

**Ein Beitrag zur Messung
statischer und dynamischer
Eigenschaften von
elektro-magneto-mechanischen
Energiewandlern und deren
Komponenten**

Oliver Radler



Universitätsverlag Ilmenau
2011

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Diese Arbeit hat der Fakultät für Maschinenbau der Technischen Universität Ilmenau als Dissertation vorgelegen.

Tag der Einreichung: 22. Dezember 2010

1. Gutachter: Dr.-Ing. Tom Ströhla
(Technische Universität Ilmenau)

2. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. h.c. Eberhard Kallenbach
(Steinbeis Transferzentrum Mechatronik Ilmenau)

3. Gutachter: Dr. sc. techn. Christian Redemann
(LEVITEC GmbH Hanau)

Tag der Verteidigung: 17. Juni 2011

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

Universitätsverlag Ilmenau

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag

Herstellung und Auslieferung

Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG

Am Hawerkamp 31

48155 Münster

www.mv-verlag.de

ISSN 2193-0007 (Druckausgabe)

ISBN 978-3-86360-007-5 (Druckausgabe)

urn:nbn:de:gbv:ilm1-2011000252

Titelfoto: Sören Rosenbaum

Ilmenauer Schriften zur Mechatronik - ISM

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Thomas Sattel und
Dr.-Ing. Tom Ströhla
Fachgebiet Mechatronik an der TU Ilmenau

Band 1

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Stand der Technik	1
1.2	Ableitung der Aufgabenstellung	7
1.3	Einordnung in die Tätigkeit der Arbeitsgruppe	9
2	Ferromagnetische Werkstoffe	13
3	Messung magnetischer Eigenschaften	17
3.1	Statische Magnetisierung	18
3.2	Dynamische Magnetisierung	19
3.3	Probenformen	21
3.4	Messung magnetischer Eigenschaften mit der Induktionsmethode	24
3.5	Einspulenmessung	27
3.5.1	Messgeräte mit Einspulenmessung	27
3.5.2	Grenzen bestehender Messsysteme mit Einspulenmessung	30
4	Konzeption eines universellen Prüfaufbaus	37
4.1	Konzept	37
4.2	Komponenten	40
4.2.1	Strommessung	40
4.2.2	Spannungsverstärker	44
4.2.3	Analog-digital- und digital-analog-Wandlung	48
4.2.4	Benutzerschnittstelle	50
4.3	Regelungskonzept	51
4.3.1	Grundlagen	51
4.3.2	Regelung mit zeitdiskreter Rückkopplung	53
4.3.3	Analoger PI-Regler mit digitaler Steuerbarkeit	60
4.3.4	Vergleich der Regler	62
4.4	Realisierung der Einspulenmessung	64

4.4.1	Alternatives Verfahren zur Einspulenmessung	64
4.4.2	Temperaturkompensation der Einspulenmessung	66
4.5	Ablauf einer Messung	71
4.6	Der Demonstrator	74
5	Anwendungsbeispiele	77
5.1	Messung von Materialeigenschaften	77
5.1.1	Statische Materialkennlinien	78
5.1.2	Dynamische Materialkennlinien	82
5.1.3	Messung von Verlusten mit realer Erregung	85
5.1.4	Messung von Proben mit ungleichförmigem Querschnitt	87
5.2	Messung von Aktoren	92
5.2.1	Dynamische elektromagnetische Energiewandlung	92
5.2.2	Messungen an schnellschaltenden Elektromagneten	112
6	Zusammenfassung	117
	Verzeichnis der verwendeten Symbole und Abkürzungen	121
	Literaturverzeichnis	127