

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Arbeitsumgebungen	1
1.2	Aufbau des Buches	2
1.3	Internet-Link	3
2	Theoretische Grundlagen	4
2.1	Finite Elemente des elastischen Kontinuums - Verschiebungsansatz	4
2.2	Beispiel einer FEM-Berechnung	7
3	Arbeitsumgebung GPS	11
3.1	Vorbereitung einer GPS-Analyse	13
3.2	Die Materialbibliothek	13
3.2.1	Anlegen einer neuen Materialfamilie	15
3.2.2	Anlegen eines neuen Materials	15
3.2.3	Sonstige Icons in der Material Library	15
3.2.4	Übungsbeispiel Material Library	15
3.2.5	Pfadeingabe für den neuen Materialkatalog	18
3.2.6	Materialzuordnung	20
3.3	Vorgangsweise bei der Berechnung	22
3.3.1	Definition der gewünschten FEM-Analyse	22
3.3.1.1	Statikanalyse	23
3.3.1.2	Frequenzanalyse	23
3.3.1.3	Freie Frequenzanalyse	23
3.4	Einstiegsbeispiel für GPS	24
3.4.1	Aufgabenbeschreibung	24
3.4.2	Öffnen des Startmodells	25
3.4.3	Auswahl des Analyseprozesses	25
3.4.4	Randbedingungen zur Bauteillagerung	25
3.4.4.1	Definition der Belastung	27

3.4.4.2	Durchführung der Berechnung.....	28
3.4.4.3	Darstellung der Ergebnisse.....	29
3.4.4.4	Auswertung der Ergebnisse(Plausibilitätsprüfung)	29
3.4.4.5	Modifikation (Verfeinerung) der Vernetzung.....	30
3.4.4.6	Neuerliche Berechnung und Auswertung	31
3.5	Standardeinstellungen für GPS	34
3.5.1	Spannungen in der Einheit MPa	34
3.5.2	Generelle Standardeinstellungen von GPS	35
3.5.3	Festlegen der Speichereinstellungen.....	37
3.6	Der CATIA ELFINI Solver	38
3.7	Möglichkeiten der Vernetzung.....	39
3.7.1	Beam-Elemente (1D-Elemente).....	39
3.7.2	Schalen Elemente (2D-Elemente)	39
3.7.3	Tetraeder-Elemente (3D-Elemente).....	40
4	Definition der Randbedingungen.....	41
4.1	Bedingungen direkt auf Bauteilgeometrie	42
4.1.1	Feste Einspannung	43
4.1.2	Flächenloslager	44
4.1.2.1	Ebenes Gleitlager.....	44
4.1.2.2	Rotatorische Gleitlager	45
4.1.3	Erweiterte Bedingung (Allgemeine Definition).....	46
4.1.3.1	CATIA-Koordinatensysteme	47
4.1.3.2	Globales Koordinatensystem.....	48
4.1.3.3	Implizite Koordinatensysteme.....	48
4.1.3.4	User-Koordinatensysteme.....	49
4.1.4	Isostatische Randbedingung.....	50
4.2	Virtuelle Elemente	50
4.2.1	Starres virtuelles Teil	51
4.2.2	Bewegliches virtuelles Teil	53
4.2.3	Virtuelles Kontaktteil	53
4.2.4	Beispiel zur Anwendung virtueller Teile.....	54
4.2.4.1	Lagerung mit starrem virtuellem Teil	55
4.2.4.2	Lagerung mit beweglichem virtuellem Teil	59
4.2.4.3	Lagerung mit virtuellem Kontaktteil	62
4.2.5	Virtuelles Teil mit starrer Feder.....	64
4.2.6	Virtuelles Teil mit beweglicher Feder	65

4.3	Randbedingungen über virtuelle Teile.....	66
4.3.1	Loslager.....	67
4.3.2	Gleitdrehpunkt	68
4.3.3	Kugelgelenkverbindung.....	68
4.3.4	Drehpunkt.....	69
4.4	Zusammenfassende Übersicht.....	70
4.5	Berücksichtigung von Bauteilsymmetrien	70
4.5.1	Symmetrierandbedingung	71
4.5.2	Periodizitätsbedingung	71
5	Definition der Lasteinleitung	75
5.1	Druck.....	76
5.2	Verteilte Last	78
5.3	Moment.....	81
5.4	Lagerlast.....	84
5.5	Importierte Kraft.....	85
5.6	Importiertes Moment.....	87
5.7	Streckenlast	87
5.8	Flächenlast.....	88
5.9	Körperkraft	90
5.10	Dichte der Kraft	91
5.11	Beschleunigung.....	92
5.12	Rotation	93
5.13	Erzwungene Verschiebung	95
5.14	Temperaturfeld.....	98
5.15	Zusammenfassende Übersicht.....	103
6	Durchführung der Berechnungen	105
6.1	Erster Rechenschritt	105
6.2	Netzverfeinerung und weitere Berechnung	107
6.3	Überprüfung der Genauigkeit	110
6.4	Strategien bei der FEM-Analyse	114

