

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	IX
----------------------	----

<b>1 Vorteile der simulationsgetriebenen Produktentwicklung</b>	<b>1</b>
---	----------

1.1 Zahl der Prototypen reduzieren .....	1
1.2 Kosten einsparen .....	3
1.3 Produktinnovationen fördern .....	4
1.4 Produktverständnis vertiefen .....	6

<b>2 Voraussetzungen</b> .....	<b>7</b>
--------------------------------	----------

2.1 Grundlagenkenntnisse .....	7
2.2 Organisatorische Unterstützung .....	8
2.3 Geeignete Soft- und Hardware-Umgebung .....	8

<b>3 Grundlagen der FEM</b> .....	<b>11</b>
-----------------------------------	-----------

3.1 Grundidee .....	11
3.2 Was heißt Konvergenz? .....	16
3.3 Was heißt Divergenz? .....	17
3.4 Genauigkeit .....	18

<b>4 Anwendungsgebiete</b> .....	<b>21</b>
----------------------------------	-----------

4.1 Nichtlinearitäten .....	22
4.1.1 Kontakt .....	24
4.1.2 Nichtlineares Material .....	25
4.1.3 Geometrische Nichtlinearitäten .....	27
4.2 Statik .....	28
4.3 Beulen und Knicken .....	35
4.4 Dynamik .....	38
4.4.1 Modalanalyse .....	38
4.4.2 Angeregte Schwingungen .....	42
4.4.3 Fortgeschrittene modalbasierte Dynamik .....	44
4.4.4 Nichtlineare Dynamik .....	52

4.5	Topologie-Optimierung .....	65
4.6	Betriebsfestigkeit .....	66
4.7	Composites .....	73
4.8	Weitergehende Simulationen .....	77
4.8.1	Temperaturfelder .....	77
4.8.2	Strömung .....	78
4.8.3	Elektromagnetische Felder .....	79
4.8.4	Gekoppelte Analysen .....	80
4.8.5	Systemsimulation .....	82
4.9	Robust-Design-Optimierung .....	84
<b>5</b>	<b>Standardisierung und Automatisierung .....</b>	<b>89</b>
5.1	Generische Lastfälle .....	89
5.2	Skriptprogrammierung .....	91
5.3	Makrosprache Mechanical APDL .....	93
5.4	FEM-Simulation mit dem Web-Browser .....	94
<b>6</b>	<b>Implementierung .....</b>	<b>97</b>
6.1	Training .....	97
6.2	Anwenderunterstützung .....	99
6.3	Qualitätssicherung .....	100
6.4	Datenmanagement .....	101
6.5	Hardware und Organisation der Berechnung .....	101
<b>7</b>	<b>Erster Start .....</b>	<b>107</b>
7.1	Analyse definieren .....	107
7.2	Berechnungsmodell und Lastfall definieren .....	110
7.3	Ergebnisse erzeugen und prüfen .....	113
<b>8</b>	<b>Der Simulationsprozess mit ANSYS Workbench .....</b>	<b>117</b>
8.1	Projekte .....	118
8.1.1	Systeme und Abhängigkeiten .....	119
8.1.2	CAD-Anbindung und geometrische Varianten .....	122
8.1.3	Archivieren von Daten .....	127
8.2	Analysearten .....	129
8.3	Technische Daten für Material .....	130
8.4	Geometrie .....	132
8.4.1	Modellieren mit dem DesignModeler .....	132

8.4.2	Geometrie erstellen	133
8.4.3	Analysen in 2D	143
8.4.4	Balken	145
<b>8.5</b>	<b>Modell</b>	<b>148</b>
8.5.1	Die Mechanical-Applikation	148
8.5.2	Geometrie in der Mechanical-Applikation	152
8.5.3	Koordinatensysteme	153
8.5.4	Virtuelle Topologie	156
8.5.5	Kontakte	156
8.5.6	Netz	165
<b>8.6</b>	<b>Setup</b>	<b>187</b>
8.6.1	Analyseinstellungen	187
8.6.2	Randbedingungen	189
8.6.3	Definitionen vervielfältigen	214
<b>8.7</b>	<b>Lösung</b>	<b>216</b>
8.7.1	Solver-Informationen	218
8.7.2	Konvergenz nichtlinearer Analysen	219
8.7.3	Wenn die Berechnung nicht durchgeführt wird	222
<b>8.8</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>224</b>
8.8.1	Spannungen, Dehnungen, Verformungen	224
8.8.2	Darstellung der Ergebnisse	228
8.8.3	Automatische Dokumentation – Web-Report	236
8.8.4	Schnitte	237
8.8.5	Reaktionskräfte und -momente	239
8.8.6	Ergebnisbewertung mit Sicherheiten	240
<b>8.9</b>	<b>Lösungskombinationen</b>	<b>241</b>
<b>9</b>	<b>Übungen</b>	<b>243</b>
9.1	Biegebalken	244
9.2	Scheibe mit Bohrung	246
9.3	Parameterstudie	248
9.4	Designstudien, Sensivitäten und Optimierung mit optiSLang	252
9.5	Temperatur und Thermospannungen	264
9.6	Festigkeit eines Pressenrahmens	266
9.7	FKM-Nachweis	270
9.8	Presspassung	276
9.9	Hertz'sche Pressung	280
9.10	Steifigkeit von Kaufteilen	284
9.11	Druckmembran mit geometrischer Nichtlinearität	290
9.12	Elastisch-plastische Belastung einer Siebtrommel	293
9.13	Bruchmechanik an einer Turbinenschaufel	302
9.14	Schraubverbindung	310

9.15	Elastomerdichtung .....	313
9.16	Aufbau und Berechnung eines Composite-Bootsrumpfs .....	322
9.17	Beulen einer Getränkedose .....	333
9.18	Schwingungen an einem Kompressorsystem .....	340
9.19	Mehrkörpersimulation .....	346
9.20	Containment-Test einer Turbine .....	352
9.21	Falltest für eine Hohlkugel .....	359
9.22	Lineare Dynamik einer nichtlinearen Elektronikbaugruppe .....	365
9.23	Kopplung von Strömung und Strukturmechanik .....	374
9.24	Akustiksimulation für einen Reflexionsschalldämpfer .....	376
9.25	Schallabstrahlung eines Eisenbahnrades .....	380
9.26	Elektrisch-thermisch-mechanischer Mikroantrieb .....	385
9.27	Verhaltensmodell für die Systemsimulation einer Messmaschine ..	389
<b>10</b>	<b>Konfiguration von ANSYS Workbench .....</b>	<b>395</b>
10.1	Maßeinheiten und Geometriearten festlegen .....	395
10.2	Simulationseinstellungen .....	396
<b>11</b>	<b>Export von Daten .....</b>	<b>399</b>
11.1	Einbindung von alternativen Solvern .....	399
11.2	Export zu Excel .....	400
	<b>Index .....</b>	<b>403</b>