

Organische Oberflächenregulierung mit dem Morphogenesis-Modell

Yoichiro Kawaguchi

Laboratorium für Kunst und Wissenschaft
Nippon Institut für Fortgeschrittene Bildungsmedien

Übersicht

Diese Abhandlung beschreibt eine neue Methode zur Generierung und Gestaltung komplexer, organischer und aus geschlossenen Kurven bestehender Oberflächen, mit der es möglich ist, traditionelle Strahlenzeichnungseffekte, wie z.B. Transparenz, Reflexion, Refraktion, Schattierung und Geweberasterung, zu erzielen. Im Gegensatz zu traditionellen Modellierungstechniken, mit denen es schwierig ist, dynamische Objekte mit freier Formgebung zu bearbeiten, können mit Hilfe des Morphogenesis-Modells derartige Formen mit Leichtigkeit wechselwirkend definiert und transformiert werden. Das Modell verwendet Verteilungsfunktionen besonderer Dichte, "Meta-Kugeln" und "Meta-Ellipsoide" genannt, als Hauptmodellierungsgrundlagen. Aufgrund der fließenden, nicht-deterministischen Natur der Generierungsalgorithmen ist es möglich, sowohl stufenweise als auch jähe (plötzliche) topologische Änderungen durchzuführen. Die Ausführung dieses Modells auf einem LINKS-1 parallelen Multi-Mikroprozessor-System ist im folgenden, unter Anführung anschaulicher Beispiele früherer und derzeit in Entstehung begriffener Arbeiten, beschrieben.

1. Einführung

Das Morphogenesis-Modell vereint Grundzüge des früheren EXPANSIONSMODELLS mit "Meta-Kugel"- und "Meta-Ellipsoid"-Techniken, die aus Objektmodellierung mittels verteilter Dichte-Funktionen, die an früher entwickelte "Tropfenform"-Techniken angelehnt sind, durchführen (5). Diese erst kürzlich entwickelten Techniken setzen Strahlenzeichnungsalgorithmen (2) ein und wurden mit einem parallel verarbeitendem Multi-Mikro-Computersystem, "LINKS-1" genannt, das von Koichi Omura sowie Isac Shirakawa und seiner Forschungsgruppe an der Universität von Osaka (3) entwickelt wurde, durchgeführt. Die resultierenden Werke, "Expansion: Mysteriöse Galaxis" (vorgestellt im Rahmen von SIGGRAPH '83) und "Expansion II: Morphogenesis" (vorgestellt im Rahmen der SIGGRAPH '84), sind dreidimensionale Animationen unter Einbeziehung morphogenetischer Techniken. Diese Abhandlung beinhaltet eine Erklärung des neuen Morphogenesis-Modells für effiziente Strahlenzeichnung komplexer Oberflächen und organischer Objekte. Dieses Modell führt metamorphosische Mustertransformationen durch und macht die Gestaltung mehrfacher gewebegeasterter Oberflächen mit Teilreflexions- oder Teiltransparenzbereichen möglich.

Bei herkömmlichen dreidimensionalen Bildsynthese-Methoden zur Modellierung komplexer, natürlicher Objekte war gewöhnlich eine Vielzahl von Objektdaten nötig. Das Verfahren zur Generierung schattierter Bilder, die häufig aus Tausenden, ja sogar Millionen Objektdaten bestehen, konnte nicht ohne außerordentlich großem Aufwand hinsichtlich des Inputs realisiert werden. Der dringende Bedarf an der Entwicklung eines neuen metamorphosischen Modells, das uns effektiver und auf flexiblere Art und Weise die Generierung morphologisch variierender Formen ermöglicht, war also gegeben.

Mitte der siebziger Jahre begannen wir, unterstützt von Eichi Izuhara vom Forschungsinstitut für Industrieprodukte, Tokio, und unter Heranziehung eines Linienausführungssystems, mit der Forschung auf dem Gebiet der morphogenetischen Computergraphik. Seit damals konnten

wir mit Hilfe unseres "Expansionsmodells" (1) die Spiralstrukturgenerierung erforschen. Mit diesem Modell kann man ganz einfach komplexe, natürliche Objekte, basierend auf den Wachstumsgesetzen von Muscheln und Kletterpflanzen, sowie eine Vielzahl von Rasterbildern kreieren.

