

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	4
Quellen und weiterführende Literatur.	7
2 Auslegung von Konstruktionselementen durch Berechnung der „Sicherheit“	9
2.1 Auslegung, dargestellt am klassischen Sicherheitsbegriff	9
2.2 Berechnung der „vorhandenen“ Spannungen	11
2.3 Versagen durch bleibende Verformung, Gewalt- und Schwingbruch	14
2.4 Bestimmung der Sicherheit bei Schwingbeanspruchung	19
2.5 Örtliche Spannungserhöhungen; Konzept der Sicherheitsberechnung nach örtlichen Spannungen	22
2.6 Einflüsse auf die Schwingfestigkeit; das Nennspannungskonzept	27
2.7 Zusammengesetzte oder kombinierte Beanspruchung stabförmiger Bauteile; Vergleichsspannung und Gesamtsicherheit	32
2.8 Vergleichsspannung und Sicherheitsnachweis für nichtstabförmige Bauteile; Grenzen des Konzeptes der örtlichen Spannungen	38
2.9 Erforderliche Sicherheit; Sicherheit unter wahrscheinlichkeitstheoretischem Aspekt	40
2.10 Ermittlung der übergeordneten Sicherheit; Produktsicherheit, Gefahren und Risiken	43
Anhang	48
Quellen und weiterführende Literatur.	68
3 Schädigung und Versagen technischer Gebilde	69
3.1 Systematisierung von Schädigung und Versagen	69
3.2 Schädigung durch Ermüdung	73

3.3	Schädigung durch Verschleiß	79
3.4	Schädigung durch Erosion, Korrosion und andere flächenabtragende Prozesse	87
3.4.1	Schädigung durch Erosion	88
3.4.2	Schädigung durch Korrosion	88
3.5	Komplexe Schädigungen/Schädigung an Wälzlagern	93
	Anhang – Kap. 3	97
	Quellen und weiterführende Literatur	101
4	Ausfallverhalten – Statistik, Zuverlässigkeit und Ausfallwahrscheinlichkeit	103
4.1	Ausfallverhalten und statistische Grundlagen	103
4.1.1	Klassische Statistik – Begrifflichkeiten	105
4.1.2	Klassische Statistik – statistische Maßzahlen	109
4.2	Grundlagen der Zuverlässigkeitstheorie	110
4.3	Spezielle Verteilungsfunktionen und ihre Anwendung	115
4.3.1	Gauß-Normal-Verteilung	115
4.3.2	Exponential-Verteilung	121
4.3.3	Weibull-Verteilung	123
4.4	Berechnung von Ausfallwahrscheinlichkeit und Zuverlässigkeit	131
4.5	Berechnung von Systemzuverlässigkeit	132
4.5.1	Seriensysteme (Nichtredundanz)	133
4.5.2	Parallelsysteme (Redundanz)	134
4.5.3	Mischsysteme	136
4.5.4	Mehrfache Schädigung	137
	Anhang	138
	Quellen und weiterführende Literatur	146
5	Berechnung der Lebensdauer bei nomineller und variabler Zuverlässigkeit	147
5.1	Klassische Lebensdauerberechnung bei nomineller Zuverlässigkeit	147
5.1.1	Lebensdauerberechnung und Perlschnurverfahren	148
5.1.2	Lebensdauerberechnung und 2-Horizontenverfahren	150
5.2	Lebensdauerberechnung bei Kollektivbeanspruchung	151
5.2.1	Lebensdauerberechnung bei Äquivalenzbelastung	156
5.2.2	Lebensdauerberechnung mit Äquivalenzfaktor	157
5.3	Lebensdauerberechnung bei variabler Zuverlässigkeit	160
5.3.1	Zuverlässigkeitssbasierte Lebensdauerberechnung bei konstanter Beanspruchung und Gaußverteilung	160
5.3.2	Zuverlässigkeitssbasierte Lebensdauerberechnung bei konstanter Beanspruchung und Weibullverteilung	162

