozesse begünstigt.

#### **CUI Fakten:**

- 40 bis 60 % der Wartungskosten an Rohrleitungen sind auf Korrosion unter der Dämmung (CUI) zurückzuführen.
- CUI ist die Hauptursache von ungeplanten Anlagenabstellungen und für mehr Stillstände verantwortlich ist als alle anderen Ursachen zusammen.





### Feuchte Dämmungen fördern Korrosion

Durchfeuchtete Dämmungen können zu Korrosion führen. Feuchtigkeit kann durch eine beschädigte Ummantelung oder in Form von Wasserdampfdiffusion in die Dämmung eindringen: Bei kaltgehenden Leitungen entsteht durch die Temperaturdifferenz zwischen kaltem Medium und warmer Umgebungsluft ein Dampfdruckgefälle, das von außen auf die Dämmung einwirkt. Dadurch besteht die Gefahr, dass der in der Luft enthaltene Wasserdampf in die Dämmschicht eindringt, hier kondensiert und den Dämmstoff durchfeuchtet. Die Folgen sind nicht nur eine gravierende Verschlechterung der Dämmeigenschaften und hohe Energieverluste. Wenn sich das Wasser auf der metallischen Oberfläche der Leitung ausbreitet und zugleich Luft eindringen kann, werden Korrosionsprozesse in Gang gesetzt.

Die Zusammenhänge zwischen den eingesetzten Dämmsystemen und dem CUI-Risiko werden in der Öl- und Gasindustrie inzwischen erkannt. Dennoch: Während für Korrosionsschutzsysteme anerkannte Normen und Prüfverfahren zur Bewertung ihrer Leistungsfähigkeit vorliegen, wird der Einfluss von Dämmstoffen auf das CUI-Risiko noch so gut wie gar nicht in internationalen Normen berücksichtigt. So gibt es bislang keinen standardisierten Test, mit dem die Leistungsfähigkeit eines Dämmstoffs zur CUI-Minderung in einer Installationssituation geprüft werden kann.

# ARMAFLEX DÄMMSTOFFE IM CUI HÄRTETEST

Angesichts des Fehlens einer solchen Norm hat Armacell seine Dämmstoffe in einem von TNO-ENDURES (Den Helder, Niederlande) entwickelten Testverfahren prüfen lassen. Das Institut hat für den internationalen Öl- und Gaskonzern Shell einen entsprechenden Test entwickelt, der inzwischen in der Öl- und Gasindustrie weithin anerkannt ist.

## Testaufbau

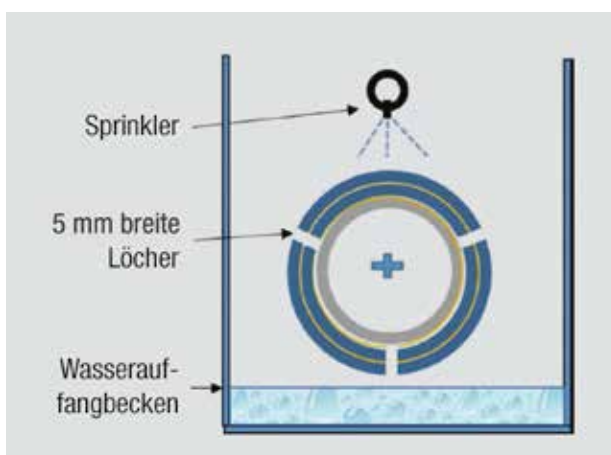
In dem standardisierten Test wurden Armaflex Dämmstoffe einem Worst-Case-Szenario ausgesetzt: Eine gedämmte, unlegierte Stahlleitung mit einer Mediumtemperatur von 80 °C wurde ununterbrochen mit warmem Salzwasser besprüht. Die eine Hälfte der Leitung war mit zwei Lagen Armaflex Platten mit einer Dämmschicht von jeweils 25 mm isoliert (Fall A). Die andere Hälfte der Leitung wurde ebenso präpariert und anschließend mit einer Wetterbarriere aus glasfaserverstär-