Bis vor kurzem lag der Darstellung unregelmäßiger, komplexer Oberflächen — bei durch Computer generierten Bildern - die Annahme zugrunde, daß diese Objekte im Grunde eine Ansammlung einfach definierter Polygone und unregelmäßiger Flächen und darüber hinaus durch freien Formen unterliegenden Oberflächentechniken definiert seien. In der Folge wurde ein erhöhtes Maß an Flexibilität durch neue Gestaltungsmethoden, unter Miteinbeziehung einer Verteilungsfunktion, erreicht. Diese Methode ist im Bereich künstlerischer Kreationen bei der Gestaltung realistischer dreidimensionaler, schattierter Bilder länglicher Objekte mit relativ komplexen Charakteristika, die Züge organischer Oberflächen aufweisen, mit Erfolg eingesetzt worden.

Diese Abhandlung legt das Hauptaugenmerk auf die neuen, dreidimensional schattierten Bilder, die aus freien Formen unterliegenden Oberflächen bestehen, im folgenden von uns "Morphogenesis-Modell" genannt. In Abschnitt 2 gehen wir auf die Struktur des Morphogenesis Modells, einschließlich der Morphogenesis-Grundlagen, Gruppenstrukturen, Inputparameter und Algorithmen dieses Modells ein. In Abschnitt 3 beschreiben wir die Ausführung der morphogenetischen Szenensimulation für "Expansion: Mysteriöse Galaxis" und "Expansion II: Morphogenesis". In Abschnitt 4 wird das Morphogenesis-Modell, unter Einbeziehung der Reflexion und Refraktion bei Dichteellipsoiden, erweitert und verbessert. Wir zeigen auch einen neuen charakteristischen Effekt, nämlich die mehrfach gewebegegrasterte Oberflächenbeschreibung, eine einzigartige und äußerst fortgeschrittene Gestaltungstechnik.

2. Die Struktur des Morphogenesis-Modells

2.1. GRUNDLAGEN

Das LINKS—1—System arbeitet mit "Meta-Kugel"- und "Meta-Ellipsoid"-Programmen: Aus diesen beiden Grundkonzepten setzen sich Morphogenesis-Bilder zusammen. Diese Grundkonzepte sind definiert durch ihre Zentrumsposition, ihren Effektivradius, ihr Gewicht sowie weiteren Komponenten. Die Zentrumspositionen positionieren ein Grundkonzept in die angegebenen Lagekoordinaten.

Zentrum (X_c, Y_c, Z_c)

Der Effektivradius — der ja unsicher ist — ist nicht der Radius der Zieldarstellung, sondern definiert den Bereich der Dichteverteilung.

Radius (r_0) (im Falle der Meta-Kugel)

Radius (r_a, r_b, r_c) (im Falle des Meta-Ellipsoids)

Unter Dichte verstehen wir den relativen Gradwert für Potential und Schwelle der Meta-Konzepte.

Gewicht (w_0)

Schwelle (t_0)

Ist der Gewichtsparameter kleiner als 0, so ist das Grundkonzept unsichtbar.
Ist der Gewichtsparameter größer als 0, so ist das Grundkonzept sichtbar.

Die Parameterkomponenten des LINKS—1—Systems beinhalten: (r, g, b) Farbe der Oberfläche, (dic) diffuse Reflexionskonstante für Umgebungslicht; (drc) diffuser Reflexionskoeffizient; (src) spiegelnder Reflexionskoeffizient; (n) Glanz; (trc) Transmissionskoeffizient; (phi) Refraktionsverhältnis.

Darüber hinaus ist eine Variation dieser Parameter durch Geweberaster, die mit dem Morphogenesis-Modell garniert wurden, möglich. In Abschnitt 4 beschreiben wir Gestaltungsmöglichkeiten mit mehrfacher Reflexion und Refraktion.

