

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Schadensanalyse  
Schäden an Elastomerprodukten  
durch mediale Beanspruchung  
Failure analysis  
Defects on elastomeric products  
caused by media-induced stress

VDI 3822  
Blatt 2.2.8 / Part 2.2.8

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung .....	2	Preliminary note .....	2
Einleitung .....	2	Introduction .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>4</b>	<b>1 Scope</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Normative Verweise</b> .....	<b>4</b>	<b>2 Normative references</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Abkürzungen</b> .....	<b>5</b>	<b>3 Abbreviations</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Schäden durch mediale Beanspruchung</b> .....	<b>5</b>	<b>4 Defects caused by media-induced stress</b> .....	<b>5</b>
4.1 Medieneinwirkung .....	5	4.1 Media exposure .....	5
4.2 Übersicht .....	9	4.2 Overview .....	9
4.3 Schadensbilder – Beispiele (Bild 1 bis Bild 7) .....	16	4.3 Failure modes – Examples (Figure 1 to Figure 7) .....	16
Schrifttum .....	20	Bibliography .....	20

VDI-Gesellschaft Materials Engineering (GME)  
Fachbereich Werkstofftechnik

**VDI-Handbuch Werkstofftechnik**  
**VDI-Handbuch Fabrikplanung und -betrieb, Band 1: Betriebsüberwachung/Instandhaltung**  
**VDI-Handbuch Kunststofftechnik**  
**VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion**  
**VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 3: Verfügbarkeit/Schadensanalyse**

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

## Einleitung

Durch Schadensanalysen sollen die Ursachen für schadhafte Veränderungen bei Werkstoffen und Produkten bis hin zum Versagen aufgedeckt werden. Die sich hieraus ergebenden Erkenntnisse bilden die Grundlage gezielter Maßnahmen zur Schadensabhilfe und -verhütung. Eine der Hauptaufgaben der Schadensanalyse ist die Auswahl geeigneter Untersuchungsverfahren und die wissenschaftlich fundierte, zusammenfassende Auswertung der Einzelergebnisse. Die Richtlinienreihe

- definiert Begriffe,
- benennt einheitlich Schadensarten und beschreibt diese,
- leitet zur systematischen Vorgehensweise bei der Schadensanalyse an,
- gewährleistet Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Untersuchungsstellen und
- schafft Voraussetzungen zur nachvollziehbaren Dokumentation.

Aufgrund der häufig gleichzeitig auftretenden chemischen, thermischen und mechanischen Belastungen von Elastomerprodukten überschneiden sich die Schadensphänomene teilweise. Folglich ergeben sich verschiedene Schadensphänomene oder -bilder, die auch in anderen Blättern dieser Richtlinienreihe bereits beschrieben sind.

In dieser Richtlinie wird zwischen den Begriffen „Belastung“ und „Beanspruchung“ nach folgender Begriffsdefinition unterschieden:

- Belastung: Einflussgrößen, die von außen auf das Bauteil einwirken
- Beanspruchung: Reaktion des Materials (Spannung, Verformung usw.) auf die Last (oder die Belastung), die bei Überschreiten der Beanspruchungsgrenzen zu einem Schadensfall führen kann.

## Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

## Introduction

The purpose of failure analysis is to discover the causes of defective changes in materials and products that ultimately lead to failure. The findings from this provide a basis for targeted measures to remedy and prevent failure. One of the main tasks of failure analysis is the selection of appropriate investigation methods and the scientifically sound, comprehensive evaluation of the individual findings. This series of standards

- provides definitions of terms,
- gives consistent designations and descriptions of failure types,
- provides direction for systematically performing failure analyses,
- ensures the comparability of the results obtained by different analytical laboratories and
- creates the prerequisites for a comprehensible documentation.

Because chemical, thermal, and mechanical stresses on elastomer products tend to occur simultaneously, the failure phenomena overlap to a certain extent. This leads to various failure phenomena or failure modes that have also been described in other parts of this series of standards.