ktem Kunststoff ummantelt (Fall B). Um einen Schadensmodus zu simulieren, wurden im Fall A mehrere Löcher durch die gesamte Isolierstärke gebohrt. Im Fall B wurde dagegen ganz bewusst nur die Ummantelung durchbohrt, während die Isolierung unbeschadet blieb. In beiden Fällen war gewährleistet, dass Wasser in die Dämmung eindringen konnte. Diese für das Entstehen von Korrosion idealen künstlichen Bedingungen wurden sechs Monate lang aufrecht erhalten.

## Testergebnisse

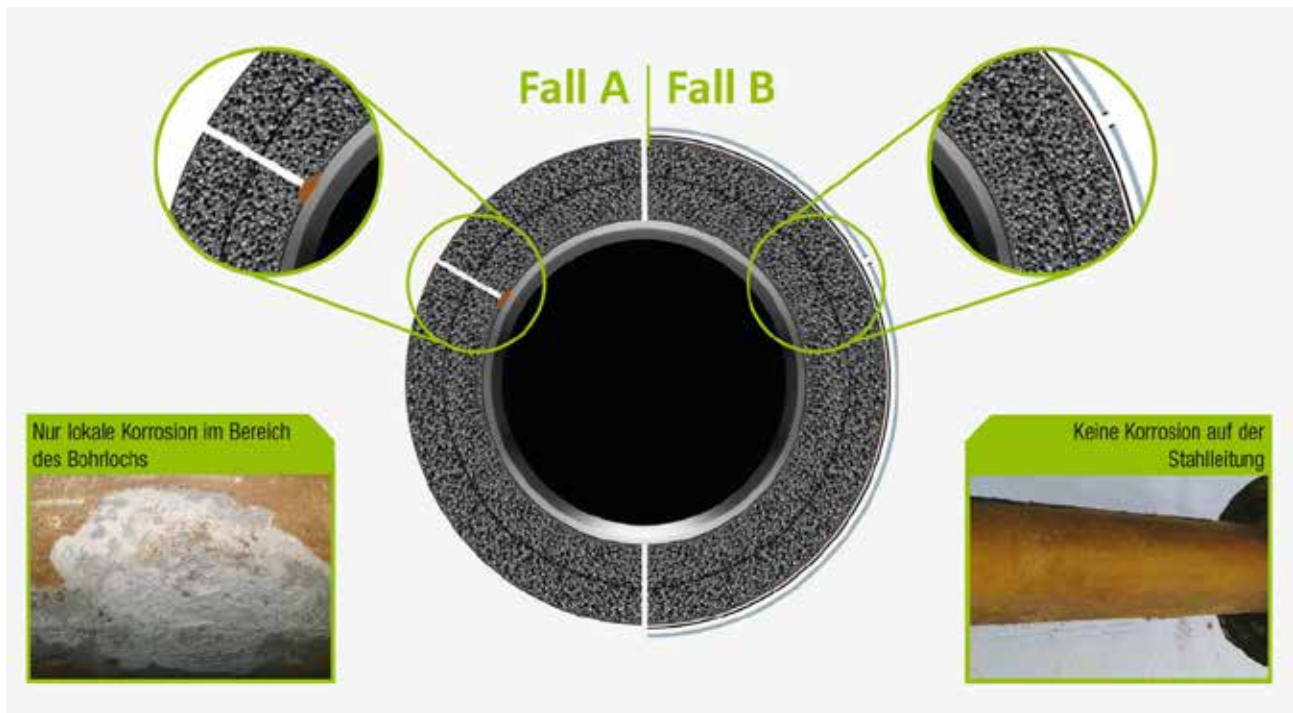
Nach Beendigung der Testphase wurden die Probekörper gründlich untersucht: Im Fall A kam es wie zu erwarten zur Korrosion – die Prozesse beschränkten sich allerdings auf die unmittelbare Umgebung der Bohrlöcher. Alle anderen Bereiche der Leitung, wie z.B. die komplette Unterseite des Rohrs, zeigten keine Spuren von Korrosion. Hier war das Salzwasser offensichtlich nicht hingelangt. Nochmals übertroffen wurden die Erwartungen im zweiten Fall der Untersuchung, in dem die Löcher nur in die Ummantelung gebohrt wurden. Während sich die äußere Dämmschicht nach Testende feucht anfühlte, war die innere Dämmlage komplett trocken. Auf der Stahlleitung wurde keinerlei Korrosion festgestellt. Die Armaflex Isolierung hatte verhindert, dass Feuchtigkeit an die Oberfläche der Leitung gelangt.