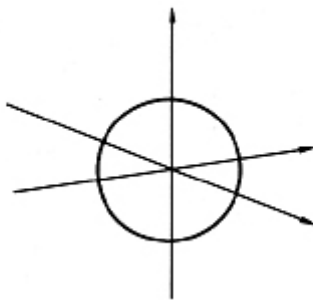


Abb. 1: Meta-Kugel

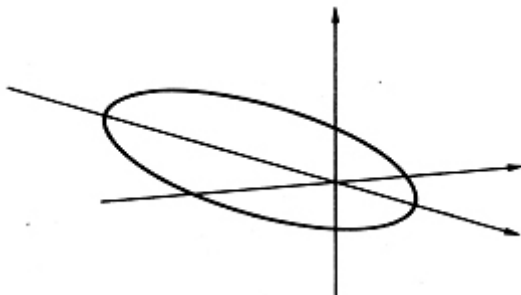


Abb. 2: Meta-Ellipsoid

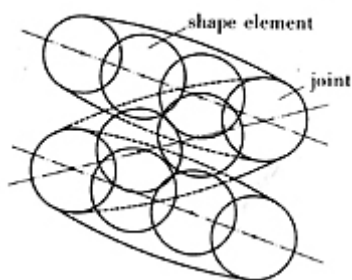


Abb. 3: Formelement
Verbindungsstelle

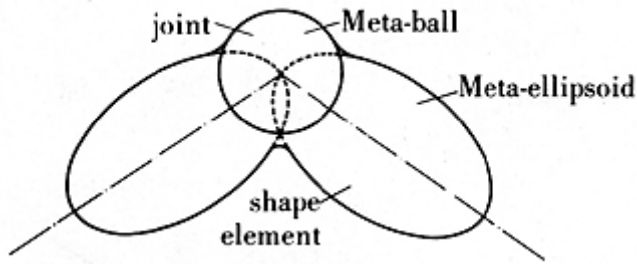


Abb. 4: Meta-Kugel
Meta-Ellipsoid
Verbindungsstelle
Formelement

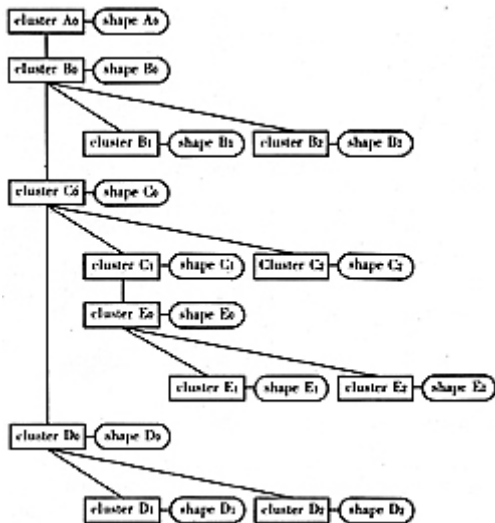


Abb. 5: Morphogenesis Grundstruktur

2.2 GRUPPENSTRUKTUREN

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den Morphogenesis-Gruppenstrukturen. "Meta-Kugeln" und "Meta-Ellipsoide" stellen nur fundamentale Formgrundkonzepte dar- zur Modellierung komplexer Formstrukturen ist daher eine Gruppenverkettung notwendig. Gruppen steuern unabhängig ihre verketteten Untergruppen und Formen. Jede Gruppenhierarchie kann Formen um das lokale Koordinatensystem der Gruppe übertragen und rotieren und dann die Gruppe in das globale Koordinatensystem der Szene transformieren. Abbildung 5 zeigt eine Morphogenesis-Gruppenstruktur. In dieser Abbildung versteht man unter "Form" sämtliche für die Form relevanten Daten, Großbuchstaben geben Aufschluß über das Generierungsniveau jedes Blocks. (Ein "Block" ist eine Ansammlung von Gruppen, die alle dem gleichen Generierungsvorgang entstammen.) Im folgenden Beispiel entwickeln die erste bis fünfte Generierungsexpansion (A—E) jeweils 2 Äste. Die Indexzahlen (1, 2 ...) neben den Großbuchstaben geben, rekursiv für jede Phase, an, ob die Expansion ein "Hauptast" (0) oder ein gewöhnlicher "Ast" (1) ist.

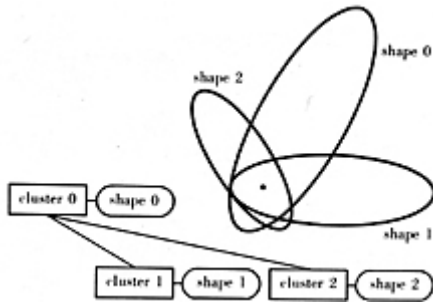


Abb. 6

Nur in der ersten Generierung gibt es einen Hauptast. Ein Morphogenesis-Grundkonzept besteht aus einem Block von Formen und Gruppen. Abbildung 6 zeigt die Blocktechnik, bestehend aus Objekten, die eine gemeinsame Verbindungsstelle haben. Jede Gruppe verbindet die Blöcke der nächsten Generierung.. Jede Gruppe hat bis zu (n) Äste. Abbildung 6 zeigt die Blockstruktur.

