

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Reduzierung der Stoßauswirkungen bei einzelnen
und periodisch wiederkehrenden Stößen auf
schwingungsfähige Systeme

VDI 4552

Entwurf

Reduction of the effects of shocks of individual
and periodically recurring shocks on vibratory
systems

Einsprüche bis 2019-31-03

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal
<http://www.vdi.de/einspruchsportal>
- in Papierform an
VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung
Fachbereich Schwingungstechnik
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

| Inhalt | Seite |
|--|-------|
| Vorbemerkung | 2 |
| Einleitung..... | 2 |
| 1 Anwendungsbereich | 2 |
| 2 Normative Verweise | 3 |
| 3 Begriffe | 3 |
| 4 Formelzeichen | 4 |
| 5 Stöße | 4 |
| 5.1 Übersicht | 4 |
| 5.2 Dirac-Stoß..... | 4 |
| 5.3 Realer Stoß | 5 |
| 5.4 Modelle realer Stöße..... | 5 |
| 5.5 Stoßfolgen periodisch wiederkehrender Stöße..... | 6 |
| 5.6 Stoßfolgen regellos bzw. scheinbar regellos wiederkehrender Stöße | 7 |
| 5.7 Impulsänderung bei Stößen | 7 |
| 6 Messung und Erzeugung von Stößen | 8 |
| 6.1 Messung von Stößen..... | 8 |
| 6.2 Erzeugung von Stößen für Messzwecke | 8 |
| 7 Stoßauswirkungen – Antworten schwingungsfähiger Systeme auf Stöße | 8 |
| 7.1 Übersicht | 8 |
| 7.2 Einzelstoß | 8 |
| 7.3 Periodische Stoßfolge | 9 |
| 7.4 Stoßspezifische Besonderheiten..... | 9 |
| 8 Reduzierung von Stoßauswirkungen (Maßnahmen/Nebenwirkungen) | 10 |
| 8.1 Übersicht | 10 |
| 8.2 Stoßisolierung (Schwingungsisolierung von Stößen) | 10 |
| 8.3 Isolierung von Frequenzanteilen von Stößen..... | 12 |
| 8.4 Dämpfung..... | 13 |
| 8.5 Schwingungstilgung bei Stößen..... | 13 |
| 8.6 Aktive und semiaktive Maßnahmen zur Reduzierung der Stoßauswirkung | 13 |
| 8.7 Beispielhafte Ausführungen von Maßnahmen zur Reduzierung von Stoßauswirkungen | 13 |
| 8.8 Reduzierung von Stoßauswirkungen am Beispiel von Anwendungsfällen. | 15 |
| 8.9 Bauelemente zur Reduzierung von Stoßauswirkungen..... | 15 |
| Schrifttum | 16 |

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)
Fachbereich Schwingungstechnik

VDI-Handbuch Schwingungstechnik

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), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

An der Erarbeitung dieser Richtlinie waren beteiligt:

Christian Alscher, Hamburg

Joachim Conseur, Berlin

Martin Dietrich, Rankweil

Dr.-Ing. *Georg Enß*, Zeven

Nikolas Jünger, Salzhemmendorf

Dr.-Ing. *Harald Kammerer*, Berlin

Dmitri Kammerlocher, Stuttgart

Dr.-Ing. *Florian Knopf*, Berlin

Wilhelm Müller, Hamburg

Wolfgang Spatzig, Chemnitz

Thorsten Stege, Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. *Waldemar Stühler*, Berlin

Dr.-Ing. *Volker Wittstock*, Chemnitz

Christian Wobbe, Hamburg

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

Einleitung

Stöße sind kurzzeitige starke Krafteinleitungen auf ein schwingungsfähiges System. Sie treten an Maschinen und Anlagen entweder prozessbedingt auf, z. B. bei Schmiedehämmern und Umformmaschinen, oder sie sind Auswirkungen von hochdynamischen Bewegungen, z. B. Zustellen und Positionieren, insbesondere mit Anschlägen oder durch Kniehebelkinematiken.

