

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 Konstruktions-prozess | 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 | Zuverlässigkeitsbasierte Lebensdauerberechnung bei konstanter Beanspruchung und Gaußverteilung | 160 |
| 5.3.2 | Zuverlässigkeitsbasierte Lebensdauerberechnung bei konstanter Beanspruchung und Weibullverteilung. | 162 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.3.3 | Zuverlässigkeitsbasierte Lebensdauerberechnung bei variabler Beanspruchung, Normpunkt und Gaußverteilung | 163 |
| 5.3.4 | Zuverlässigkeitsbasierte Lebensdauerberechnung bei variabler Beanspruchung, Normpunkt und Weibullverteilung. | 164 |
| 5.3.5 | Zuverlässigkeitsbasierte Lebensdauerberechnung bei Kollektivbeanspruchung und Normpunkt | 166 |
| 5.3.6 | Zuverlässigkeitsbasierte 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 Zeitfestigkeitsbereich bei variabler Zuverlässigkeit | 175 |
| 6.3 | Zusammenhang zwischen Lebensdauer und Sicherheit im Zeitfestigkeitsbereich 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 |