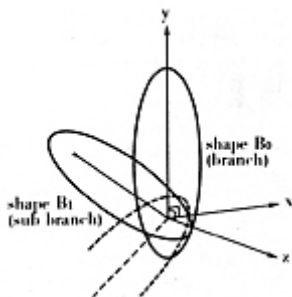


Abb. 7: Ast — Neue Generierung

Form B_0

Form A_0

Ast — frühere Generierung

Zum einen steht der Hauptast der neuen Generierung mit der alten Generierung in Zusammenhang. A_0 existiert in der ersten Generierung und befindet sich in den Lagekoordinaten der Gruppe A_0 . Gruppe B_0 ist mit Gruppe A_0 verbunden. Abbildung 7 zeigt die Koordinatenachse (x, y, z) ihres Lagekoordinatensystems. Die Spitze von A_0 befindet sich im Ursprung. Die Form A_0 expandiert entlang ihrer y-Achse. Die Form B_0 wird im Lagekoordinatensystem der Gruppe B_0 rotiert.

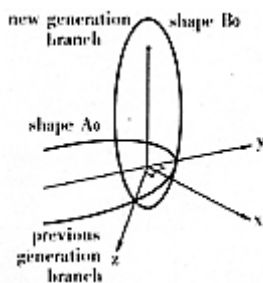


Abb. 8: Form B_1 (Nebenast)

Form B_0 (Ast)

Zum zweiten, Abbildung 8 zeigt einen Ast. Wie bereits erwähnt, ist Form B_0 mit Gruppe B_0 in Verbindung. Gruppe B_0 ist mit Gruppe B_1 derselben Generierung verbunden. ihnen entspricht das in Abbildung 8 dargestellte Koordinatensystem. Die Basis des Hauptastes liegt im Lagekoordinatensystem (0, 0, 0). Form B_0 expandiert entlang ihrer y-Achse. Form B_1 wird

im Koordinatensystem rotiert. Andere Äste sind ähnlicher Struktur. Bei rekursiver Definition dieser Gruppenblöcke kann das Morphogenesis-Modell komplexe Oberflächen generieren.

2.3. INPUT-PARAMETER

Es wurde bereits erwähnt, daß eine mit Hilfe des Morphogenesis-Modells generierte Form in kleineren Einheiten, wie z.B. Äste oder Verbindungsstellen aufgegliedert werden kann. Der Inputparameter ist als ein Faktor, der, gemäß dem Expansionsprinzip, das Modell rekursiv und aufs genaueste bis zur Spitze generiert, von größter Bedeutung. Dieses Prinzip ist als ein weiteres Beispiel des Prinzips der hierarchischen Multiplikation einer rekursiv expandierten, sich selbst ähnlichen Struktur anzusehen.

Die Inputparameter umfassen:

- (1) Zentrumscoordinate der Basis des wichtigsten Hauptastes (X Basis, Y Basis, Z Basis)
- (2) Zentrumscoordinate der Spitze des wichtigsten Hauptastes (X Spitze, Y Spitze, Z Spitze)
- (3) Winkel zwischen dem Hauptast und dem Ast der neuen Generierung (X Winkel[0], Y Winkel[0], Z Winkel[0])
- (4) Winkel zwischen den Ästen der gleichen Generierung (X Winkel[1], Y Winkel[1], Z Winkel[1])
(X Winkel[k], Y Winkel[k], Z Winkel[k])
(X Winkel[n], Y Winkel[n], Z Winkel[n])
($0 \leq k \leq n$, $n \geq 0$)
- (5) Effektive Ausdehnung des Fibrationswinkels zwischen dem Hauptast und dem Ast der nächsten Generierung
(X Min.-Winkel[0], Y Min.-Winkel[0], Z Min.-Winkel[0])
(X Max.-Winkel[0], Y Max.-Winkel[0], Z Max.-Winkel[0])
- (6) Effektive Ausdehnung zwischen Nebenästen
(X Min.-Winkel[1], Y Min.-Winkel[1], Z Min.-Winkel[1])
(X Min.-Winkel[k], Y Min.-Winkel[k], Z Min.-Winkel[k])
(X Min.-Winkel[n], Y Min.-Winkel[n], Z Min.-Winkel[n]) ($0 \leq k \leq n$, $n \geq 0$)
- (7) Winkelzu- und abnahme zwischen einem Ast und dem Ast der nächsten Generierung (X Stufe, Y Stufe, Z Stufe)
- (8) Expansionsverhältnis zwischen dem Ast der nächsten Generierung und der Verbindungsstelle des früheren Astes (Stufe[0])
- (9) Expansionsverhältnis zwischen dem Ast der nächsten Generierung und dem früheren Ast (Stufe[1]) (Stufe[k]) (Stufe[n]) ($0 \leq k \leq n$, $n \geq 0$)
- (10) Maximaler Verbindungsstellenradius (Radius)
- (11) Minimaler Verbindungsstellenradius (Untergrenze)
- (12) Komponentendaten von Ast, Verbindungsstelle und Zweig (Hauptastkomponente)
(Verbindungsstellenkomponente)
(Astkomponente)
(Spitzen-Ast Komponente)

