ICS 17.160

VDI-RICHTLINIEN

Oktober 2007
October 2007

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Bauelemente zur Reduzierung von Stoßwirkungen
Stoßreduzierelemente

Modular elements for reduction of shock effects
Shock reducing elements

VDI 2061

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

Vorbemerkung 3
Einleitung 3
1 Begriffe 4
2 Formelzeichen 5
3 Zielsetzungen 7
4 Möglichkeiten zur Reduzierung von Stoßwirkungen 8
4.1 Physikalische Prinzipien 8
4.2 Mögliche Kennlinien für Kräfte sowie Verzögerungen in Abhängigkeit vom Verzögerungsweg 9
5 Auslegung 11
5.1 Übersicht 11
5.2 Berechnung der Aufprallenergie 12
5.3 Formeln zur Berechnung der Zielgrößen . . 15
5.3.1 Allgemeine Formeln für linear wirkendes Stoßreduzierelement . . . 15
5.3.2 Berücksichtigung des Einflusses nichtlinear wirkender Stoßreduzierelemente 16
5.3.3 Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes 16
5.3.4 Formeln für die praktische Auslegung von Stoßreduzierelementen 17
5.4 Beispiele zur Ermittlung der Aufprallenergie 18
5.4.1 Masse ohne Antriebsenergie 18
5.4.2 Masse mit Antriebsenergie 19

Contents Page

Preliminary note 3
Introduction 3
1 Terms and definitions 4
2 Symbols 5
3 Objectives 7
4 Possibilities for the reduction of shocks . . . 8
4.1 Physical principles 8
4.2 Possible characteristics for forces, as well as deceleration, dependent on the deceleration stroke 9
5 Layout 11
5.1 Overview 11
5.2 Calculation of the impact energy 12
5.3 Formulae for the calculation of the target variables 15
5.3.1 General formulae for a linear acting shock reducing element . . . 15
5.3.2 Consideration of the influence of non-linear acting shock reducing elements 16
5.3.3 Consideration of a safety coefficient 16
5.3.4 Formulae for the practical layout of shock reducing elements . 17
5.4 Examples for the determination of the impact energy 18
5.4.1 Mass without propelling energy . . . 18
5.4.2 Mass with propelling energy 19

VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb

VDI-Handbuch Schwingungstechnik

Frühere Ausgabe: 01.06 Entwurf, deutsch
Former edition: 01/06 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2007

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2007

Seite

5.5 Rechnerische Überprüfung der Auswirkungen von Abweichungen der Aufprallgeschwindigkeit, der Aufprallmasse und der Antriebskraft für ein projektiertes Stoßreduzierelement 21
5.5.1 Übersicht 21
5.5.2 Veränderung der Aufprallgeschwindigkeit v_a 21
5.5.3 Veränderung der Aufprallmasse m_a . 22
5.5.4 Veränderung der Antriebskraft F_a . . 22

6 Technische Realisierung und Anwendungen 22
6.1 Allgemeine Hinweise 22
6.2 Reibungspuffer (Reibbremse). 23
6.3 Stahlfeder, Reibungsfeder. 24
6.4 Rotationspuffer (Rotationsbremse) 24
6.5 Hydraulikpuffer als Sicherheitselement (Notfallpuffer) 24
6.6 Hydraulikpuffer als selbsteinstellender Industriestoßdämpfer (für Dauerbetrieb) . 26
6.7 Plastisch verformbares Element, Crashbox 28
6.8 Pralldämpfer (kombinierter Gas-/ Hydraulikpuffer + Crashbox) 30
6.9 Strukturdämpfer. 32
6.10 Elastomerpuffer 33
6.11 Luftpuffer 33

7 Experimentelle Überprüfung von Kennlinien (Zielgrößen) eines dimensionierten Stoßreduzierelements 35
7.1 Übersicht 35
7.2 Prüfeinrichtung für vertikalen Aufprall (Fallprüfstand) 36
7.3 Prüfeinrichtungen für horizontalen Aufprall. 36
7.3.1 Prüfeinrichtung mit mechanischem Antrieb. 36
7.3.2 Prüfeinrichtung mit schiefer Ebene . 36
7.3.3 Prüfeinrichtung (Masse gegen Masse) 36
7.3.4 Prüfeinrichtung mit Einfachpendel . 37
7.3.5 Prüfeinrichtung mit Doppelpendel . 37

Schrifttum 37

Anhang
A1 Erläuterung hydraulischer Strömungsverluste 38
A2 Einfluss der Veränderungen von Masse und Aufprallgeschwindigkeit auf Puffer mit über dem Hub verteilten Drosselbohrungen 40

Page

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 Overview 21
5.5.2 Change of the impact velocity v_a . . 21
5.5.3 Change of the impact mass m_a . . . 22
5.5.4 Change of the propelling force F_a. . 22

6 Technical realization and applications 22
6.1 General references 22
6.2 Friction buffer (friction brake) 23
6.3 Steel spring, friction spring. 24
6.4 Rotation buffer (rotary brake) 24
6.5 Hydraulic buffer as a safety member (emergency buffer) 24
6.6 Hydraulic buffer as a self-compensating industrial shock absorber (for continuous operation) 26
6.7 Plastically deformable element, crash box 28
6.8 Impact damper (combined gas/ hydraulic buffer + crash box). 30
6.9 Profile damper 32
6.10 Elastomer buffer 33
6.11 Air buffer 33

7 Experimental verification of characteristic plots (target variables) of a dimensioned shock reducing element. 35
7.1 Overview. 35
7.2 Test equipment for vertical impact (fall-test stand) 36
7.3 Test equipment for horizontal impact . . . 36
7.3.1 Test equipment with mechanical drive 36
7.3.2 Test equipment with inclined plane . 36
7.3.3 Test equipment (mass against mass) 36
7.3.4 Test equipment with single pendulum 37
7.3.5 Test equipment with double pendulum 37

Bibliography 37

Annex
A1 Explanation of hydraulic flow losses . . . 38
A2 Influence of the changes of mass and impact velocity on buffers and dimensions with throttling orifices distributed over the stroke 40