

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREBauelemente zur Reduzierung
von Stoßwirkungen
Stoßreduzierelemente

VDI 2061

Modular elements for reduction
of shock effects
Shock reducing elementsAusg. 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	3	Preliminary note	3
Einleitung	3	Introduction	3
1 Begriffe	4	1 Terms and definitions	4
2 Formelzeichen	5	2 Symbols	5
3 Zielsetzungen	7	3 Objectives	7
4 Möglichkeiten zur Reduzierung von Stoßwirkungen	8	4 Possibilities for the reduction of shocks	8
4.1 Physikalische Prinzipien	8	4.1 Physical principles	8
4.2 Mögliche Kennlinien für Kräfte sowie Verzögerungen in Abhängigkeit vom Verzögerungsweg	9	4.2 Possible characteristics for forces, as well as deceleration, dependent on the deceleration stroke	9
5 Auslegung	11	5 Layout	11
5.1 Übersicht	11	5.1 Overview	11
5.2 Berechnung der Aufprallenergie	12	5.2 Calculation of the impact energy	12
5.3 Formeln zur Berechnung der Zielgrößen	15	5.3 Formulae for the calculation of the target variables	15
5.3.1 Allgemeine Formeln für linear wirkendes Stoßreduzierelement	15	5.3.1 General formulae for a linear acting shock reducing element	15
5.3.2 Berücksichtigung des Einflusses nichtlinear wirkender Stoßreduzierelemente	16	5.3.2 Consideration of the influence of non-linear acting shock reducing elements	16
5.3.3 Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes	16	5.3.3 Consideration of a safety coefficient	16
5.3.4 Formeln für die praktische Auslegung von Stoßreduzierelementen	17	5.3.4 Formulae for the practical layout of shock reducing elements	17
5.4 Beispiele zur Ermittlung der Aufprallenergie	18	5.4 Examples for the determination of the impact energy	18
5.4.1 Masse ohne Antriebsenergie	18	5.4.1 Mass without propelling energy	18
5.4.2 Masse mit Antriebsenergie	19	5.4.2 Mass with propelling energy	19

VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb

VDI-Handbuch Schwingungstechnik

	Seite		Page
5.5 Rechnerische Überprüfung der Auswirkungen von Abweichungen der Aufprallgeschwindigkeit, der Aufprallmasse und der Antriebskraft für ein projektiertes Stoßreduzierelement	21	5.5 Arithmetical verification of the effects of deviations of the impact velocity, the impact mass and the propelling force for a projected shock reducing element	21
5.5.1 Übersicht	21	5.5.1 Overview	21
5.5.2 Veränderung der Aufprallgeschwindigkeit v_a	21	5.5.2 Change of the impact velocity v_a	21
5.5.3 Veränderung der Aufprallmasse m_a	22	5.5.3 Change of the impact mass m_a	22
5.5.4 Veränderung der Antriebskraft F_a	22	5.5.4 Change of the propelling force F_a	22
6 Technische Realisierung und Anwendungen	22	6 Technical realization and applications	22
6.1 Allgemeine Hinweise	22	6.1 General references	22
6.2 Reibungspuffer (Reibbremse).	23	6.2 Friction buffer (friction brake)	23
6.3 Stahlfeder, Reibungsfeder.	24	6.3 Steel spring, friction spring.	24
6.4 Rotationspuffer (Rotationsbremse)	24	6.4 Rotation buffer (rotary brake)	24
6.5 Hydraulikpuffer als Sicherheitselement (Notfallpuffer)	24	6.5 Hydraulic buffer as a safety member (emergency buffer)	24
6.6 Hydraulikpuffer als selbsteinstellender Industriestoßdämpfer (für Dauerbetrieb)	26	6.6 Hydraulic buffer as a self-compensating industrial shock absorber (for continuous operation)	26
6.7 Plastisch verformbares Element, Crashbox	28	6.7 Plastically deformable element, crash box	28
6.8 Pralldämpfer (kombinierter Gas-/Hydraulikpuffer + Crashbox)	30	6.8 Impact damper (combined gas/hydraulic buffer + crash box).	30
6.9 Strukturdämpfer.	32	6.9 Profile damper	32
6.10 Elastomerpuffer.	33	6.10 Elastomer buffer	33
6.11 Luftpuffer.	33	6.11 Air buffer	33
7 Experimentelle Überprüfung von Kennlinien (Zielgrößen) eines dimensionierten Stoßreduzierelements	35	7 Experimental verification of characteristic plots (target variables) of a dimensioned shock reducing element	35
7.1 Übersicht	35	7.1 Overview	35
7.2 Prüfeinrichtung für vertikalen Aufprall (Fallprüfstand)	36	7.2 Test equipment for vertical impact (fall-test stand)	36
7.3 Prüfeinrichtungen für horizontalen Aufprall.	36	7.3 Test equipment for horizontal impact	36
7.3.1 Prüfeinrichtung mit mechanischem Antrieb.	36	7.3.1 Test equipment with mechanical drive	36
7.3.2 Prüfeinrichtung mit schiefer Ebene	36	7.3.2 Test equipment with inclined plane	36
7.3.3 Prüfeinrichtung (Masse gegen Masse)	36	7.3.3 Test equipment (mass against mass)	36
7.3.4 Prüfeinrichtung mit Einfachpendel	37	7.3.4 Test equipment with single pendulum	37
7.3.5 Prüfeinrichtung mit Doppelpendel	37	7.3.5 Test equipment with double pendulum	37
Schrifttum	37	Bibliography	37
Anhang		Annex	
A1 Erläuterung hydraulischer Strömungsverluste	38	A1 Explanation of hydraulic flow losses	38
A2 Einfluss der Veränderungen von Masse und Aufprallgeschwindigkeit auf Puffer mit über dem Hub verteilten Drosselbohrungen	40	A2 Influence of the changes of mass and impact velocity on buffers and dimensions with throttling orifices distributed over the stroke	40

