

Forschungsberichte Mechatronik & Maschinenakustik

**Peter Kytka**

**Robuste Regelungskonzepte zur Steigerung  
der Positioniergenauigkeit linear angetriebener,  
aktiv gelagerter Werkzeugmaschinenachsen**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag  
Aachen 2009

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2008

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-7983-7

ISSN 1616-5470

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

Peter Kytka

„Robuste Regelungskonzepte zur Steigerung der Positioniergenauigkeit linear angetriebener, aktiv gelagerter Werkzeugmaschinenachsen“

An die von Werkzeugmaschinen gefertigten Werkstücke werden heutzutage immer höhere Genauigkeitsanforderungen gestellt. Bei der Werkstückfertigung werden die mechanisch-elastischen Achsenstrukturen zu Schwingungen angeregt, die aus dem Bearbeitungsprozess am Werkstück sowie aus Trägheitskräften in Verbindung mit dem dynamischen Verfahren der Maschinenachsen entstehen. Diese Schwingungen übertragen sich auf das Werkstück und verschlechtern die Bearbeitungsgenauigkeit. Eine Möglichkeit, eine Schwingungsreduktion zu erzielen und somit die Positioniergenauigkeit zu erhöhen, liegt in der Nutzung von Mechatronik in Werkzeugmaschinen. Dabei kommt der „künstlichen Intelligenz“ der Maschine, d.h. der Maschinensteuerung, die zur Positionierung der Maschinenachsen notwendig ist, eine wesentliche Rolle zu. Unter dem Gesichtspunkt stetig steigender Rechenleistung digitaler Signalprozessoren ist zu erwarten, dass immer komplexere und leistungsfähigere Regel- und Steuerungsverfahren bzw. Regelungskonzepte implementiert werden können.

In diesem Zusammenhang werden in der vorliegenden Arbeit Optimierungspotenziale für eine typische Maschinenachsenkonfiguration abgeleitet, geeignete Konzepte entwickelt und moderne Verfahren angewendet. Deren Untersuchung erfolgt im Zusammenhang mit der Komponente Linearantrieb zur Positionierung der Maschinenachsen sowie der Komponente aktive hydrostatische Lagerung, die eine Schwingungsreduktion durch direkten Eingriff in den Kraftfluss der Maschinenstruktur ermöglicht.

Den Schwerpunkt bilden Verfahren auf der Grundlage eines Systemmodells. Dazu gehören sowohl die modellbasierte robuste  $\mu$ -Reglersynthese als auch Steuerungsverfahren, die mit Hilfe eines inversen Systemmodells eine gewisse Kompensation der Systemdynamik ermöglichen. Um eine hohe Regelgüte zu gewährleisten, ist die Modellgenauigkeit von entscheidender Bedeutung. Deshalb werden moderne Methoden zur Identifikation genauer, linearer Modelle untersucht und weiterentwickelt, um eine einfache und effiziente Anwendung zu ermöglichen. Darüber hinaus wird ein theoretisches Modell entwickelt, das sich zur Erprobung aller entwickelten Konzepte eignet.

Ein Transfer der Verfahren von der Forschung in die industrielle Anwendung stellt nach wie vor eine Herausforderung dar. Um zu zeigen, dass diese Herausforderung in Verbindung mit den entwickelten Methoden und Konzepten bewältigt werden kann, wird die digitale Implementierung eines robusten modellbasierten Reglers in einer konventionellen Industrierzeugmaschine aufgezeigt. Im Vergleich zu konventionellen Regelverfahren, die dem Stand der Technik entsprechen, ist eine deutliche Steigerung der Regelgüte möglich.

Für eine weitere Steigerung der Bearbeitungsgenauigkeit sind hydrostatische Lager, die in den Führungen der Maschinenachsen integriert werden, eine geeignete Wahl. Im Sinne einer mechatronischen Komponente werden aktive hydrostatische Lager in den Führungen einer z-Achse integriert. An einem entsprechenden Prüfstand wird in Verbindung mit den entwickelten Konzepten gezeigt, dass es möglich ist, sowohl die Dämpfungs- als auch die Steifigkeitseigenschaften zu verbessern und somit unerwünschte Schwingungen zu reduzieren. Darüber hinaus wird ein innovatives Regelungskonzept in der Simulation erprobt, das die Interaktion zwischen beiden aktiven Komponenten, d.h. dem Linearantrieb und den aktiven Lagern effizient ausnutzt.