

50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau
von Makro bis Nano /
Mechanical Engineering
from Macro to Nano**

Proceedings

Fakultät für Maschinenbau /
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel
Dipl.-Ing. Helge Drumm
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.
Werner-von-Siemens-Str. 16
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Dipl.-Ing. S. Frank / Univ. Prof. Dr.-Ing. habil G. Höhne

Stoßjustierung mit Zusatzkraft

ABSTRACT

Um den Dynamikbereich von Impulsaktoren zu erweitern wird vorgeschlagen, den Stoßimpulsen eine gezielt veränderbare statische Zusatzkraft F_{RZ} in Stellrichtung zu überlagern. Der Impulsaktor ermöglicht dann einerseits die bekannten feinfühligsten Stellbewegungen ($F_{RZ}=0$), gleichzeitig kann bei Stellbewegungen im „Eilgang“ die Positioniergeschwindigkeit mit Hilfe der zugeschalteten Zusatzkraft vervielfacht werden.

Stand der Technik

Das Prinzip der Stoßjustierung ist Stand der Technik und für verschiedenste Anwendungsfälle wie die Justage mikrooptischer Bauelemente sowie zum gerichteten Fassen von Linsenbaugruppen dokumentiert [1], [2]. Es ist dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Stößel auf das zu stellende Bauteil in Richtung der geforderten Bewegung gestoßen wird. Ein Teil der kinetischen Energie des Stößels wird dabei auf das Bewegungselement übertragen in dessen Folge sich dieses um eine definierte Wegstrecke Δs bewegt (Bild 1).

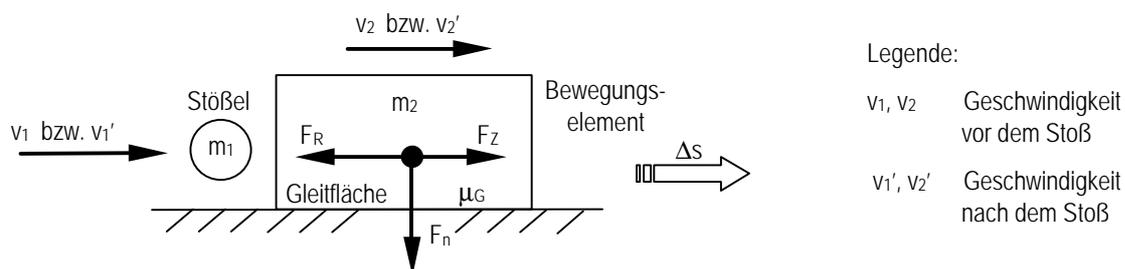


Bild 1: Stoßjustierung

Trotz starker Abstraktion der tatsächlichen Vorgänge ist die klassische Stoßtheorie, basierend auf Impulssatz (1-1) und Energiesatz (1-3) ein effektives Werkzeug zur Beschreibung des Impulsaktors. Stoßdauer und zeitlicher Kraftverlauf während des Stoßprozesses bleiben bei dieser Theorie unberücksichtigt, die durch plastische Stoßvorgänge entstehende Energiedifferenz wird jedoch mit dem Stoßfaktor e erfasst (1-2).

$$\text{Impulssatz} \quad m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' \quad (1-1)$$

$$\text{Stoßfaktor} \quad e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} \approx -\frac{v_1'}{v_1} \quad (1-2)$$

$$\text{Energiesatz} \quad \frac{m_2}{2} \cdot v_2'^2 + F_Z \cdot \Delta s = F_n \cdot \mathbf{m}_G \cdot \Delta s \quad (1-3)$$

$$\text{Schrittweite} \quad \Delta s = \frac{m_1^2 \cdot v_1'^2 \cdot (1+e)^2}{2 \cdot m_2 \cdot (F_n \cdot \mathbf{m}_G - F_Z)} \quad (1-4)$$

Alle Einflussgrößen auf die Impulsschrittweite, verdeutlicht in Gleichung (1-4), lassen sich klassifizieren in solche die durch die Gestalt des Bewegungselementes und jene die durch den Impulsfaktor bestimmt sind. Die aktive Beeinflussung der Schrittweite erfolgt vorteilhaft durch die Stoßelaufreffgeschwindigkeit V_1 .

Schrittweitenvergrößerung durch Zusatzkraft

Um den Dynamikbereich möglicher Stellbewegungen zu erweitern wird vorgeschlagen, den Stoßimpulsen eine gezielt veränderbare statische Zusatzkraft F_Z in Stellrichtung zu überlagern (Bild 1). Diese Zusatzkraft muss stets kleiner als die vorhandene Gleitreibungskraft ($F_n \cdot \mu$) an der Gleitfläche sein, denn nur so ist sichergestellt dass keine selbständige Stellbewegung auslöst wird und jeder Stellschritt endlich ist.