This standard distinguishes between the concepts of “load” and “stress”, according to the following definition:

- load: a factor that acts upon a part from outside
- stress: the reaction of the material (strain, deformation, etc.) to the applied load, which can lead to failure when stress limits are exceeded

Siehe zudem VDI 3822 Blatt 2.1.4.

### Einteilung Richtlinienreihe VDI 3822 Blatt 2.2

Die Richtlinienreihe ist folgendermaßen strukturiert:

- Die werkstoffübergreifende Richtlinie VDI 3822 behandelt Grundlegendes zur Vorgehensweise.
- Eine Richtlinie erörtert allgemeine Gesichtspunkte zum komplexen Thema „Alterung von Elastomeren“ (Blatt 2.2.1)
- Drei Richtlinien beschreiben mögliche Ursachen, die bereits vor der Nutzung auftreten können (Blatt 2.2.2 bis Blatt 2.2.4).
- Fünf Richtlinien beziehen sich auf mögliche Ursachen während der Nutzung (Blatt 2.2.5 bis Blatt 2.2.9).
- Eine Richtlinie erläutert die bedeutenden instrumentellen Analysemethoden in der Schadensanalyse (Blatt 2.2.10).

Blatt 2.2.1	Schäden an Elastomerprodukten durch Alterung (in Vorbereitung)
Blatt 2.2.2	Schäden an Elastomerprodukten durch Fehler bei der Compound-Herstellung (in Vorbereitung)
Blatt 2.2.3	Schäden an Elastomerprodukten durch Fertigungsfehler
Blatt 2.2.4	Schäden an Elastomerprodukten durch Fehler bei der Konstruktion
Blatt 2.2.5	Schäden an Elastomerprodukten durch mechanische Beanspruchung
Blatt 2.2.6	Schäden an Elastomerprodukten durch tribologische Beanspruchung (in Vorbereitung)
Blatt 2.2.7	Schäden an Elastomerprodukten durch thermische Beanspruchung (in Vorbereitung)
<b>Blatt 2.2.8</b>	<b>Schäden an Elastomerprodukten durch mediale Beanspruchung</b>
Blatt 2.2.9	Schäden an Elastomerprodukten durch klimatische Beanspruchung
Blatt 2.2.10	Bedeutende instrumentelle Analysemethoden für die Schadensanalyse an Elastomerprodukten (in Vorbereitung)

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3822](http://www.vdi.de/3822).

Die Richtlinien VDI 3822 Blatt 2.2.1 bis Blatt 2.2.10 gelten jeweils nur in Verbindung mit der Richtlinie VDI 3822.

See also VDI 3822 Part 2.1.4.

### Structure of the series of standards VDI 3822 Part 2.2

The series of standards is structured as follows:

- The standard VDI 3822, which applies to a number of different materials, deals with fundamental methodical questions.
- One standard deals with general issues of the complex topic of “elastomer ageing” (Part 2.2.1).
- Three standards describe possible failure causes that apply before use (Part 2.2.2 to Part 2.2.4).
- Five standards deal with possible failure causes during use (Part 2.2.5 to Part 2.2.9).
- One standard explains significant instrumental analysis methods in failure analysis (Part 2.2.10).

Part 2.2.1	Defects on elastomeric products caused by aging (in preparation)
Part 2.2.2	Defects on elastomeric products caused by faulty compounding (in preparation)
Part 2.2.3	Defects on elastomeric products caused by faulty processing
Part 2.2.4	Defects on elastomeric products caused by faulty design
Part 2.2.5	Defects on elastomeric products caused by mechanical stress
Part 2.2.6	Defects on elastomeric products caused by tribological stress (in preparation)
Part 2.2.7	Defects on elastomeric products caused by thermal-induced stress (in preparation)
<b>Part 2.2.8</b>	<b>Defects on elastomeric products caused by media-induced stress</b>
Part 2.2.9	Defects on elastomeric products caused by climate-induced stress
Part 2.2.10	Significant instrumental analysis methods for failure analysis of elastomeric products (in preparation)

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/3822](http://www.vdi.de/3822).

