
Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Rechnergestützte Methoden | 7 |
| 2.1 | CAx-Methoden..... | 7 |
| 2.2 | Computer | 14 |
| 3 | Modellbildung | 17 |
| 3.1 | Physikalische Modellbildung | 17 |
| 3.2 | Geometrische Modellbildung | 23 |
| 3.2.1 | Geometrische Aufbereitung | 23 |
| 3.2.2 | Physikalische Modifikation | 26 |
| 3.3 | Mathematische Modellbildung | 28 |
| 4 | Partielle Differentialgleichungen und Diskretisierungsmethoden | 33 |
| 4.1 | Klassifikation partieller Differentialgleichungen | 33 |
| 4.2 | Diskretisierungsprinzip | 37 |
| 4.2.1 | Schwache Formen | 37 |
| 4.2.2 | Methode der gewichteten Residuen | 39 |
| 4.2.3 | Finite-Differenzen-Methode | 40 |
| 4.2.4 | Finite-Volumen-Methode | 41 |
| 4.2.5 | Begriffe | 44 |
| 4.2.6 | Smoothed-Particle-Hydrodynamic-Methode | 46 |
| 4.2.7 | Moving-Least-Square-Approximation | 48 |
| 4.2.8 | Äußere Approximation (Trefftz-FEM) | 48 |
| 4.2.9 | Randelemente-Methode | 50 |
| 5 | Wärmeleitung, Temperaturstrahlung, Konvektion, Diffusion | 55 |
| 5.1 | Wärmeleitung..... | 57 |
| 5.2 | Temperaturstrahlung | 63 |
| 5.3 | Konvektion | 66 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.4 | Diffusion | 67 |
| 5.5 | Plausibilitätsbetrachtungen | 68 |
| 6 | Dynamik starrer Körper | 71 |
| 6.1 | Kinetik des starren Körpers | 73 |
| 6.2 | Kinetische Energie des starren Körpers | 76 |
| 6.3 | Elemente von Starrkörperprogrammen | 81 |
| 6.4 | Orientierung starrer Körper | 82 |
| 6.5 | Aufstellen und Lösen der Gleichungen | 88 |
| 6.5.1 | Aufstellen der Bewegungsgleichungen | 88 |
| 6.5.2 | Lösen der Gleichungen | 89 |
| 7 | Statik und Dynamik | 93 |
| 7.1 | Grundlagen der Elastizitätstheorie | 93 |
| 7.1.1 | Der dreiachsige Spannungszustand | 94 |
| 7.1.2 | Der ebene Spannungszustand | 101 |
| 7.1.3 | Kinematik des verformbaren Körpers | 103 |
| 7.1.4 | Hauptachsen und Invarianten | 107 |
| 7.1.5 | Kompatibilitätsbedingungen | 108 |
| 7.1.6 | Stoffgesetz | 109 |
| 7.1.7 | Formänderungsenergie | 113 |
| 7.2 | Elemente und Elementmatrizen | 115 |
| 7.3 | Beispiele | 117 |
| 7.3.1 | Spannungsberechnung | 118 |
| 7.3.2 | Eigenschwingungen | 121 |
| 8 | Finite-Elemente-Vernetzungen | 123 |
| 8.1 | Finite-Elemente-Typen | 123 |
| 8.2 | Numerische Integration (Quadratur) | 126 |
| 8.3 | Spannungsberechnung | 130 |
| 8.4 | Elementqualität | 130 |
| 8.5 | Beispiele | 130 |
| 8.6 | Abschätzungen | 136 |
| 9 | Crashberechnung und Insassensimulation | 141 |
| 9.1 | Einführung | 141 |
| 9.2 | Elasto-Plastizität | 145 |
| 9.3 | Kontaktalgorithmen | 151 |
| 9.4 | Weitere Aspekte | 153 |
| 9.4.1 | Hourglass-Moden | 153 |
| 9.4.2 | Zeitschritt | 155 |
| 9.4.3 | Crashprogramme | 156 |
| 9.5 | Insassensimulation | 157 |
| 9.6 | Beispiele | 160 |
| 9.7 | Praktische Hinweise | 165 |

| | |
|--|-----|
| 10 Akustik | 169 |
| 10.1 Einführung | 169 |
| 10.2 Berechnungsmethoden | 172 |
| 10.2.1 Theoretische Grundlagen | 172 |
| 10.2.2 Rayleighsche Integralmethode | 176 |
| 10.2.3 Boundary-Element-Methode | 180 |
| 10.2.4 Finite-Elemente-Methode | 185 |
| 10.2.5 Statistische Energie-Analyse | 187 |
| 10.2.6 Ray-Tracing-Methode | 199 |
| 10.3 Praktische Hinweise | 201 |
| 11 Statik, Dynamik, Betriebsfestigkeit von Rohkarosserien | 203 |
| 11.1 Statik von Rohkarosserien | 204 |
| 11.2 Dynamik von Rohkarosserien | 208 |
| 11.3 Vorhersage der Lebensdauer | 211 |
| 12 Strömungssimulation | 213 |
| 12.1 Motoren | 213 |
| 12.2 Außenaerodynamik | 216 |
| 12.3 Klimatisierung | 217 |
| 12.4 Ladungswechselberechnung | 218 |
| 13 MKS-Modelle | 235 |
| 13.1 Ventilsteuerung und Antriebsstrang | 235 |
| 13.2 Fahrdynamik | 237 |
| 14 Fahrbahn-Fahrzeug-Interaktion | 245 |
| 14.1 Reifenmodelle | 245 |
| 14.2 Nachgiebige Fahrbahn | 257 |
| 15 Nichtlineare Optimierung | 265 |
| 15.1 Grundlagen | 265 |
| 15.2 Suchstrategien | 277 |
| 15.2.1 Jacob-Suchverfahren | 277 |
| 15.2.2 Simplex-Verfahren | 279 |
| 15.2.3 Monte-Carlo-Verfahren | 281 |
| 15.3 Newton- und Gradienten-Verfahren | 282 |
| 15.4 Verfahren der zulässigen Richtungen und SQP-Verfahren | 285 |
| 15.5 Evolutionäre Algorithmen | 285 |
| 15.6 Ganzzahlige Optimierung | 289 |
| 15.7 DOE und RSM | 291 |
| 15.8 Neuronale Netze | 302 |
| 15.9 Multikriterielle Optimierung | 304 |
| 15.10 Beispiele | 308 |
| 15.10.1 Crashberechnung | 308 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 15.10.2 | Parameteridentifizierung | 310 |
| 15.10.3 | Rückhaltesysteme | 311 |
| 15.10.4 | Sicken- und Topologieoptimierung | 313 |
| 16 | Phänomene nichtlinearer dynamischer Systeme | 319 |
| 16.1 | Singuläre Punkte und invariante Mannigfaltigkeiten | 320 |
| 16.2 | Bifurkationen | 328 |
| 16.3 | Super- und subharmonische Schwingungen | 337 |
| 16.4 | Attraktoren und deterministisches Chaos | 340 |
| | Literaturverzeichnis | 347 |
| | Sachverzeichnis | 353 |