Alle Stöße führen zu erzwungenen Schwingungen, deren Folgen u. a. Verschleiß von Anlage und Werkzeug, Lärm, Erschütterungen, Wandern der Maschine und Fertigungsungenauigkeiten sein können.

In Abhängigkeit der Antwort des schwingungsfähigen Systems werden die Stöße wie folgt unterschieden:

- 1) Einzelstoß
ein einmalig auftretendes Ereignis

- 2) Stoßfolge abgeklungener Einzelstöße
Die Antwort des schwingungsfähigen Systems ist nach einer Stoßeinwirkung und bei Beginn des folgenden Stoßes abgeklungen.

- 3) Stoßfolge nicht abgeklungener Einzelstöße
Die Antwort des schwingungsfähigen Systems nach einer Stoßeinwirkung und bei Beginn des folgenden Stoßes ist nicht abgeklungen.

Da der Stoß eine Breitbanderregung darstellt, ist die Stoßantwort bei Fall 1 und Fall 2 durch die Übertragungsfunktion des gestoßenen Systems charakterisiert, das System schwingt daher dominant in seinen Eigenfrequenzen. Bei Fall 3 tritt im Frequenzspektrum zusätzlich noch die Stoßfolgefrequenz auf.

Stöße entstehen in den meisten Fällen durch Massenkräfte bei starken Beschleunigungen oder Verzögerungen, z. B. bei aufeinander stoßenden Massen; weiterhin entstehen sie beispielsweise durch explosionsartige chemische Reaktionen und durch starke (kurzzeitige) elektromagnetische Felder.

Die Änderung der Beschleunigung, die auch als Ruck bezeichnet wird, und damit auch die einer Kraft haben im Fall von Kraftsprüngen ähnliche Auswirkungen auf ein System wie Stöße. Ein Ruck entsteht in erster Linie bei der Entlastung vorgespannter Systeme. Eine genaue Unterscheidung zwischen Ruck und Stoß ist nicht genau möglich, da sie sich wechselseitig bedingen. In der Praxis wird deshalb zwischen Stoß und Ruck in vielen Fällen nicht unterschieden.

1 Anwendungsbereich

Die Einwirkung von Stößen auf ein schwingungsfähiges System führt zu erzwungenen Schwingungen des Systems. Deren Auswirkungen können in der Regel mit Methoden der Schwingungsisolierung, Schwingungsdämpfung oder Schwingungstilgung beeinflusst werden.

Im Gegensatz zu einer harmonischen Schwingungserregung reicht eine Frequenzbetrachtung zur Beurteilung der Stoßantwort nicht aus. Es ist auch eine Betrachtung von Schwingungserregung und -antwort im Zeitbereich erforderlich, da die Maximalwerte der Schwingungen nicht mehr aus dem Frequenzspektrum ermittelt werden können.

Bei Stoßfolgen nicht abgeklungener Einzelstöße ist die Methode der klassischen Schwingungsisolierung (reine harmonische Erregung, reine Einzelstoßerregung) oft nicht ausreichend, eine unbedachte Anwendung führt in manchen Fällen sogar zur gegenteiligen Wirkung, nämlich einer Schwingungsverstärkung. Solche Fälle erfordern die ge-

naue Betrachtung der möglichen Nebenwirkung der klassischen Schwingungsisolierung.

Zusätzlich zu den Methoden der Schwingungsisolierung, Schwingungsdämpfung oder Schwingungstilgung sollten weitere Maßnahmen beachtet werden, beispielsweise

- die Gestaltung des Aufstellorts und der Umgebung sowie
- technische und konstruktive Maßnahmen zur Reduktion der Schwingungserregung und zur Vermeidung von Schwingungsverstärkungen an der Schwingungsquelle.