The standards VDI 3822 Part 2.2.1 to Part 2.2.10 are only applicable in conjunction with the standard VDI 3822.

Bei der Ermittlung möglicher Schadensursachen ist zu berücksichtigen, dass sehr ähnliche Schadensbilder durch unterschiedliche Ursachen und/oder Beanspruchungsarten entstehen können. Insofern kann nicht davon ausgegangen werden, dass eine Schadensursache eindeutig identifiziert ist, sobald in einem der Beiblätter ein Schadensphänomen mit dem vorliegenden Schadensbild übereinstimmt. Es liegt aufgrund der fehlenden Eineindeutigkeit in der Verantwortung des Anwenders dieser Richtlinie, stets alle Beiblätter zu berücksichtigen, sofern nicht das Schadensumfeld Ausschlüsse zulässt.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie behandelt Beanspruchungen durch physikalische und chemische Einwirkung eines Mediums und deren Inhaltsstoffe (z.B. Additive) auf ein Elastomer.

Eine physikalische Medieneinwirkung führt nicht zu einer chemischen Reaktion des Mediums oder seiner Additive mit der Polymermatrix, der Vernetzung oder mit anderen Bestandteilen des Elastomerwerkstoffs (z.B. Weichmacher, Antioxidantien, Füllstoffe, Verarbeitungshilfsmittel). Es treten in der Regel reversible Phänomene wie Quellung (Volumenzunahme) oder Schrumpfung infolge von Elutionsvorgängen auf. Dieses kann wiederum zu einer Veränderung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften führen.

Eine chemische Medieneinwirkung liegt vor, wenn es zu einer chemischen Reaktion zwischen dem Medium und/oder seiner Additive und damit zu einer irreversiblen Änderung des Eigenschaftsbilds des Elastomers kommt. Der Anwendungsbereich ist beschränkt auf flüssige Medien einschließlich Säuren und Basen und umfasst Gase, außer Ozon und Sauerstoff (siehe auch VDI 3822 Blatt 2.2.7 und Blatt 2.2.9).

Die Informationen aus dieser Richtlinie dienen lediglich als grundsätzlicher Rahmen. Abweichungen ergeben sich bei Elastomeren insbesondere aufgrund des bestimmungsgemäßen Einsatzzwecks sowie der geltenden Materialspezifikationen und der dort festgelegten Toleranzen anwendungsorientiert hergestellter Elastomerprodukte.

## 2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 3822:2011-11 Schadensanalyse; Grundlagen und Durchführung einer Schadensanalyse

In determining possible causes of failure, it should be kept in mind that very similar failure modes can result from different causes and/or types of stress. Hence, it must not be assumed that the cause of failure has been clearly identified as soon as the observed failure mode corresponds to one of the failure phenomena described in one of the parts of this standard. This is no clear indication; the user of this standard is always responsible for taking all parts into consideration, unless the failure environment justifies exclusions.

## 1 Scope

This standard deals with stresses acting on an elastomer that are due to the physical and chemical exposure to media and their constituents (such as additives).

Physical media exposure will not lead to a chemical reaction of the medium or its additives with the polymer matrix, with the cross-links, or with other constituents of the elastomer material (such as plasticizers, antioxidants, fillers, and processing aids). Typical consequences are reversible phenomena such as swelling (increase in volume) or shrinkage due to elution. These can, in turn, lead to changes in physical/mechanical properties.

Chemical media exposure involves a chemical reaction between the medium, and/or its additives and the elastomer and thus an irreversible change in the elastomer's properties. The scope of this standard is restricted to fluid media including acids and bases and includes gases with the exception of ozone and oxygen (see also VDI 3822 Part 2.2.7 and Part 2.2.9).

The information in this standard are intended solely as a basic framework. Variations between elastomers particularly depend on their intended uses as well as on the applicable material specifications and the tolerances they allow for the individual elastomer products according to the application they were manufactured for.

## 2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 3822:2011-11 Failure analysis; Fundamentals and performance of failure analysis