

# Innovative Klein- und Mikroantriebstechnik

# 124

**ETG-Fachbericht**

*Vorträge der 8. ETG/GMM-Fachtagung  
am 23. September 2010 in Würzburg*

*mit CD-ROM*

*Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG)  
VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik,  
Mikro- und Feinwerktechnik (GMM)*

ETG-Fachbericht

**124**

# Innovative Klein- und Mikroantriebstechnik

Vorträge der 8. ETG/GMM-Fachtagung  
am 23. September 2010 in Würzburg

Veranstalter:  
Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG)

in Zusammenarbeit mit  
VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik  
(GMM), Fachausschuss „Elektrische Geräte und Stellantriebe“

Wissenschaftlicher Tagungsleiter:  
G. Huth, Technische Universität Kaiserslautern

mit CD-ROM

**VDE VERLAG GMBH** · Berlin · Offenbach

**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

ISBN 978-3-8007-3301-9

ISSN 0341-3934

© 2010 VDE VERLAG GMBH, Berlin und Offenbach, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, Germany  
[www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de)

Alle Rechte vorbehalten · All rights reserved

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbeschreibungen etc. berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und von jedermann benutzt werden dürfen. Aus der Veröffentlichung kann nicht geschlossen werden, dass die beschriebenen Lösungen frei von gewerblichen Schutzrechten (z. B. Patente, Gebrauchsmuster) sind. Eine Haftung des Verlags für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Programme, Schaltungen und sonstigen Anordnungen oder Anleitungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts des Werks ist ausgeschlossen. Die gesetzlichen und behördlichen Vorschriften sowie die technischen Regeln (z. B. das VDE-Vorschriftenwerk) in ihren jeweils geltenden Fassungen sind unbedingt zu beachten.

Druck: DDZ Digital-Druck-Zentrum GmbH, Berlin  
CD-Produktion: DMS – Disk Media Service, Berlin  
Printed in Germany

## Vorwort

In der Antriebstechnik besteht ein genereller Trend der mechanischen, elektrischen und informationstechnischen Integration in den technologischen Prozess. Für die Klein- und Mikroantriebstechnik trifft das in ganz besonderem Maße zu. Es entstehen so zum Teil komplexe mechatronische Antriebssysteme, deren Produktentwicklung ein hohes Maß an Entwicklungsqualität verlangt. Die Vermittlung von Methoden- und Systemkompetenz sowie der effiziente Einsatz von Entwicklungstools sind hierzu eine notwendige Voraussetzung. Bei der Forderung nach immer kürzeren Innovationszyklen kann die Simulation von Antriebskomponenten sowie des gesamten Antriebssystems die Entwicklungszeit, aber auch die Entwicklungsrisiken, deutlich senken. Neben der reinen Simulation ermöglichen durchgängige Entwicklungstools auch eine schnelle experimentelle Erprobung. Dies ist von steigender Bedeutung, wird doch das Betriebsverhalten des Antriebes zunehmend durch Steuer- und Regelalgorithmen bestimmt.

AC-Servomotoren, zunächst für die Realisierung von Positionierantrieben entwickelt, erobern zunehmend neue Anwendungen im Volumensegment der Stellantriebe. Ziel ist hier neben einer angepassten Performance besonders der geräuscharme Betrieb. Neben der klassisch rotatorisch angetriebenen Vorschubachse gewinnt der Linear-Direktantrieb zunehmend an Bedeutung.

Feinwerktechnisch und in Zukunft vor allem mikrotechnisch hergestellte Antriebe und Antriebskomponenten eröffnen neue Anwendungsmöglichkeiten, gerade wenn es um die Miniaturisierung von Systemen geht. Neben den sogenannten konventionellen Antriebsprinzipien gewinnen in diesem neuen Segment auch die unkonventionellen Aktorprinzipien, wie zum Beispiel piezoelektrische Aktoren, an Bedeutung.

Die Fachtagung „Innovative Klein- und Mikroantriebstechnik“ informiert über diese aktuellen Entwicklungen mit ausgewählten Fachvorträgen und bietet ein Forum für Entwickler, Hersteller und Anwender von Klein- und Mikroantrieben für den fachlichen und persönlichen Austausch. Die Fachtagung soll darüber hinaus die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen fördern.

## Wissenschaftliche Tagungsleitung

G. Huth, Technische Universität Kaiserslautern

## Programmausschuss

W. Amrhein	ACCM – Johannes Kepler Universität Linz
T. Bertolini	Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co.KG, Schönaich
A. Binder	Technische Universität Darmstadt
A. Dietz	Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg
C. Fräger	Fachhochschule Hannover
B. Hagemann	Schneider Electric Motion GmbH, Lahr
J. Halfmann	Robert Bosch GmbH, Bühl
R. Hartrampf	Festo AG Co.KG, Esslingen
G. Huth	Technische Universität Kaiserslautern
G. Konstas	Wittenstein cyber motor GmbH, Igersheim
B. Ponick	Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover
W. Schinköthe	Universität Stuttgart
M. Schmohl	Metabowerke GmbH, Nürtingen

## Auswahlverfahren

Die in diesem Tagungsband abgedruckten Beiträge haben ein zweistufiges Auswahlverfahren durchlaufen:

- Der Programmausschuss hat die Kurzfassungen bewertet, die von den Autoren bei einem „Aufruf zu Beiträgen“ eingereicht wurden, und geeignete Beiträge ausgewählt.
- Die vollständigen Tagungsbandbeiträge wurden von dem Programmausschuss vor Drucklegung durchgesehen, Änderungen mit den Autoren abgestimmt und zum Druck freigegeben.

