

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Schadensanalyse  
Schäden an Elastomerprodukten durch Alterung

VDI 3822  
Blatt 2.2.1  
*Entwurf*

Failure analysis – Defects on elastomeric products caused by aging

*Einsprüche bis 2019-11-30*

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal <http://www.vdi.de/3822-2-2-1>
- in Papierform an  
VDI-Gesellschaft Materials Engineering  
Fachbereich Werkstofftechnik  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
Einleitung .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	3
<b>2 Normative Verweise</b> .....	3
<b>3 Theorie und Übersicht zu Alterungsprozessen</b> .....	3
Schrifttum .....	7

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 Schadensarten einheitlich und beschreibt diese
- leitet zur systematischen Vorgehensweise bei der Schadensanalyse an
- gewährleistet die 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 bzw. -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 (z.B. Spannung, Verformung) auf die Last (bzw. die Belastung), die bei Überschreiten der Beanspruchungsgrenzen zu einem Schadensfall führen kann

## Einteilung der Richtlinienreihe VDI 3822 Blatt 2.2

Gemäß dem Bild, dass Schäden an elastomeren Produkten durch Fehler in der Konstruktion (inklusive der Umsetzung von Anforderungen), im Werkstoff, in der Verarbeitung und während der Nutzung entstehen können, wurde die Richtlinienreihe 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).

<b>Blatt 2.2.1</b>	Schäden an Elastomerprodukten durch Alterung
Blatt 2.2.2	Schäden an Elastomerprodukten durch Fehler bei der Compoundherstellung
Blatt 2.2.3	Schäden an Elastomerprodukten durch fehlerhafte Fertigung
Blatt 2.2.4	Schäden an Elastomerprodukten durch fehlerhafte Konstruktion
Blatt 2.2.5	Schäden an Elastomerprodukten durch mechanische Beanspruchung
Blatt 2.2.6	Schäden an Elastomerprodukten durch tribologische Beanspruchung
Blatt 2.2.7	Schäden an Elastomerprodukten durch thermische Beanspruchung
Blatt 2.2.8	Schäden an Elastomerprodukten durch mediale Beanspruchung
Blatt 2.2.9	Schäden an Elastomerprodukten durch klimatische Beanspruchung
Blatt 2.2.10	Bedeutende Analysemethoden für die Schadensanalyse an elastomeren Produkten

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.

Bei der Ermittlung möglicher Schadensursachen ist zu berücksichtigen, dass sehr ähnliche Schadensbilder durch unterschiedliche Ursachen bzw. 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

Alterung ist nach DIN 50035 als Gesamtheit aller im Lauf der Zeit in einem Material irreversibel ablaufenden chemischen und physikalischen Vorgänge definiert. Infolge dieser Vorgänge kommt es bei Elastomeren zu Eigenschafts- und/oder zu Geometrieänderungen, denen in der Schadensanalyse an Elastomerprodukten eine entscheidende Bedeutung zukommen kann.

In dieser Richtlinie werden alle wichtigen Alterungsvorgänge bei Elastomeren, sowie die dabei stattfindenden Mechanismen genannt und diese den verschiedenen Arbeitsblättern zugeordnet. Die damit einhergehenden Eigenschaftsänderungen sind vom Elastomer abhängig. Dabei ist der gesamte Mischungsaufbau, vor allem jedoch der Polymertyp von Bedeutung. Weiterhin spielt, neben der Belastungsart, auch der Grad der Belastung (z.B. die Höhe der Temperatur) auf die beim jeweiligen Schadensfall vorherrschenden Mechanismen und damit auf die Eigenschaftsänderungen eine entscheidende Rolle.

Neben den Eigenschafts- bzw. Geometrieänderungen infolge von Alterungsvorgängen können bei Elastomeren auch temporär vorhandene Eigenschaftsänderungen auftreten (z.B. reversible Quellung), die in der Schadensanalyse ebenfalls zu berücksichtigen sind und in den jeweiligen Arbeitsblättern beschrieben werden.