Physikalisch erklären lässt sich dieses bemerkenswerte Ergebnis durch die "eingebaute Dampfbremse" des geschlossenzelligen Materials. Der Test hat eindrucksvoll demonstriert, dass Armaflex auch unter extremsten Bedingungen CUI-Prozesse minimiert. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Korrosionsprozesse in diesem Test bewusst ausgelöst wurden. Weder die Umgebungsbedingungen noch die am Armaflex Material hervorgerufenen Schäden spiegeln reale Bedingungen wider.



Testaufbau des von TNO/ENDURES durchgeführten CUI-Tests





Trotz erheblicher Schäden an der Ummantelung weist die Rohrleitung im Fall B keinerlei Anzeichen von Korrosion auf. Im Fall A ist es, wie zu erwarten, zur Korrosion gekommen. Die Prozesse beschränken sich allerdings auf die unmittelbare Umgebung der Bohrlöcher.



Die bewusst ausgelöste Korrosion im Fall A zeigt sich nur im Bereich der Bohrlöcher (s. auch Detailaufnahme). Alle anderen Bereiche der Leitung, wie z.B. die komplette Unterseite des Rohrs (Bild 3), zeigen dagegen keine Spuren von Korrosion. Hier hat die Armaflex Dämmung eine Ausbreitung der Korrosion wirkungsvoll verhindert.

# VERGLEICHSTEST UNTERSCHIEDLICHER DÄMMSYSTEME

Welche Dämmstoffe können das Korrosionsrisiko unter der Dämmung in welchem Maße minimieren? Um die „Widerstandsfähigkeit“ gebräuchlicher Dämmsysteme in Bezug auf das Eindringen von Wasserdampf, das Auftreten und die Ausbreitung von Korrosion in einer Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit zu bewerten, ließ Armacell einen weiteren Test vom auf Korrosionsprüfungen spezialisierten Institut InnCoa (Neustadt/Donau) durchführen.

