

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Krane | 1 |
| 1.1 | Belastungsgrenzen..... | 1 |
| 1.2 | Modelle im Kran | 4 |
| 1.2.1 | Daten | 4 |
| 1.2.2 | Standfestigkeit | 6 |
| 1.2.3 | Biegebelastung des Auslegers | 6 |
| 1.2.4 | Das Kranupdate | 8 |
| 1.3 | Unfälle..... | 9 |
| 2 | Grundlagen | 13 |
| 2.1 | Terminologie | 13 |
| 2.2 | Modellentwicklung | 15 |
| 2.2.1 | Systemgrenze | 15 |
| 2.2.2 | Datenverfügbarkeit und Messwerte | 16 |
| 2.2.3 | Modellvalidierung..... | 17 |
| 2.2.4 | Grenzen von Modellen | 17 |
| 2.2.5 | Sprache | 17 |
| 2.2.6 | Implementierung | 18 |
| 2.3 | Andere Verwendungen des Begriffs Modell | 19 |
| 2.3.1 | Modell im Sinne von „klein“ oder „groß“ | 19 |
| 2.3.2 | Modelle als Metaphern | 20 |
| 2.4 | Das Modell in unserem Kopf | 21 |
| 3 | Modellarten | 23 |
| 3.1 | Analytische Modelle | 23 |
| 3.2 | Numerische Modelle | 25 |
| 3.2.1 | Diskretisierung | 26 |
| 3.2.2 | Finite-Elemente-Methode | 27 |
| 3.2.3 | Wetter- und Klimamodelle..... | 34 |
| 3.2.4 | Numerische Verfahren..... | 35 |
| 3.2.5 | Plausibilisierung..... | 37 |
| 3.2.6 | Rechenaufwand und Genauigkeit | 38 |
| 3.2.7 | Implementierung auf Supercomputern..... | 40 |
| 3.3 | Parametrische Modelle | 42 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3.1 | Eigenschaften | 42 |
| 3.3.2 | Wolkenbildung | 44 |
| 3.3.3 | Vorteile und Nachteile parametrischer Modelle | 46 |
| 3.3.4 | Kombination mit anderen Modellarten | 49 |
| 3.4 | Logische Modelle | 50 |
| 3.5 | Struktur-Modelle | 54 |
| 4 | Vereinfachungen, Gültigkeitsbereiche und Abstraktion | 57 |
| 4.1 | Vereinfachungen | 57 |
| 4.2 | Gravitationswellen | 60 |
| 4.3 | Meereis | 62 |
| 4.4 | Kernfusion | 64 |
| 4.5 | Abstraktion | 67 |
| 5 | Zweck von Modellen | 71 |
| 5.1 | Szenarienmodellierung | 71 |
| 5.2 | Modelle zur Optimierung | 73 |
| 5.3 | Erklärende Modelle | 78 |
| 5.4 | Welche Modellart für welchen Zweck? | 80 |
| 5.4.1 | Analytische und numerische Modelle | 81 |
| 5.4.2 | Parametrische Modelle | 82 |
| 5.5 | Weitere Zwecke von Modellen | 87 |
| 5.5.1 | Interpretation von Rohdaten | 87 |
| 5.5.2 | Steuern und Regeln | 90 |
| 5.5.3 | Design und Herstellung | 93 |
| 6 | Modellvalidierung | 95 |
| 6.1 | Experimente und Statistik | 96 |
| 6.1.1 | Die Entdeckung des Higgs-Bosons | 97 |
| 6.1.2 | Der Large Hadron Collider | 99 |
| 6.1.3 | Experimente am LHC | 100 |
| 6.1.4 | Rekonstruktion der Kollisionsprodukte | 101 |
| 6.1.5 | Modellierung von Kollision, Teilchenbewegung und Detektor | 104 |
| 6.1.6 | Massenbestimmung | 106 |
| 6.1.7 | Standardabweichung und Normalverteilung | 108 |
| 6.2 | Beobachtung | 109 |
| 6.2.1 | Lernen aus Statistik | 111 |
| 6.2.2 | Lernen aus Erfahrung | 116 |
| 6.2.3 | Lernen aus dem Rückblick | 117 |
| 6.3 | Modell- und Variabilitätsanalysen | 119 |
| 6.3.1 | Sensitivitätsanalyse | 119 |
| 6.3.2 | Monte-Carlo-Simulation | 123 |
| 6.3.3 | Ensemble-Forecasting | 124 |
| 6.3.4 | Emergent Constraints | 124 |
| 6.3.5 | Unsupervised Learning | 125 |
| 6.4 | Erklärung | 126 |
| 6.4.1 | Fitting und Overfitting | 126 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.4.2 | Das Bild vom schwarzen Loch..... | 128 |
| 6.4.3 | Atommüllendlager | 134 |
| 6.5 | Kombinationen verschiedener Validierungsmethoden | 135 |
| 6.5.1 | Modell und Empirie..... | 135 |
| 6.5.2 | Verschiedene Modelle des gleichen Systems | 135 |
| 6.6 | Wie weit kann man Modellen vertrauen?..... | 137 |
| 7 | Komplexität und die Grenzen von Modellen..... | 141 |
| 7.1 | Komplexität..... | 141 |
| 7.1.1 | Kompliziertheit und Komplexität | 141 |
| 7.1.2 | Komplexe Systeme | 142 |
| 7.1.3 | Versteckte Verknüpfungen | 143 |
| 7.1.4 | Verborgener Zustand | 144 |
| 7.1.5 | Hysterese | 145 |
| 7.1.6 | Rückkopplungen | 145 |
| 7.1.7 | Kippunkte | 148 |
| 7.1.8 | Pfadabhängigkeiten..... | 150 |
| 7.1.9 | Zufall | 150 |
| 7.2 | Chaos..... | 151 |
| 7.2.1 | Nichtlineare Systeme | 151 |
| 7.2.2 | Chaos in der Mathematik | 153 |
| 7.2.3 | Chaotische Systeme in der Praxis | 156 |
| 7.2.4 | Durchschnittliches Verhalten und Statistik..... | 157 |
| 7.2.5 | Charakterisierung der Chaotizität | 158 |
| 7.2.6 | Kommunikation der Unsicherheit | 159 |
| 7.3 | Emergenz | 159 |
| 7.3.1 | Emergenz in der Praxis | 161 |
| 7.3.2 | Emergenz in der Mathematik | 161 |
| 7.3.3 | Emergenz und Modellierung | 162 |
| 7.4 | Blinde Flecken..... | 164 |
| 8 | Modelle im Kontext | 169 |
| 8.1 | Die Rolle von Modellen in der Wissenschaft | 169 |
| 8.1.1 | Modelle als Basis weiterführender Forschung | 169 |
| 8.1.2 | Dokumentation des Status quo | 171 |
| 8.1.3 | Ein objektives Werkzeug der Wissenschaft? | 171 |
| 8.2 | Modelle und Gesellschaft | 173 |
| 8.2.1 | Fach- und Methodenwissen | 173 |
| 8.2.2 | Wahrheitserwartung | 174 |
| 8.2.3 | Langer Atem und schnelle Aussagen | 174 |
| 8.2.4 | Modelle in den Medien | 175 |
| 8.2.5 | Politik | 175 |
| 8.3 | Modellkompetenz | 176 |
| | Podcastepisoden | 179 |
| | Literatur | 183 |