Vorbemerkung

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

Allen, die ehrenamtlich an der Erstellung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei auf diesem Wege gedankt.

Alle Rechte vorbehalten, auch das des Nachdrucks, der Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, auszugsweise oder vollständig. Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie als konkrete Arbeitsunterlage ist unter Wahrung des Urheberrechtes und unter Beachtung der VDI-Merkblätter 1 bis 7 möglich. Auskünfte dazu sowie zur Nutzung im Wege der Datenverarbeitung erteilt die Abteilung VDI-Richtlinien im VDI.

Einleitung

Bei einem einmaligen, gegebenenfalls wiederkehrenden Stoß wird als Ziel die Weg-, Kraft- oder Verzögerungsreduzierung angestrebt mittels Umwandlung von Aufprallenergie (kinetische Energie) einer Aufprallmasse in Wärme und vielfach zusätzlich in Deformationsenergie und potenzielle Energie.

Dieses Ziel wird erreicht durch:

- elastische Verformung
- plastische Verformung
- hydraulischen Strömungswiderstand mittels Drosselung von Flüssigkeiten oder Gasen
- Reibung zwischen festen Körpern

Bei den Stoßreduzierelementen sind zu unterscheiden:

- fest eingestellte Stoßreduzierelemente für Sicherheitsanwendungen bei einmaliger Stoßbelastung oder bei seltenen Stoßbelastungen (Notfallpuffer), z.B. Puffer bei Krananlagen, Prellböcke bei Eisenbahnanlagen, Puffer bei Hochregallagern, Crashbox bei Stoßstangen im Kfz
- selbsteinstellende Stoßreduzierelemente (Hydraulikpuffer als selbsteinstellende Industriestößdämpfer) für stark veränderliche Aufprallmassen und regelmäßige Stoßbelastungen bei Produktionsmaschinen, Handhabungsgeräten und anderen mit definierten Endlagen und Positionierungen
- Sonderanwendungen wie Aufzugsbremsen, Puffer bei Eisenbahnen

Im Folgenden werden die Elemente, mit denen die Zielsetzungen erreicht werden können, als Stoßreduzierelemente bezeichnet. Für einzelne Stoßreduzierelemente wird häufig der Begriff Puffer verwendet.

Preliminary note

The content of this guideline has been developed under thorough consideration of the requirements and recommendations of guideline VDI 1000.

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

All rights reserved including those of reprinting, reproduction (photocopying, microcopying), storage in data processing systems, and translation, either of the full text or of extracts. This VDI guideline can be used as a concrete project document without infringement of copyright and with regard to VDI notices 1 to 7. Information on this, as well as on the use in data processing, may be obtained by the VDI Guidelines Department at the VDI.

Introduction

In case of a one-time possibly recurring shock, the stroke, force or deceleration reduction is targeted by means of conversion of impact energy (kinetic energy) of an impact mass into heat and, in addition, multiple into deformation energy and potential energy.

This objective is achieved through the following:

- elastic deformation
- plastic deformation
- hydraulic flow resistance by means of throttling restriction of liquids or gases
- friction between solid bodies

In case of shock reducing elements, the following can be distinguished:

- fixed-adjusted shock reducing elements for security applications with one-time impact load or in case of rare impact loads (emergency buffers), e.g. buffer with crane systems, impact posts with railway constructions, buffers in high-rack storage facilities, crash boxes with bumpers on motor vehicles
- self-compensating shock reducing elements (hydraulic buffer as self-compensating industrial shock absorbers) for strongly changeable impact masses and regular impact loads on production machines, handling devices and other units, with defined end locations and positions
- special applications, such as elevator brakes, buffers of railway stock

In the following, the elements with which the objectives can be achieved are designated as shock reducing elements. For individual shock reducing elements, the term buffer is frequently employed.