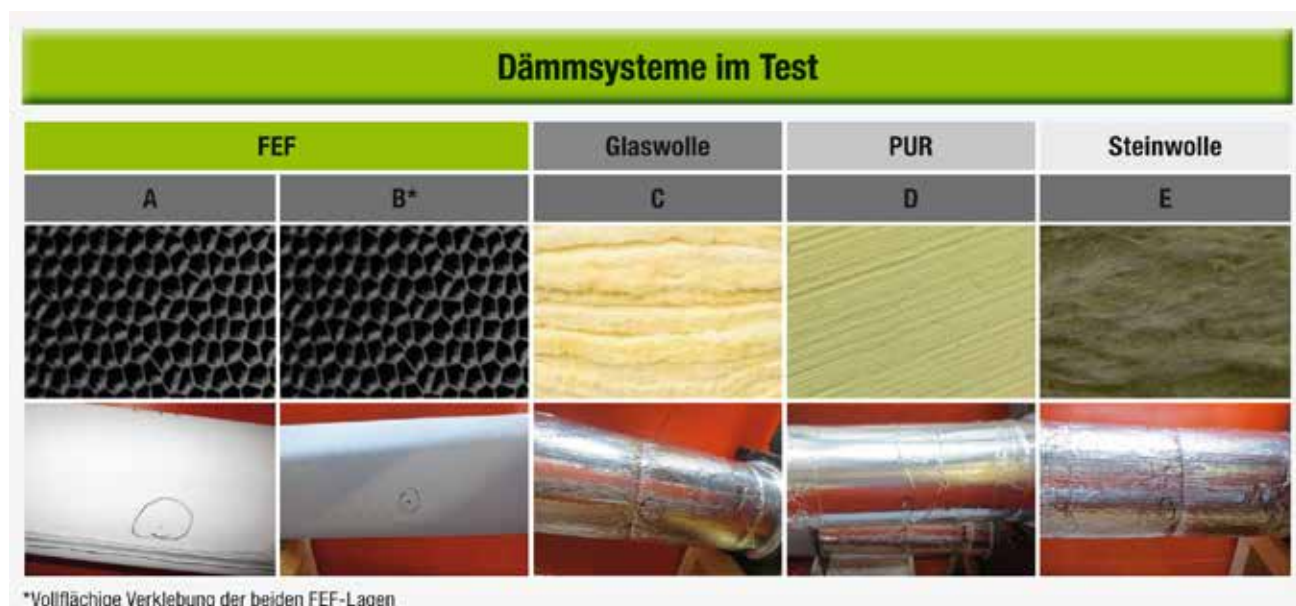
Untersuchungsgegenstand waren fünf unterschiedliche Dämmsysteme:

- **System A:** ein doppelagiger flexibler Elastomerdämmstoff (FEF) mit einer flexiblen Kautschukummantelung (HT/Armaflex Industrial & Arma-Chek R)
- **System B:** wie A, allerdings wurden die beiden FEF-Lagen jeweils vollflächig verklebt (HT/Armaflex Industrial & Arma-Chek R)
- **System C:** Glaswolle mit einer Aluminiumummantelung,
- **System D:** PUR mit einer Aluminiumummantelung und
- **System E:** Steinwolle mit einer Aluminiumummantelung.

## Testaufbau

Die Dämmsysteme wurden fachgerecht auf Stahlleitungen montiert und in einer Klimakammer einer Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt. Um Oberflächenschäden am Dämmsystem zu simulieren, wurde in jeden der fünf Testkörper ein Loch mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Tiefe von ca. 10 mm durch die Ummantelung in die äußere Dämmung gestanzt. So wurde sichergestellt, dass während des Tests Feuchtigkeit in die Dämmung eindringen konnte.

Die Rohre wurden in einer Reihenkonfiguration mit Luftzirkulation installiert. Als Umgebungsbedingungen wurden eine Temperatur von 35 °C (±5 %) und eine relative Luftfeuchtigkeit von 80 % (±10 %) definiert. Die Luftfeuchtigkeit wurde durch zwei offene Gefäße mit einer gesättigten Salzlösung von Ammoniumsulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) mit vier Ventilatoren mit einem Volumenstrom von ca. 2,5 m<sup>3</sup>/min reguliert. Dies gewährleistete, dass die Luft in der Kammer zirkulierte. In den Rohren zirkulierte Wasser mit einer Geschwindigkeit von ca. 27 l/min sowohl für den Kühl- als auch den Heizungskreislauf. Der Wasserkreislauf wurde im 24-Stunden-Zyklus intermittierend







zwischen 5 °C und 80 °C betrieben und die Zyklen liefen während der Dauer des Tests kontinuierlich als Endlosschleife.

Die Testbedingungen wurden über eine Dauer von 65 Tagen aufrecht erhalten. Während dieser Zeit wurden die Konditionen und Proben täglich mindestens einmal durch die Klar-sichthaube der Klimakammer visuell kontrolliert, ohne die Kammer zu öffnen.