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Servoantriebe

<b>1.1 Was ist der richtige Servoantrieb für die Anwendung? .....</b>	<b>7</b>
C. Fräger, Fachhochschule Hannover	
<b>1.2 Durchmesserkonforme Integration einer Servoelektronik an einem 22mm-Motor .....</b>	<b>13</b>
A. Wagener, Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG, Schönaich	
<b>1.3 Eisenloser PM-Synchronmotor auf der Basis des Doppelspulenaktors .....</b>	<b>19</b>
M. Engel, G. Huth, Technische Universität Kaiserslautern	
<b>1.4 High-Speed EC-Motoren .....</b>	<b>25</b>
R. Pittini, D. Ramon, maxon motor AG, Sachseln	

## 2 Mechatronische Antriebssysteme

<b>2.1 Entwurf und experimentelle Untersuchung eines lagerlosen permanenterregten Hochdrehzahlmotors für 60.000 / min .....</b>	<b>31</b>
T. Schneider, A. Binder, Technische Universität Darmstadt	
<b>2.2 Innovatives Qualitätsmanagement für elektro-magneto-mechanische Energiewandler .....</b>	<b>37</b>
O. Radler, T. Kellerer, T. Ströhla, Technische Universität Ilmenau; A. Gadyuchko, STZ Mechatronik, Ilmenau	
<b>2.3 Miniaturisierte Servoantriebe mit kapazitivem Encoder .....</b>	<b>45</b>
M. Nienhaus, Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG, Schönaich	
<b>2.4 Kompakte elektro-hydraulische Motor-Pumpeneinheit mit permanentmagneterregter Synchronmaschine in Zahnspulentechnik als Antriebsmotor .....</b>	<b>51</b>
M. Scheidt, Hydac Electronic GmbH, Saarbrücken	

## 3 Antriebssteuerung und -regelung, Messsysteme

<b>3.1 Magnetische Messung – neue Wege der Funktionsprüfung bei der Herstellung von Magnetaktoren .....</b>	<b>59</b>
A. Gadyuchko, E. Kallenbach, STZ Mechatronik, Ilmenau	
<b>3.2 Kleinantriebe mit integrierter busfähiger Betriebselektronik .....</b>	<b>65</b>
A. Lelkes, GEFEG-NECKAR Antriebssysteme GmbH, Gosheim; D. Iles, Ingenieurbüro Dr. Iles, St. Georgen	
<b>3.3 Neuartige magneto-resistive Sensorlösungen für rotatorische und lineare Antriebe .....</b>	<b>71</b>
R. Slatter, R. Buß, Sensitec GmbH, Lahnau	

<b>3.4 Auswertung magnetischer Eigenschaften von permanentmagneterregten Synchronmaschinen zur geberlosen Regelung .....</b>	<b>77</b>
J. Reill, German Aerospace Center, Wessling; B. Piepenbreier, I. Hahn, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	
 <b>4 Piezoelektrische Antriebe und Schrittmotorantriebe</b>	
<b>4.1 Neuartiger Wimperantrieb auf piezoelektrischer Basis .....</b>	<b>83</b>
P. Pott, H. F. Schlaak, Technische Universität Darmstadt	
<b>4.2 Piezoelektrische Schreitantriebe in höchst präzisen Linearverstellern .....</b>	<b>87</b>
C. Stiebel, Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Karlsruhe	
<b>4.3 Entwurf und Simulation eines rotatorischen Mikroreluktanzschrittmotors .....</b>	<b>93</b>
G. Janssen, A. Waldschik, S. Büttgenbach, B. Ponick, Gottfried-Wilhelm-Leibniz Universität Hannover	
<b>4.4 Berechnung von Hybridschrittmotoren .....</b>	<b>99</b>
C. Stübig, B. Ponick, Gottfried-Wilhelm-Leibniz Universität Hannover	
 <b>5 Direktantriebe</b>	
<b>5.1 Geometrisch optimierte Rastkräfte bei Lineardirektantrieben .....</b>	<b>105</b>
P. Joerges, W. Schinköthe, Universität Stuttgart	
<b>5.2 Neuer Gestaltungsansatz bei aerostatisch geführten Ein- und Mehrkoordinatenantrieben .....</b>	<b>111</b>
F. Mochel, W. Schinköthe, Universität Stuttgart	
<b>5.3 Einsatz hochintegrierter Mikroantriebe in Endoskopen .....</b>	<b>117</b>
F. Bühs, M. Kelp, W. Vogel, Technische Universität Berlin	
 <b>6 Entwurf und Simulation von Antriebskomponenten und Systemen</b>	
<b>6.1 Reduzierung der Rechenzeiten bei multikriterieller Optimierung und FEM-Berechnung von Betriebsdiagrammen mittels Parallel-Processing .....</b>	
H. Hans, elmoCAD Engineering GmbH, St. Georgen <i>(Beitrag lag bei Drucklegung nicht vor)</i>	
<b>6.2 Effizienzsteigerung der mathematischen Modellierungsmethoden von mechatronischen Einheiten .....</b>	<b>123</b>
M. Revin, Südrussische Staatliche Technische Universität, Nowotscherkassk; S. Rosenbaum, T. Ströhla, Technische Universität Ilmenau	
<b>6.3 Entwicklung bipolarer Miniaturhubmagnete für die Großserie .....</b>	<b>129</b>
M. Herrmann, S. Schnitter, J. Gassmann, Saia-Burgess Dresden GmbH, Dresden	