

Inhaltsverzeichnis

1	Auslegung von Maschinen- und Konstruktionselementen – eine wesentliche Aufgabe des Ingenieurs.....	1
1.1	Berechnung von Sicherheit, Lebensdauer und Zuverlässigkeit als historisch gewachsene Auslegungsmethoden	1
1.2	Einordnung der Auslegung von Konstruktionselementen und Maschinen in den Konstruktionsprozess.....	3
	Quellen und weiterführende Literatur	6
2	Auslegung von Konstruktionselementen durch Berechnung der „Sicherheit“	7
2.1	Auslegung, dargestellt am klassischen Sicherheitsbegriff	7
2.2	Berechnung der „vorhandenen“ Spannungen	9
2.3	Versagen durch bleibende Verformung, Gewalt- und Schwingbruch	12
2.4	Bestimmung der Sicherheit bei Schwingbeanspruchung.....	17
2.4.1	Überlastfall 1	17
2.4.2	Überlastfall 2	18
2.4.3	Überlastfall 3	18
2.4.4	allgemeiner Fall	18
2.5	Örtliche Spannungserhöhungen; Konzept der Sicherheitsberechnung nach örtlichen Spannungen.....	19
2.6	Einflüsse auf die Schwingfestigkeit; das Nennspannungskonzept	24
2.7	Zusammengesetzte oder kombinierte Beanspruchung stabförmiger Bauteile; Vergleichsspannung und Gesamtsicherheit.....	30
2.8	Vergleichsspannung und Sicherheitsnachweis für nichtstabförmige Bauteile; Grenzen des Konzeptes der örtlichen Spannungen	35
2.9	Erforderliche Sicherheit; Sicherheit unter wahrscheinlichkeitstheoretischem Aspekt	37
2.10	Ermittlung der übergeordneten Sicherheit; Produktsicherheit.....	41
2.11	Anhang.....	46
	Quellen und weiterführende Literatur	66

3	Schädigung und Versagen technischer Gebilde	67
3.1	Ausfallverhalten, statistische Grundlagen.....	67
3.2	Grundlagen der Zuverlässigkeitstheorie.....	70
3.2.1	Mathematische Zusammenhänge	70
3.2.2	Spezielle Verteilungsfunktionen und Anwendung.....	73
3.2.3	Verteilungsfunktionen, Ermittlung charakteristischer Größen	76
3.2.4	Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit und Zuverlässigkeit	80
3.2.5	Systemzuverlässigkeit	82
3.3	Mathematische Beschreibung von Schädigung und Versagen technischer Gebilde	86
3.3.1	Systematisierung von Schädigung und Versagen	86
3.3.2	Schädigung durch Ermüdung	90
3.3.3	Schädigung durch Verschleiß	96
3.3.4	Schädigung durch Erosion, Korrosion und andere flächenabtragende Prozesse	104
3.3.5	Mehrfache Schädigung.....	106
3.3.6	Komplexe Schädigungen.....	107
3.4	Anhang	111
	Quellen und weiterführende Literatur	122
4	Berechnung der Lebensdauer bei nomineller und variabler Zuverlässigkeit	123
4.1	Allgemeine Grundlagen der Lebensdauerberechnung	123
4.1.1	Klassische Lebensdauerberechnung.....	123
4.1.2	Lebensdauerberechnung bei Kollektivbeanspruchung	126
4.1.3	Lebensdauerberechnung bei Äquivalenzbelastung.....	131
4.1.4	Lebensdauerberechnung mit Äquivalenzfaktor	133
4.2	Lebensdauerberechnung bei variabler Zuverlässigkeit	135
4.2.1	Zuverlässigkeitsbasierte Lebensdauerberechnung bei konstanter Beanspruchung und Gaußverteilung	136
4.2.2	Zuverlässigkeitsbasierte Lebensdauerberechnung bei konstanter Beanspruchung und Weibullverteilung.....	137
4.2.3	Zuverlässigkeitsbasierte Lebensdauerberechnung bei variabler Beanspruchung und Normpunkt.....	138
4.2.4	Zuverlässigkeitsbasierte Lebensdauerberechnung bei Kollektivbeanspruchung und Normpunkt.....	140
4.3	Anhang	141
	Quellen und weiterführende Literatur	146
5	Zusammenhänge zwischen Sicherheit, Lebensdauer und Zuverlässigkeit – eine neue Auslegungsphilosophie.....	147
5.1	Systematisierung und Zielstellung	147
5.2	Zusammenhang zwischen Lebensdauer und Sicherheit im Zeitfestigkeitsbereich bei variabler Zuverlässigkeit	147

