

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
8.6	Neuerungen in CATIA V5R14.....	202
8.6.1	Tetraeder Filler	202
8.6.2	Erweiterte Möglichkeiten bei der Hexaeder-Vernetzung	207
8.6.2.1	Extrusion eines Oberflächennetzes entlang einer Leitkurve	208
8.6.2.2	Parametrisierung von Hexaedernetzen.....	209
9	Übungsbeispiele GPS	219
9.1	Stahlplatte mit Bolzenverbindung	219
9.2	Kipphebel.....	225
9.3	Sicherungsring.....	231
9.4	Optimierung eines Zylindergehäuses.....	237

9.4.1	Konstruktionsvariante 1	237
9.4.2	Konstruktionsvariante 2	243
9.4.3	Konstruktionsvariante 3	245
9.4.4	Konstruktionsvariante 4	247
9.5	Vernetzung eines Zylinderkopfs mit dem Tetraeder-Filler	250
9.6	Zahnradberechnung mit Hexaederelementen.....	258
10	Baugruppenberechnung (GAS)	265
10.1	Bedingungen in der Baugruppe.....	265
10.1.1	Bedingungen im Assembly Design	265
10.1.2	Analysis-Connection Bedingungen.....	266
10.1.2.1	Verbindung mit Flächenkontakt (Analysis Connect).....	268
10.1.2.2	Allgemeine Verbindung ohne Flächenkontakt	269
10.1.2.3	Punktschweißverbindung	271
10.1.2.4	Schweißnahtverbindung.....	272
10.2	Verbindungen zwischen zwei Teilen.....	273
10.2.1	Eigenschaft der fixierten Verbindung.....	274
10.2.2	Eigenschaft der Gleitverbindung.....	275
10.2.3	Eigenschaft der Kontaktverbindung	276
10.2.4	Eigenschaft der fixierten Federverbindung	277
10.2.5	Eigenschaft der Presspassverbindung.....	278
10.2.6	Eigenschaft der Schraubenverbindung.....	279
10.3	Ferne Verbindungen.....	280
10.3.1	Starre Verbindung	280
10.3.2	Bewegliche Verbindung.....	282
10.3.3	Verbindung mit virtuellem Festdrehen von Bolzen.....	284
10.3.4	Verbindung mit virtuellem Festdrehen von Federbolzen.....	285
10.3.5	Benutzerdefinierte Verbindung.....	287
10.3.5.1	Start.....	287
10.3.5.2	Mitte	288
10.3.5.3	Ende.....	288
10.4	Schweißverbindungen.....	290
10.4.1	Definition eines benutzerdefinierten Materials	290
10.4.2	Die Punktschweißverbindung	291
10.4.3	Nahtschweißverbindung	294
10.5	Übersicht der Baugruppenverbindungen.....	297

11	Übungsbeispiele zu Baugruppen	299
11.1	Abtriebswelle mit Riemenscheibe.....	299
11.2	Punktschweißverbindung	313
11.3	Schweißnahtverbindung.....	322
11.4	Kurbeltrieb eines Verbrennungsmotors	329
11.5	Baugruppe mit unterschiedlichen finiten Elementen	347
12	Hinweise für die Anwender	353
12.1	Verwendung der Intel MKL-Library.....	353
12.2	Modellprüfprogramm	354
12.3	Elemente gruppieren	355
12.4	Speichern und Versenden von Ergebnisdaten.....	357
12.5	Optimierung von Bauteilen (Knowledgeware).....	359
12.6	Schnittstellen zu anderen Produkten.....	364
12.7	Allgemeine Hinweise.....	364
	Literaturverzeichnis.....	367
	Index	369