

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Werkstoff- und Bauteildämpfung
Dämpfung in festen Werkstoffen

Damping of materials and members
Damping of solids

VDI 3830

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline 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
1 Physikalische Phänomene	2	1 Physical phenomena	2
2 Lineare Modelle	4	2 Linear models	4
2.1 3-Parameter-Modelle	4	2.1 3-parameter models.	4
2.2 3-Parameter-Modelle im Standard- versuch	5	2.2 3-parameter models in the standard test	7
2.3 N-Parameter-Modell	7	2.3 N-parameter model	7
2.4 Operatoren Schreibweise.	7	2.4 Operator notation	7
2.5 Kriechen und Relaxation	8	2.5 Creep and relaxation	8
2.6 Harmonische Spannungs- und Dehnungsfunktion.	9	2.6 Harmonic stress and strain function	9
2.7 Mehrachsige Beanspruchung	11	2.7 Three-dimensional stress state	11
2.8 Temperaturabhängigkeit viskoelastischer Materialeigenschaften.	14	2.8 Temperature dependence of viscoelastic material properties	14
2.9 Thermo-rheologisch einfache Werkstoffe	15	2.9 Thermo-rheologically simple materials	15
3 Nichtlineare Modelle	17	3 Nonlinear models	17
3.1 Modelle für statische Hysterese.	17	3.1 Models for static hysteresis.	17
3.2 Modelle für nichtlineare Viskoelastizität	21	3.2 Models for nonlinear viscoelasticity	21
3.3 Modelle für statische Hysterese und Viskoelastizität	22	3.3 Models for static hysteresis and viscoelasticity.	22
Liste der Formelzeichen	24	List of symbols.	24
Schrifttum.	26	Bibliography	26

VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb

Ausschuss Werkstoff- und Bauteildämpfung

VDI-Handbuch Schwingungstechnik
VDI-Handbuch Werkstofftechnik

Vorbemerkung

Das vorliegende Blatt 2 gilt nur in Verbindung mit Blatt 1 „Einteilung und Übersicht“ der Richtlinie VDI 3830.

Die Richtlinie VDI 3830 „Werkstoff- und Bauteildämpfung“ besteht aus folgenden einzelnen Blättern:

- Blatt 1: Einteilung und Übersicht
- Blatt 2: Dämpfung in festen Werkstoffen**
- Blatt 3: Dämpfung von Baugruppen
- Blatt 4: Modelle für gedämpfte Strukturen
- Blatt 5: Versuchstechniken zur Ermittlung von Dämpfungskenngrößen

Preliminary note

This Part 2 of the guideline VDI 3830 only applies in conjunction with Part 1 "Classification and survey" of the same guideline.

The guideline VDI 3830 "Damping of materials and components" comprises the following Parts:

- Part 1: Classification and survey
- Part 2: Damping of solids**
- Part 3: Damping of assemblies
- Part 4: Models for damped structures
- Part 5: Experimental techniques for the determination of damping characteristics

1 Physikalische Phänomene

Experimente zeigen, dass feste Werkstoffe in ihrem Verhalten vom Modell des ideal elastischen Körpers abweichen. Solche Werkstoffe heißen daher *inelastisch*. Die beiden Standardversuche von Bild 1 und Bild 2 verdeutlichen die typischen Eigenschaften des inelastischen Werkstoffverhaltens: Wird der Werkstoff durch einen Spannungssprung $\sigma(t) = \sigma_0 1(t)^1$ beansprucht, so setzt zeitabhängiges Kriechen $\varepsilon(t)$ ein. Wird hingegen nach einem Dehnungssprung $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 1(t)$ die Dehnung festgehalten, sinkt die Spannung $\sigma(t)$ durch atomare, molekulare, kristalline und interkristalline Umordnung (Erholung oder Relaxation).

Bei harmonischer Beanspruchung des Werkstoffes äußert sich inelastisches Verhalten durch Verlust an mechanisch nutzbarer Energie (Hysterese). Bild 3 zeigt zwei solche Hysteresezyklen.

Der für die Dämpfung verantwortliche Verlust an mechanischer Energie pro Volumen (Dämpfungsarbeit pro Volumen) während eines Zyklus der Periodendauer T_p bei ansonsten beliebigem Zeitverlauf beträgt

$$W_D = \oint \sigma d\varepsilon = \int_0^{T_p} \sigma(t) \dot{\varepsilon}(t) dt \quad (1)$$

Eine bezogene Dämpfungskenngröße²⁾ ist der *Werkstoffverlustfaktor*

$$\chi = \frac{W_{Dh}}{2\pi U_{ref}} \quad (2)$$

¹⁾ Der Einheitssprung wird hier mit $1(t)$ bezeichnet.
²⁾ Der Normierungsfaktor 2π wird in der internationalen Literatur nicht durchgängig verwendet.

1 Physical phenomena

Experiments show that solid materials do not behave as predicted by the model of an ideally elastic body. Such materials are therefore called *inelastic*. The two standard tests depicted in Figure 1 and Figure 2 illustrate the typical characteristics of inelastic material behaviour: When the material is subjected to a step-like change in stress, $\sigma(t) = \sigma_0 1(t)^1$, it responds by time-dependent creep, $\varepsilon(t)$. When, on the other hand, the strain is kept constant after a step-like change in strain, $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 1(t)$, the stress, $\sigma(t)$, will decrease due to re-ordering at the atomic, molecular, crystalline, and inter-crystalline levels (recovery or relaxation).

In case of harmonic stressing of the material, inelastic behaviour manifests itself in the form of a loss of usable mechanical energy (hysteresis). Figure 3 shows two such hysteresis cycles.

The loss of mechanical energy per unit volume (damping work per unit volume) during one cycle of period T_p and otherwise arbitrary time history, which effects the damping, is given by the formula:

$$W_D = \oint \sigma d\varepsilon = \int_0^{T_p} \sigma(t) \dot{\varepsilon}(t) dt \quad (1)$$

The *material loss factor* is a relative damping characteristic²⁾:

$$\chi = \frac{W_{Dh}}{2\pi U_{ref}} \quad (2)$$

¹⁾ A unit step is denoted $1(t)$.
²⁾ The normalisation constant 2π is not consistently used in international literature.