5.3.3	Zuverlässigkeitssbasierte Lebensdauerberechnung bei variabler Beanspruchung, Normpunkt und Gaußverteilung	163
5.3.4	Zuverlässigkeitssbasierte Lebensdauerberechnung bei variabler Beanspruchung, Normpunkt und Weibullverteilung.....	164
5.3.5	Zuverlässigkeitssbasierte Lebensdauerberechnung bei Kollektivbeanspruchung und Normpunkt	166
5.3.6	Zuverlässigkeitssbasierte Lebensdauerberechnung bei variabler Beanspruchung und Basquin'scher Lebensdauergleichung	166
Anhang – Kap. 5	168	
Quellen und weiterführende Literatur.....	172	
6	Zusammenhänge zwischen Sicherheit, Lebensdauer und Zuverlässigkeit – eine neue Auslegungsphilosophie.....	175
6.1	Systematisierung und Zielstellung.....	175
6.2	Zusammenhang zwischen Lebensdauer und Sicherheit im Zeitfestigungsbereich bei variabler Zuverlässigkeit	175
6.3	Zusammenhang zwischen Lebensdauer und Sicherheit im Zeitfestigungsbereich bei gleichbleibender Zuverlässigkeit	177
6.4	Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeit bzw. Schadenswahrscheinlichkeit und Sicherheit bei gleichbleibender Lebensdauer	179
6.5	Aktuell vorhandene Zuverlässigkeit von Wälzlagern	181
6.6	Zuverlässigkeit bzw. Schadenswahrscheinlichkeit bei Kollektivbeanspruchung	182
6.7	Zuverlässigkeitstheoretische Interferenzmodelle.....	185
6.7.1	„Statisches“ Interferenzmodell	185
6.7.2	„Dynamisches“ Interferenzmodell.....	187
6.7.3	Interferenzmodell für Verschleiß	188
6.8	Anforderungen an Zuverlässigkeit und Ausfallwahrscheinlichkeit.....	190
6.9	Sicherheit, Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Ausfallwahrscheinlichkeit – eine neue Auslegungsphilosophie	192
Quellen und weiterführende Literatur.....	194	
7	Kosten im Lebenszyklus technischer Gebilde – wie teuer dürfen Qualität und Zuverlässigkeit sein?	197
7.1	Kostenverantwortung bei der Entwicklung eines technischen Gebildes	197
7.2	Lebenslaufkosten eines technischen Gebildes und Modelle für ihre Berechnung	199
7.2.1	Lebenslaufkosten eines technischen Gebildes	199
7.2.2	Lebenslaufkostenmodell und Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines technischen Gebildes	200

7.3	Herstellerseitige Lebenslaufkosten und Zuverlässigkeit	205
7.3.1	Allgemeine Kostenstruktur bei der Entwicklung und Herstellung technischer Gebilde	205
7.3.2	Kostenentwicklungsgesetze und Zuverlässigkeit.....	207
7.3.3	Zusammenhang von Kosten, Zuverlässigkeit und Bauteilgröße am Beispiel der Wälzlagerauslegung	210
7.4	Anwenderseitige Lebenslaufkosten und Zuverlässigkeit.....	212
7.4.1	Allgemeine Kostenstruktur bei der Nutzung technischer Gebilde.....	212
7.4.2	Kosten und Zuverlässigkeit bei der Instandhaltung.....	215
7.5	Target Costing – ein Werkzeug für die retrograde Bestimmung erlaubter Kosten – wie teuer dürfen Sicherheit, Lebensdauer und Zuverlässigkeit sein?	219
7.5.1	Grundbegriffe des Target Costing	219
7.5.2	Aufteilung der Kosten auf die auszulegenden System- komponenten	220
	Quellen und weiterführende Literatur.....	222
8	Sicherheit – Lebensdauer – Zuverlässigkeit Beispiele und Anwendungsfälle.....	225
	Stichwortverzeichnis.....	289