Nach Testende wurden die Dämmsysteme demontiert und die Oberfläche der Rohre fotografiert. Die Rohrleitungen wurden untersucht und hinsichtlich der Korrosion bewertet. Anschließend wurden die Oberflächen nach ISO 10289 klassifiziert. Die Norm beschreibt Verfahren zur Korrosionsprüfung von metallischen und anderen anorganischen Überzügen auf metallischen Grundwerkstoffen und die Bewertung der Proben und Erzeugnisse nach einer Korrosionsprüfung. Sie definiert den Schutzgrad  $R_p$ , Schutzfehler und bewertet das Aussehen in der Kategorie  $R_A$ .

Der Schutzgrad  $R_p$  wird in einer Skala von 0 bis 10 bewertet. Ein  $R_p$  von 10 bedeutet, dass

0 % der Oberfläche Korrosion oder andere Defekte aufweist (beste Bewertung). Ein  $R_p$ -Schutzgrad von 0 heißt, dass 50 % oder mehr der Oberfläche Korrosion zeigt (schlechteste Bewertung).

Schutzgrad ( $R_p$ ) und Bewertung des Aussehens ( $R_A$ ) nach ISO 10289	
Fehlerfläche %	Bewertungsgrad $R_p$ oder $R_A$
kein Fehler	10
$0 < A \leq 0,1$	9
$0,1 < A \leq 0,25$	8
$0,25 < A \leq 0,5$	7
$0,5 < A \leq 1,0$	6
$1,0 < A \leq 2,5$	5
$2,5 < A \leq 5,0$	4
$5,0 < A \leq 10$	3
$10 < A \leq 25$	2
$25 < A \leq 50$	1
$50 < A$	0

## Testergebnisse

Die fünf Prüfkörper wurden nach ISO 10289 bewertet und die Korrosionsschutzfähigkeit gemessen. Die Analyse der Korrosionsprodukte wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung mittels energiedispersiver Röntgenmikroanalyse (EDX) durchgeführt.

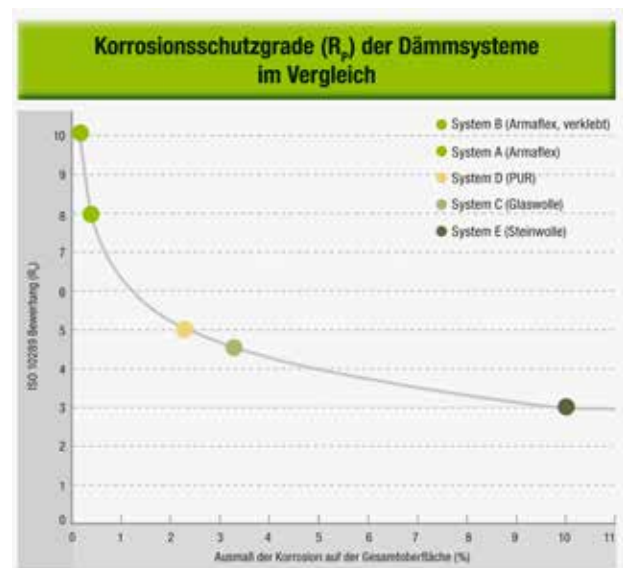
## Korrosionsschutzgrade der Dämmsysteme

Am besten schnitten die beiden FEF-Dämmsysteme im Test ab: Während das System A einen Schutzgrad von  $R_p$  8 erreichte, erzielte der Elastomerschaum mit vollflächiger Verklebung (System B) sogar die Bestnote, also einen  $R_p$  10. Auf der gesamten Rohroberfläche konnten nach 65 Tagen keine Anzeichen von Korrosion festgestellt werden. Die vollflächige Verklebung der Dämmstoffe erhöht den ohnehin schon hohen Korrosionsschutz von FEFs also noch weiter.