5.3	Zusammenhang zwischen Lebensdauer und Sicherheit im Zeitfestigkeitsbereich bei gleichbleibender Zuverlässigkeit.....	149
5.4	Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeit bzw. Schadenswahrscheinlichkeit und Sicherheit bei gleichbleibender Lebensdauer.....	151
5.5	Aktuelle Zuverlässigkeit von Wälzlagern	154
5.6	Zuverlässigkeit bzw. Schadenswahrscheinlichkeit bei Kollektivbeanspruchung.....	156
5.7	Zuverlässigkeitstheoretische Interferenzmodelle	159
5.7.1	„Statisches“ Interferenzmodell	159
5.7.2	„Dynamisches“ Interferenzmodell	161
5.7.3	Interferenzmodell für Verschleiß	162
5.8	Anforderungen an Zuverlässigkeit und Ausfallwahrscheinlichkeit	164
5.9	Sicherheit, Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Ausfall- wahrscheinlichkeit – eine neue Auslegungsphilosophie	165
	Quellen und weiterführende Literatur	169
6	Kosten im Lebenszyklus technischer Gebilde – wie teuer dürfen Qualität und Zuverlässigkeit sein?	171
6.1	Kostenverantwortung bei der Entwicklung eines technischen Gebildes.....	171
6.2	Lebenslaufkosten eines technischen Gebildes und Modelle für ihre Berechnung.....	174
6.2.1	Lebenslaufkosten eines technischen Gebildes.....	174
6.2.2	Lebenslaufkostenmodell und Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines technischen Gebildes.....	174
6.3	Herstellerseitige Lebenslaufkosten und Zuverlässigkeit.....	179
6.3.1	Allgemeine Kostenstruktur bei der Entwicklung und Herstellung technischer Gebilde.....	179
6.3.2	Kostenentwicklungsgesetze und Zuverlässigkeit	181
6.3.3	Zusammenhang von Kosten, Zuverlässigkeit und Bauteilgröße am Beispiel der Wälzlagerauslegung.....	184
6.4	Anwenderseitige Lebenslaufkosten und Zuverlässigkeit.....	187
6.4.1	Allgemeine Kostenstruktur bei der Nutzung technischer Gebilde	187
6.4.2	Kosten und Zuverlässigkeit bei der Instandhaltung.....	189
6.5	Target Costing – ein Werkzeug für die retrograde Bestimmung erlaubter Kosten – wie teuer dürfen Sicherheit, Lebensdauer und Zuverlässigkeit sein?	193
6.5.1	Grundbegriffe des Target Costing.....	193
6.5.2	Aufteilung der Kosten auf die auszulegenden Systemkomponenten	195
	Quellen und weiterführende Literatur	197

7 Sicherheit – Lebensdauer – Zuverlässigkeit Anwendungsfälle und Beispiele	199
Beispiel 1: Sicherheit gegen Streck- und Fließgrenzenüberschreitung, Einfluss der Vergleichsspannungshypothesen	200
Beispiel 2: Sicherheitsnachweis bei Schwingbeanspruchung für Dauer- Schwingfestigkeit (Nennspannungskonzept); Abschätzung der Ausfallwahrscheinlichkeit	201
Beispiel 3: Lebensdauernachweis und Sicherheit im Kurzlebigkeitsbereich (Zeitfestigkeit) bei einem Beanspruchungshorizont	203
Beispiel 4: Lebensdauerberechnung mittels linearer Schadensakkumulationshypothesen bei Ermüdung (Kollektivbelastung)	206
Beispiel 5: Auswertung von Ermüdungsversuchen (Gauß / Weibull) Generieren eines Wöhlerdiagramms Lebensdauer und Zuverlässigkeitsberechnung	209
Beispiel 6: Bestimmung von Verteilungsparametern (Weibull) aus einem Wöhlerlinienfeld. Generieren einer Wöhlerliniengleichung. Lebensdauer und Zuverlässigkeitsberechnung unter Kollektivbelastung	218
Beispiel 7: Auswertung von Verschleißgrößen	223
Beispiel 8: Systemzuverlässigkeit einer Zweikreisbremse	227
Beispiel 9: Wälzlager mit erhöhter Einzelzuverlässigkeit. Systemzuverlässigkeit für 4 Lager	228
Beispiel 10: Aktuelle Zuverlässigkeit am Beispiel eines Zahnrades mit Evolvente	231
Beispiel 11: Zuverlässigkeit und ökonomische Nutzungsdauer	235
Stichwortverzeichnis	237