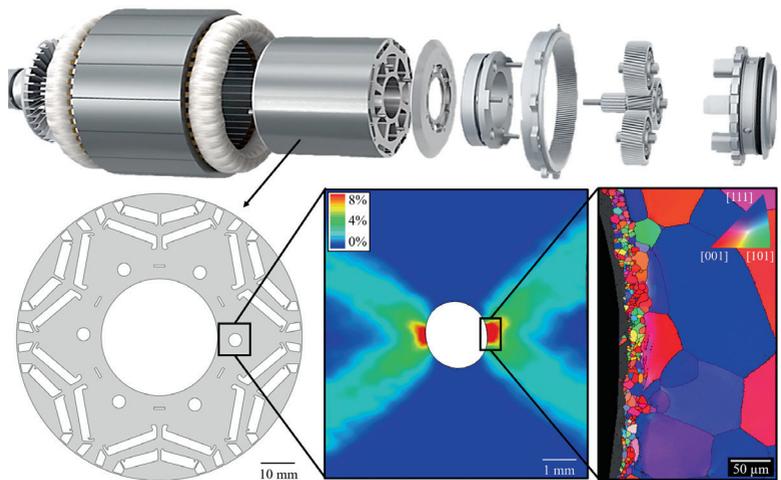


Albin Gottwalt-Baruth

## Mechanisches Ermüdungsverhalten von Elektroblechen



# Mechanisches Ermüdungsverhalten von Elektroblechen

Von der Fakultät für Ingenieurwissenschaften  
der Universität Bayreuth  
zur Erlangung der Würde  
**Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)**  
genehmigte Dissertation

von  
M. Eng. Albin Gottwalt-Baruth  
aus  
Gräfelfing

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Uwe Glatzel  
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Tetzlaff

Diese Dissertation ist im Rahmen einer kooperativen Promotion mit der  
Technischen Hochschule Ingolstadt entstanden.

Tag der mündlichen Prüfung: 29.11.2023

Lehrstuhl Metallische Werkstoffe  
Universität Bayreuth  
2023



Berichte aus der Materialwissenschaft

**Albin Gottwalt-Baruth**

**Mechanisches Ermüdungsverhalten  
von Elektroblechen**

Shaker Verlag  
Düren 2024

**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.: Bayreuth, Univ., Diss., 2023

Copyright Shaker Verlag 2024

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-9412-1

ISSN 1618-5722

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen und Stand der Forschung</b> .....	<b>3</b>
2.1 Legierungszusammensetzung und Phasenbildung von Elektroblechen .....	3
2.2 Herstellung und Verarbeitung von Elektroblechen .....	5
2.2.1 Walzen und Texturentwicklung .....	5
2.2.2 Formgebung der Endkontur.....	7
2.3 Zyklisches Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe.....	10
2.3.1 Mikrostrukturelle Grundlagen des Verformungsverhaltens.....	10
2.3.2 Wechselverformungsverhalten und Phasen der zyklischen Materialschädigung..	13
2.3.3 Risseinleitung und Rissausbreitung.....	17
2.3.4 Zyklisches Kriechen .....	19
2.3.5 Darstellung experimenteller Lebensdauerdaten .....	21
2.4 Einflüsse auf das Ermüdungsverhalten von Elektroblechlegierungen .....	22
2.4.1 Einfluss der Scherschneideparameter.....	22
2.4.2 Einfluss der Verformungsgeschwindigkeit und der Temperatur .....	23
2.4.3 Einfluss der Orientierung zur Walzrichtung .....	26
2.4.4 Einfluss des Spannungsverhältnisses .....	27
2.4.5 Einfluss von Kerben .....	28
2.4.6 Einfluss der Korngröße .....	29
2.4.7 Einflüsse einer Wärmebehandlung auf verformte Elektrobleche.....	29
<b>3 Experimentelle Methoden</b> .....	<b>31</b>
3.1 Versuchsplan .....	31
3.2 Methodenübersicht .....	33
3.3 Prüfaufbau .....	35
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>36</b>
4.1 Eigenschaftsübersicht der verwendeten Blechgüten .....	36
4.2 Auswirkungen der Prüfungsbedingungen .....	40
4.2.1 Belastungsamplitude .....	40
4.2.2 Verformungsgeschwindigkeit .....	42
4.2.3 Temperatur .....	44
4.3 Einfluss der konturgebenden Herstellungsmethode .....	47
4.4 Auswirkungen der Scherschneideparameter .....	49

4.5	Wärmebehandlung nach dem Scherschneiden .....	53
4.6	Einfluss des Eigenspannungszustands anhand Laserstrahlschneiden .....	56
4.7	Auswirkungen von Kerben .....	57
4.8	Mittelspannungseinfluss .....	60
4.9	Richtungsabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften .....	62
4.10	Einfluss der Blechgüte .....	65
4.11	Einfluss der Korngröße .....	66
4.12	Mechanistische Beschreibung des Ermüdungsverhaltens .....	68
4.12.1	Mikrostrukturelle Verformung .....	69
4.12.2	Rissinitiierung .....	71
4.12.3	Rissausbreitung .....	75
4.12.4	Charakteristiken der Bruchfläche von zyklisch beanspruchten Elektroblechen ...	76
4.12.5	Anwendung der Seeger-Theorie .....	80
<b>5</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>81</b>
5.1	Wechselverformungsverhalten .....	81
5.1.1	Spannungskontrollierte Schwingversuche .....	81
5.1.2	Dehnungskontrollierte Schwingversuche .....	84
5.2	Versagensmechanismen bei polierten Schwingproben .....	88
5.3	Ermüdungsverhalten von schergeschnittenen Elektroblechen .....	90
5.4	Verbesserungspotenziale von schergeschnittenen Elektroblechen .....	92
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>97</b>
<b>7</b>	<b>Summary and Prospect .....</b>	<b>99</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>101</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>119</b>
	<b>Publikationsliste .....</b>	<b>121</b>
	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>122</b>
	<b>Danksagung .....</b>	<b>123</b>