Das Dämmsystem aus Glaswolle (System C) erreichte dagegen nur einen Schutzgrad von  $R_p$  4 bis 5. Im Bereich der Oberflächenbeschädigung war es zu Korrosion auf dem Rohr gekommen. Die Analyse zeigte Eisenoxide mit etwas Silizium, das möglicherweise aus Glasfasern stammt. Beim Polyurethan (System D) wurde eine erhöhte Korrosion im Bereich unter der Naht der Dämmschalen festgestellt. Das deutet darauf hin, dass die Naht eine mögliche Schwachstelle in diesem Dämmsystem ist. Das System erreichte einen Schutzgrad von  $R_p$  5.

Bei der Steinwolle zeigten sich die größten Korrosionsschäden, wobei sie zu den Rohrenden abnahmen. Die Oberfläche der Defekte lag zwischen 5 und 10 % der Gesamtrohrfläche. Daraus ergibt sich ein Schutzgrad von  $R_p$  3.

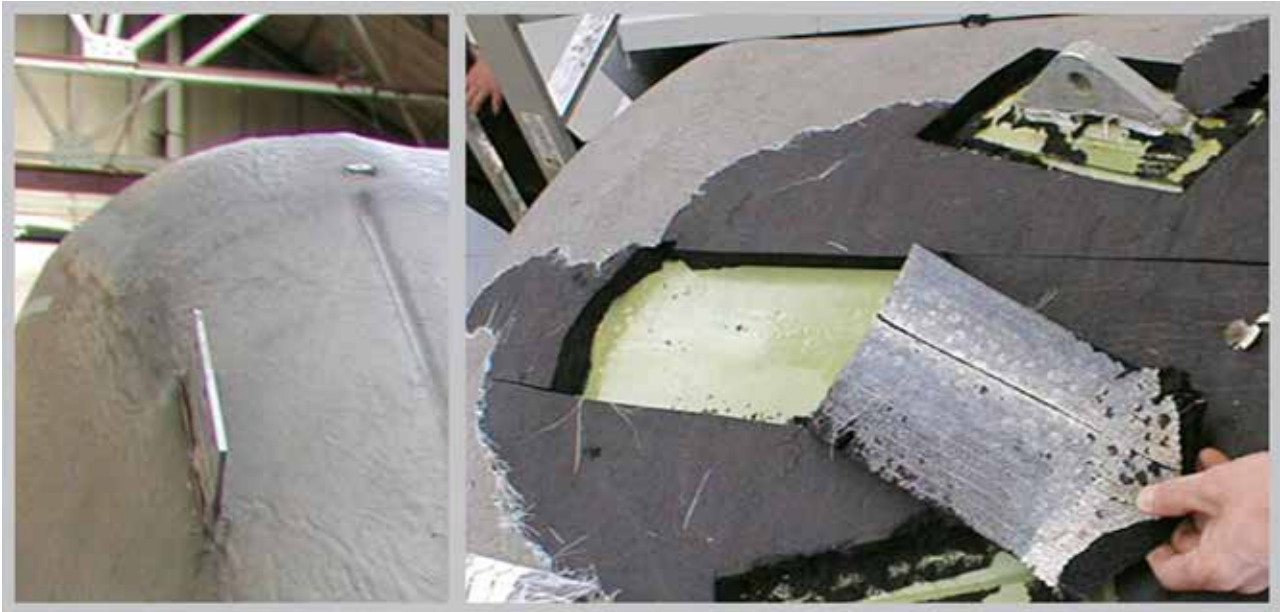
Der Test hat eindrucksvoll demonstriert, dass geschlossenzellige flexible Elastomerschäume, die eine „integrierte Dampfbremse“ besitzen, toleranter gegen kleine Defekte in der Ummantelung und Dämmung sind als andere Dämmsysteme. Wenn Feuchtigkeit in diese Dämmsysteme eindringt und an die Rohroberfläche gelangt, wird dies in der Regel zu CUI führen.