6.4.1	Qualitative Prüfung der Ergebnisse	114
6.4.2	Variantenvergleich bei verfeinertem Netz.....	114
6.4.3	Lokale Spannungsuntersuchungen	114
6.5	Berechnungsmethoden im ELFINI-Solver	115
6.5.1	Der Gauß-Algorithmus	116
6.5.2	Das Gradientenverfahren.....	116
6.6	Verfügbare FEM-Analysen	116
6.6.1	Statischer Prozess	117
6.6.2	Durch die Statik erzwungene Frequenzen	117
6.6.3	Frequenzprozess.....	118
6.6.3.1	Übungsbeispiel Frequenzanalyse Zylindergehäuse.....	119
6.6.3.2	Freie Frequenzanalyse Zylindergehäuse.....	126
6.6.3.3	Symbolleiste Masse	128
6.6.4	Beulprozess.....	129
6.6.5	Kombinierter Prozess	134
6.6.6	Dynamische Antwort	137
7	Auswertung der Ergebnisse	139
7.1	Darstellung des Netzes.....	139
7.2	VonMises-Vergleichsspannungen.....	140
7.3	Darstellung der Verformungen	145
7.4	Darstellung der Hauptspannungen	147
7.4.1	Die Normalspannungshypothese	149
7.4.2	Die Schubspannungshypothese	149
7.4.3	Die Gestaltänderungsenergiehypothese.....	149
7.5	Darstellung der Genauigkeit	155
7.6	Analysetools.....	156
7.6.1	Animieren	157
7.6.2	Schnittebenenanalyse	157
7.6.3	Maßstabsfaktor der Verformung.....	158
7.6.4	Extremwert bei Bild	158
7.6.5	Informationen	159
7.6.6	Bildlayout	160
7.7	Symbolleiste Analyseergebnisse.....	161
7.7.1	Bericht der Basisanalyse.....	161
7.7.2	Verbesserter Bericht.....	162
7.7.3	Protokoll der Berechnungen	164
7.7.4	Listenbericht.....	164

7.8	Sensoren	165
7.8.1	Reaktionssensor	165
7.8.2	Globaler Sensor	166
7.8.3	Lokaler Sensor	167
7.8.4	Werte für Sensoren anzeigen	170
8	Verfügbare Finite Elemente	171
8.1	1D-Elemente (Balkenelemente)	171
8.1.1	Vorgangsweise bei der Vernetzung	171
8.1.2	Zuordnung von Eigenschaften	172
8.1.3	Berechnung mit Balkenelementen	176
8.2	2D-Elemente (Schalenelemente)	177
8.2.1	Vorgangsweise bei der Vernetzung	179
8.2.2	Zuordnung der Eigenschaften	180
8.2.3	Berechnung mit Schalenelementen	181
8.2.4	Definition veränderlicher Wandstärken	182
8.3	Viereckige Schalenelemente(2D-Elemente)	183
8.3.1	Vernetzung mit viereckigen Schalenelementen	184
8.3.2	Qualität des Netzes überprüfen	189
8.3.3	Netz editieren	192
8.3.4	Berechnung mit Schalenelementen	194
8.4	3D-Elemente (Tetraeder-Elemente)	196
8.4.1	Lineare Tetraeder-Elemente (TE4)	196
8.4.2	Das parabolische Tetraeder-Element (TE10)	197
8.4.3	Unterschiede von TE4- und TE10-Elementen	198
8.5	Hexaeder-Elemente (3D-Elemente)	198
9	Übungsbeispiele GPS	203
9.1	Stahlplatte mit Bolzenverbindung	203
9.2	Kipphebel	209
9.3	Sicherungsring	215
9.4	Optimierung eines Zylindergehäuses	221
9.4.1	Konstruktionsvariante 1	221
9.4.2	Konstruktionsvariante 2	227
9.4.3	Konstruktionsvariante 3	229
9.4.4	Konstruktionsvariante 4	231

10	Baugruppenberechnung (GAS)	235
10.1	Bedingungen in der Baugruppe.....	235
10.1.1	Bedingungen im Assembly Design	235
10.1.2	Analysis-Connection Bedingungen.....	236
10.1.2.1	Verbindung mit Flächenkontakt(Analysis Connect)	238
10.1.2.2	Allgemeine Verbindung ohne Flächenkontakt	239
10.1.2.3	Punktschweißverbindung	241
10.1.2.4	Schweißnahtverbindung	242
10.2	Verbindungen zwischen zwei Teilen.....	243
10.2.1	Eigenschaft der fixierten Verbindung.....	244
10.2.2	Eigenschaft der Gleitverbindung.....	245
10.2.3	Eigenschaft der Kontaktverbindung	246
10.2.4	Eigenschaft der fixierten Federverbindung	247
10.2.5	Eigenschaft der Presspassverbindung.....	248
10.2.6	Eigenschaft der Schraubenverbindung.....	249
10.3	Ferne Verbindungen.....	250
10.3.1	Starre Verbindung	250
10.3.2	Bewegliche Verbindung	252
10.3.3	Verbindung mit virtuellem Festdrehen von Bolzen.....	254
10.3.4	Verb. mit virtuellem Festdrehen von Federbolzen.....	255
10.3.5	Benutzerdefinierte Verbindung.....	257
10.3.5.1	Start.....	257
10.3.5.2	Mitte	258
10.3.5.3	Ende.....	258
10.4	Schweißverbindungen.....	260
10.4.1	Definition eines benutzerdefinierten Materials	260
10.4.2	Die Punktschweißverbindung	261
10.4.3	Nahtschweißverbindung	264
10.5	Übersicht der Baugruppenverbindungen.....	267
11	Übungsbeispiele zu Baugruppen	269
11.1	Abtriebswelle mit Riemenscheibe.....	269
11.2	Punktschweißverbindung	283
11.3	Schweißnahtverbindung.....	292
11.4	Kurbeltrieb eines Verbrennungsmotors	299

12	Hinweise für die Anwender	317
12.1	Verwendung der Intel MKL-Library	317
12.2	Modellprüfprogramm	318
12.3	Elemente gruppieren	319
12.4	Speichern und Versenden von Ergebnisdaten	321
12.5	Optimierung von Bauteilen (Knowledgeware).....	323
12.6	Schnittstellen zu anderen Produkten.....	328
12.7	Allgemeine Hinweise.....	328
	Literaturverzeichnis.....	331
	Index	333