

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	PROBLEMSTELLUNG	3
2.1	Problemspezifizierung	4
2.1.1	Probleme bei der experimentellen Ermittlung der Streuung der Schwingfestigkeit	5
2.1.2	Kritik an vorhandenen Daten für die Streuungen der Schwingfestigkeit	6
2.2	Lösungsansatz	6
2.3	Grundlegende Konventionen	7
3	EINFLÜSSE AUF DIE SCHWINGFESTIGKEIT	9
3.1	Schädigungsmechanismen	9
3.1.1	Schädigungsmechanismus Bauteiloberfläche	9
3.1.2	Schädigungsmechanismus Bauteilinneres	10
3.1.2.1	Arten	11
3.1.2.2	Rissbildung und -wachstum	12
3.1.2.3	Schadensort	13
3.2	Einflussgrößen der Schädigungsmechanismen	14
3.2.1	Globale Einflussgrößen	15
3.2.1.1	Grundbeanspruchungsart bzw. Beanspruchungszustand	15
3.2.1.2	Grundwerkstoffzustand	17
3.2.1.3	Äußere Gestalt	20
3.2.1.4	Umgebung	24
3.2.2	Lokale Einflussgrößen an der Bauteiloberfläche	26
3.2.2.1	Oberflächentopografie	26
3.2.2.2	Eigenspannungen	27
3.2.3	Lokale Einflussgrößen im Bauteilinneren	29
3.2.3.1	Art nichtmetallischer Einschlüsse	30
3.2.3.2	Aspektverhältnis nichtmetallischer Einschlüsse	32
3.2.3.3	Größe und Verteilung nichtmetallischer Einschlüsse	33
3.2.3.4	Weitere Einflüsse	35
3.2.4	Einfluss auf die Wöhlerlinie	35
3.3	Existenz einer Dauerfestigkeit	38
3.4	Streuungsbedingende Einflussgrößen	39

3.5 Detektion nichtmetallischer Einschlüsse	42
3.5.1 Überblick Detektionsverfahren	43
3.5.2 Mikro-CT-Untersuchung	45
4 KONZEPTE ZUR FESTIGKEITSBERECHNUNG	47
4.1 Grundgedanken der linear-elastischen Bruchmechanik	48
4.1.1 Rissspitzenfeld	49
4.1.2 K-Konzept	50
4.1.3 Ermüdungsrisswachstum	51
4.2 Kerbspannungskonzept – Bauteiloberfläche	55
4.2.1 Äußere Gestalt und Stützwirkung	55
4.2.2 Stützwirkungskonzept nach LIU	56
4.2.3 Festigkeitshypothese – Schubspannungsintensitätshypothese	60
4.2.4 Oberflächenkonzept	64
4.2.5 Kerbspannungskonzept – Zusammenfassung	67
4.3 Bruchmechanisches Konzept – Bauteilinneres	70
4.3.1 Festigkeitshypothese – Normalspannungshypothese	71
4.3.2 Spannungsintensitätsfaktor	73
4.3.3 Berücksichtigung des Spannungsverhältnisses	75
4.3.4 Spannungsintensitätsschwellwert und Bruchzähigkeit	76
4.3.5 Ermüdungsrisswachstum zur Lebensdauerbeschreibung	78
4.3.6 Bruchmechanisches Konzept – Zusammenfassung	79
5 STOCHASTISCHE GRUNDLAGEN	83
5.1 Begriffe in der Stochastik	83
5.1.1 Probabilistik	83
5.1.2 Statistik	87
5.2 Stochastische Modelle	91
5.2.1 Normal- und Log-Normalverteilung	92
5.2.2 Extremwertverteilungen	93
5.2.3 Verallgemeinerte Pareto-Verteilung	96
5.2.4 Poisson-Verteilung	97
5.3 Monte-Carlo-Simulation	98
6 STOCHASTISCHES MODELL DER LANGZEITFESTIGKEIT	101
6.1 Stochastische Modellierung der Einflussgrößen	103

6.1.1 Äußere Gestalt	104
6.1.2 Grundwerkstoffzustand	106
6.1.3 Oberflächenzustand	107
6.1.4 Einschlussgröße und -verteilung	108
6.2 Teilmodell Schädigungsmechanismus Bauteiloberfläche	110
6.3 Teilmodell Schädigungsmechanismus Bauteilinneres	114
6.4 Gesamtmodell	117
7 MODELLVALIDIERUNG	121
7.1 Probekörper	121
7.1.1 Geometrische Beschreibung	121
7.1.2 Werkstoffcharakterisierung	122
7.2 Experimentelle Untersuchungen	123
7.2.1 Versuchsbedingungen und -verfahren	123
7.2.2 Versuchsdurchführung und -ergebnisse	125
7.3 Statistische Beschreibung der Einflussgrößen	128
7.3.1 Äußere Gestalt	129
7.3.2 Grundwerkstoffzustand	131
7.3.3 Oberflächenzustand	133
7.3.4 Einschlussgröße und -verteilung	137
7.4 Teilmodell Schädigungsmechanismus Bauteiloberfläche	141
7.4.1 Nichtstreuende Parameter	141
7.4.2 Ergebnis	143
7.5 Teilmodell Schädigungsmechanismus Bauteilinneres	144
7.5.1 Nichtstreuende Parameter	145
7.5.2 Ergebnis	148
7.6 Gesamtmodell	151
7.6.1 Ergebnis	151
7.6.2 Vergleich mit experimentellen Untersuchungen	154
7.6.3 Vergleich mit Literaturdaten	157
8 ZUSAMMENFASSUNG	163
9 AUSBLICK	167
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	169
TABELLENVERZEICHNIS	179

LITERATURVERZEICHNIS	183
ANHANG A	201
ANHANG B	203
ANHANG C	205