Additiv zur kinetischen Energie in Folge des Stoßes wird durch die Zusatzkraft dem Bewegungselement die Energie ($F_Z \cdot \Delta s$) zugeführt. Da die Gesamtenergie in Form von Reibarbeit ($F_n \cdot \mu_G \cdot \Delta s$) über die Bewegungsdauer abgebaut wird, ergibt sich mit steigender Zusatzkraft eine erhöhte Impulsschrittweite Δs .

Bereits in der Schrittweitengleichung (1-4) wurde F_Z berücksichtigt. Um deren verstärkende Wirkung zu verdeutlichen, wird in Gleichung (1-5) die relative Zusatzkraft F_{RZ} definiert.

$$F_{RZ} = \frac{\text{Zusatzkraft}}{\text{Gleitreibungkraft}} = \frac{F_Z}{F_n \cdot \mathbf{m}_G} \quad (0 \leq F_{RZ} < 0,9) \quad (1-5)$$

F_{RZ} sollte stets kleiner als 0,9 sein, denn nur so ist eine ausreichende Sicherheit gegenüber unkontrollierten Stellbewegungen gegeben. Unter Nutzung der Schrittweitengleichung (1-4) folgt:

$$\Delta s = \frac{m_1^2 \cdot v_1^2 \cdot (1+e)^2}{2 \cdot m_2 \cdot (F_n \cdot m_G - F_Z)} = \frac{m_1^2 \cdot v_1^2 \cdot (1+e)^2}{2 \cdot m_n \cdot F_n \cdot m_G} \cdot \left(\frac{1}{1-F_{RZ}} \right) \quad (1-6)$$

Der geklammerte Faktor am Gleichungsende kennzeichnet die verstärkende Wirkung der Zusatzkraft und ist in Bild 2 als Funktion der relativen Zusatzkraft aufgetragen.

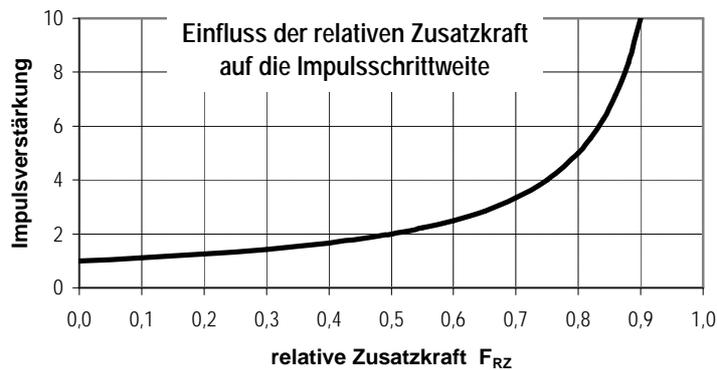


Bild 2: Zusammenhang zwischen relativer Zusatzkraft und Impulsvervielfachung

Der in Gleichung (1-6) ermittelte Zusammenhang konnte experimentell bestätigt werden. Mit überlagerter statischer Zusatzkraft ist eine maximale Impulsvervielfachung von 10 erreichbar. Der Impulsfaktor ermöglicht dann einerseits die bekannten feinfühligsten Stellbewegungen ($F_{RZ}=0$), gleichzeitig kann bei Stellbewegungen im „Eilgang“ die Positioniergeschwindigkeit mit Hilfe der aktivierten Zusatzkraft vervielfacht werden. Gegenüber der sonst üblichen Erhöhung von Stoßelmasse, Auftreffgeschwindigkeit bzw. Impulsfrequenz ist mit Hilfe der Zusatzkraft die Vibrationsbelastung reduziert.

Literatur- bzw. Quellenhinweise:

- [1] Siebenhaar, C.: „Präzisionsjustierungen durch Einleitung von mechanischen Impulsen“, VDI Fortschritt-Berichte Nr.340, Düsseldorf, 2001
- [2] Yung-Tien Liu, Toshiro Higuchi, Rong-Fong Fung: A novel precision positioning table utilizing impact force, Precision Engineering 27, 2003

Autorenangabe(n):

Dipl.-Ing. S. Frank
 Carl Zeiss Jena GmbH
 Zentralbereich Forschung und Technologie
 Carl Zeiss Promenade 10
 07745, Jena
 Tel.: +49 (0) 3641 51 64 36 96
 Fax: +49 (0) 3641 64 24 59
 E-mail: s.frank@zeiss.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. G. Höhne
 Technische Universität Ilmenau
 FG für Konstruktionstechnik
 Langewiesener Str. 22,
 98693, Ilmenau
 Tel.: +49 (0) 3677 46 90 21
 Fax.: +49 (0) 3677 46 90 62
 guenter.hoehne@tu-ilmenau.de