

Dipl.-Ing. Kou-I Szu, Berlin

# **Methoden für die erweiterte Geometriemodellierung in der rechnerunterstützten Konstruktion**

Reihe **20**: Rechnerunterstützte  
Verfahren

Nr. **216**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen und verwendete Symbole</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung	2
1.2 Ziel und Organisation der Arbeit	5
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>6</b>
2.1 Topologiemodelle im B-rep-Modell	6
2.1.1 Manifold-Modelle	7
2.1.1.1 Datenstrukturen	7
2.1.1.2 Manipulation topologischer Elemente	8
2.1.1.3 Grenzen des Manifold-Modells	9
2.1.2 Non-Manifold-Modelle	11
2.1.2.1 Datenstrukturen	12
2.1.2.2 Manipulation topologischer Elemente	16
2.1.2.3 Neue Anwendungen auf der Basis der Non-Manifold-Modelle	18
2.2 Geometrische Darstellungen im B-rep-Modell	21
2.2.1 Implizite Darstellung	21
2.2.2 Geometrie-orientierte Darstellung	22
2.2.3 Kontrollpunkt-definierte Freiform-Kurven und Flächen	23
2.2.3.1 Bézier-Kurven und -Flächen	23
2.2.3.2 Rationale Bézier-Kurven und -Flächen	26
2.2.3.3 B-Spline-Kurven und -Flächen	28
2.2.3.4 Rationale B-Spline-Kurven und -Flächen	30
2.2.4 Kurven-definierte Freiform-Flächen	32
2.2.4.1 Coons-Flächen	33
2.2.4.2 Gregory-Flächen	34
2.3 Algorithmen zur Durchdringung von Flächen	37
2.3.1 Durchdringungsaufgabe in Form eines Anfangswertsproblems	40
2.3.2 Startpunkte zur Verfolgung der Schnittkurve	43
2.3.3 Lösungsverfahren zur Ermittlung der Startpunkte	46
2.3.3.1 Newton-Verfahren	46
2.3.3.2 Fortsetzungsmethoden	48
2.3.3.3 Unterteilungsmethoden	49
2.3.3.4 Intervall-Newton-Verfahren	50

2.4 Bewertung des Standes der Technik	51
<b>3 Präzisierung der Aufgabenstellung</b>	<b>53</b>
<b>4 Entwicklung eines Non-Manifold-Modells und topologischer Operatoren und Untersuchung deren Anwendungen in CAD/FEM</b>	<b>54</b>
4.1 Das Non-Manifold-B-rep-Modell	54
4.1.1 Ansatz zur Verbesserung vorhandener Modelle	54
4.1.2 Das verbesserte Non-Manifold-B-rep-Modell	55
4.1.3 Vergleich mit vorhandenen Ansätzen	59
4.2 Operatoren des neuen B-rep-Modells	61
4.2.1 Ermittlung der Operatoren	62
4.2.2 Überblick über die Operatoren	63
4.2.3 Beschreibung einzelner Operatoren	64
4.2.3.1 Operatoren des Objekts Body	64
4.2.3.2 Operatoren des Objekts Vertex	65
4.2.3.3 Operatoren des Objekts Edge	66
4.2.3.4 Operatoren des Objekts Loop	68
4.2.3.5 Operatoren des Objekts Face	69
4.2.3.6 Operatoren des Objekts Shell	71
4.2.3.7 Operatoren des Objekts Region	72
4.2.4 Bewertung der Spezifikation	73
4.2.4.1 Konstruktions-orientierte Spezifikation	73
4.2.4.2 Vollständigkeit der Operatoren	76
4.2.4.3 Vergleich mit den Euler-Operatoren	78
4.3 Anwendungen in der CAD/FEM-Integration	79
4.3.1 Anwendungen in der Idealisierung	80
4.3.2 Anwendungen bei der Netzgenerierung	86
4.3.2.1 Abbildungsverfahren	88
4.3.2.2 Unterteilungsverfahren	90
4.3.2.3 Zellen-orientierte Verfahren	91
4.3.2.4 Knotenpunkt-orientierte Verfahren	93
4.3.2.5 Element-orientierte Verfahren	93
<b>5 Intervall-Lösungsverfahren für die Durchdringung von Flächen</b>	<b>95</b>
5.1 Intervallrechnung	96
5.1.1 Intervall-Zahlen, -Vektoren und -Matrizen	96
5.1.2 Intervall-Arithmetik	97
5.1.3 Eigenschaften der Intervallberechnung	98

5.1.4	Softwarerealisierung	99
5.2	Einschließung reeller Funktionen	100
5.2.1	Einschließungsfunktionen in natürlicher Form	101
5.2.2	Zentrische Einschließungsfunktionen	102
5.2.3	Einschließungsfunktionen basierend auf dem Mittelwertsatz	102
5.3	Lösen linearer Intervallgleichungen	103
5.3.1	Geometrische Interpretation der Lösung	104
5.3.2	Das direkte Verfahren	106
5.3.3	Das iterative Verfahren	107
5.4	Intervall-Newton-Verfahren	107
5.4.1	Das eindimensionale Intervall-Newton-Verfahren	108
5.4.2	Das n-dimensionale Intervall-Newton-Verfahren	111
<b>6</b>	<b>Intervall-Ansatz für die Durchdringung von Flächen</b>	<b>117</b>
6.1	Der Algorithmus	117
6.1.1	Vorgehensweise	117
6.1.2	Einschließungsfunktionen für Kurven und Flächen	121
6.1.3	Integrationsverfahren zur Verfolgung der Schnittkurve	124
6.2	Durchdringung einer Freiformfläche mit einer analytischen Fläche	126
6.2.1	Durchdringung einer Freiformfläche mit einer Ebene	127
6.2.2	Durchdringung einer Freiformfläche mit einer Kugel	130
6.2.3	Durchdringung einer Freiformfläche mit einem Zylinder	132
6.2.4	Durchdringung einer Freiformfläche mit einem Kegel	134
6.3	Durchdringung zweier Freiformflächen	136
6.3.1	Ermittlung signifikanter Punkte der Schnittkurve	137
6.3.2	Differentialgleichung zur Verfolgung der Schnittkurve	139
6.3.3	Beispiele für die Durchdringung zweier Freiformflächen	139
6.4	Bewertung des Durchdringungsverfahrens	144
6.4.1	Vergleich mit anderen Ansätzen	144
6.4.2	Grenzen des Intervall-Ansatzes	145
6.4.3	Verbesserungsmöglichkeiten des Algorithmus	146
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>148</b>
	<b>Anhang 1 : Operatoren des neuen Non-Manifold-B-rep-Modells</b>	<b>150</b>
	<b>Anhang 2 : Notationen der Object Modelling Technique</b>	<b>152</b>
	<b>Literatur</b>	<b>154</b>