



TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL

# **Betriebsfestigkeit bei mehrachsiger Biege- und Torsionsbeanspruchung**

## **Dissertation**

zur Erlangung des Grades eines  
Doktor-Ingenieurs

vorgelegt von  
Dipl.-Ing. Alfons Esderts  
aus Norden

genehmigt von der  
Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen  
der Technischen Universität Clausthal

Tag der mündlichen Prüfung:  
9. Juni 1995

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	1
<b>2 Zusammenfassung</b> .....	3
2.1 Betriebsfestigkeitsversuche .....	3
2.2 Berechnungskonzepte .....	4
<b>3 Grundlagen mehrachsiger Beanspruchung</b> .....	7
3.1 Spannungszustand .....	7
3.2 Klassifizierung zyklischer Beanspruchungen .....	10
3.3 Festigkeitshypothesen .....	13
<b>4 Stand der Forschung</b> .....	16
4.1 Experimentelle Betriebsfestigkeitsuntersuchungen .....	16
4.2 Mikrorißbildung und zyklisches Werkstoffverhalten .....	19
4.3 Lebensdauerabschätzung .....	21
<b>5 Experimentelle Untersuchungen</b> .....	24
5.1 Versuchsproben .....	24
5.2 Werkstoffcharakterisierung .....	25
5.3 Versuchstechnik .....	31
5.3.1 Versuchsaufbau und Übertragungsverhalten .....	32
5.3.2 Generierung der Zeitverläufe .....	38
5.3.3 Kalibrierung und Versuchsüberwachung .....	41
5.4 Versuchsprogramm und statistische Bewertung .....	42
<b>6 Ergebnisse der Betriebsfestigkeitsversuche</b> .....	46
6.1 Phasenverschiebungen und Frequenzunterschiede .....	47
6.2 Mittelspannungsüberlagerung .....	51
6.3 Quasistatische Mittellaständerung .....	55
6.4 Abwechselnde Beanspruchungen .....	58
6.5 Bruchbilder und Anrißverhalten .....	60

---

<b>7</b>	<b>Konzepte zur Lebensdauerberechnung</b> .....	67
7.1	Critical Plane-Ansatz .....	69
7.2	Integrale Mehrachsigkeitsschädigungshypothese .....	72
7.3	Modulare Methode .....	75
<b>8</b>	<b>Verifikation der Berechnungskonzepte</b> .....	77
8.1	Critical Plane-Ansatz .....	77
8.2	Integrale Mehrachsigkeitsschädigungshypothese .....	81
8.3	Modulare Methode .....	91
<b>9</b>	<b>Ausblick</b> .....	96
<b>10</b>	<b>Literatur</b> .....	97
<b>11</b>	<b>Anhang</b> .....	107
11.1	Symbolverzeichnis .....	107
11.2	Tabellen .....	110