Korrosionsschutzgrade der verschiedenen Dämmsysteme*				
FEF		Glaswolle	PUR	Steinwolle
A	B**	C	D	E
8	10	5 - 4	5	3

\*Korrosionsschutzklassen ( $R_p$ ) gemäß ISO 10289 (10 = „keine Korrosion“)

\*\*Vollflächige Verklebung der beiden FEF-Lagen



Armaflex Dämmstoffe minimieren das Korrosionsrisiko: Die mit Armaflex gedämmte und Arma-Chek ummantelte Dekompressionskammer war während ihres Einsatzes regelmäßig Spritzwasser ausgesetzt. Nach der Ausmusterung der Kammer wurde die Armaflex Dämmung aufgeschnitten. Wie im Bild rechts zu sehen, ist die metallische Oberfläche der Kammer völlig frei von Korrosion.

### Langfristig hohe Funktionsdauer elastomerer Dämmsysteme

Die Ergebnisse der CUI-Tests durch externe, unabhängige Institute bestätigen die sehr guten Erfahrungen, die seit Jahrzehnten weltweit mit Armaflex Dämmungen gemacht werden. Der geschlossenzellige Dämmstoff mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit und einem hohen Wasserdampfdiffusionswiderstand schützt Anlagenteile langfristig zuverlässig vor dem Entstehen von Tauwasser und Energieverlusten. Das hochflexible Material passt sich auch komplexen Strukturen sehr gut an und lässt sich selbst unter schwierigsten Baustellenbedingungen noch mühe-

los installieren. Wie bei Wartungsarbeiten immer wieder festgestellt wird, zeigen mit Armaflex gedämmte Anlagen auch Jahrzehnte nach ihrer Installation keine Spuren von Korrosion. Interne und externe Prüfungen haben gezeigt, dass Armaflex auch nach einer Installationsdauer von weit über 25 Jahren noch über die bei der Herstellung garantierten Werte verfügt. Neben der korrekten Auslegung der Dämmschichtdicken und dem Einsatz systemkompatibler Zubehörartikel ist eine professionelle Verarbeitung nach den Herstellervorgaben ganz entscheidend für eine langfristige Funktionsdauer und -sicherheit des Dämmsystems.



## AUTOR

**Georgios Eleftheriadis**

Armacell Manager Technical  
Marketing EMEA



All data and technical information are based on results achieved under the specific conditions defined according to the testing standards referenced. It is the customer's responsibility to verify if the product is suitable for the intended application. The responsibility for professional and correct installation and compliance with relevant building regulations lies with the customer. Armacell takes every precaution to ensure the accuracy of the data provided in this document and all statements, technical information and recommendations contained within are believed to be correct at the time of publication. By ordering/receiving product you accept the **Armacell General Terms and Conditions of Sale** applicable in the region. Please request a copy if you have not received these.

© Armacell, 2020. ® and TM are trademarks of the Armacell Group and are registered in the European Union, United States of America, and other countries. 00304 | Armacell | Know How | Risk of CUI | 06/2020 | EMEA | DE

# ÜBER ARMACELL

---

Als Erfinder von flexiblen Dämmstoffen für die Anlagenisolierung und führender Anbieter technischer Schäume entwickelt Armacell innovative und sichere thermische, akustische und mechanische Lösungen mit nachhaltigem Mehrwert für seine Kunden. Armacell Produkte tragen jeden Tag maßgeblich zur Steigerung von Energieeffizienz auf der ganzen Welt bei. Mit 3.135 Mitarbeitern und 24 Produktionsstätten in 16 Ländern ist das Unternehmen in den zwei Geschäftsbereichen Advanced Insulation und Engineered Foams tätig. Armacell konzentriert sich auf die Fertigung von Dämmstoffen für die Anlagenisolierung, Hochleistungs-Schäume für die Hightech- und Leichtbau-Industrie und die Aerogelmatten-Technologie der nächsten Generation. Weitere Informationen finden Sie unter: [www.armacell.com](http://www.armacell.com).

**Für weitere Informationen, besuchen  
Sie bitte: [www.armacell.de](http://www.armacell.de)**