2.4. GENERIERUNGSGRUNDALGORITHMUS

Im folgenden eine Darstellung des "Morphogenesis-Modells":

- (1) Die Parameter des Modells werden eingelesen.
- (2) Die Länge eines jeden Astes, seine Dicke, seine Expansionsrichtung und weitere Komponenten werden an die Generierungsroutinen des Morphogenesis-Modells transferiert.
- (3) Die Generierungsroutine prüft den Grenzradius.

- (4) Die Daten für die Äste und ihre Verbindungsstellen werden generiert.
- (5) Der Zweig der nächsten Generierung wird generiert.
- (6) Berechnung der an den Ast der nächsten Generierung zu transferierenden Parameter.
- (7) Als nächstes findet ein rekursiver Aufruf der Routine statt.
- (8) Nach dem Ende der Generierung dieser Routine ist die nächste Generierung der Beginn für die Expansion des Astes.
- (9) Die nicht in Äste gegliederten Teile sind nicht betroffen.
- (10) Die Generierung der Äste wird in den nächsten drei Punkten beschrieben.
- (11) Als erstes erfolgt eine Berechnung der Parameter, die für die Generierung der Äste der nächsten Generierung erforderlich sind.
- (12) Wieder findet ein rekursiver Aufruf statt.
- (13) Nach Beendigung der Generierung der Äste ist diese Routine beendet und kehrt zum Ursprung ihres Aufrufes zurück.

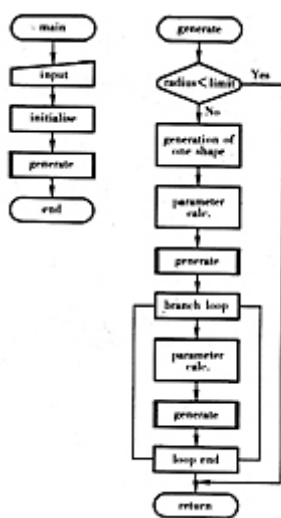


Abb. 9: Oberflächengenerierungs-Flußplan

3. Animationsausführung

3.1. BEISPIEL "A"

Bei Expansion 1 besteht der Oberflächencharakter des Expansionsmodells aus einer einfachen Gewebestruktur, obwohl ein gewisses Maß an Grundschattierung hinzugefügt wurde. Wir haben bereits vorweggenommen, daß die Oberflächengewebestruktur, wenn es möglich wäre, die Rastermethode auf Meta-Kugel-Oberflächen anzuwenden, variantenreicher und interessanter werden würde. Wir haben eine Rasterung der Meta-Kugel versucht, haben uns jedoch eine andere Methode zur Erzielung des gleichen Effekts ausgedacht. Die Oberfläche selbst ist nicht gerastert, sondern reflektiert die sie umgebenden gerasterten Objekte.

Abbildung 10 zeigt den Aufbau der gesamten Szene. Üblicherweise ist sie innerhalb einer großen Kugel gerastert, wobei es eine Reihe von fliegenden Objekten im Inneren gibt. Das Morphogenesis-Modell befindet sich im Zentrum der Kugel und kann alle Objekte, die sich in der oberen Kugelhälfte bewegen, auf seiner Oberfläche reflektieren. Wir können die auf der Oberfläche des Morphogenesis-Modells reflektierten Gewebestrukturen sehen, wenn wir unseren Standort ins Innere der Kugel "programmieren". Da sich die Oberflächenform des Morphogenesis-Modells bei Expansion der Oberfläche ändert, werden auch die an der Oberfläche reflektierten Muster geändert. Daraus folgt, daß sich die auf der Oberfläche reflektierten Gewebestrukturen ebenfalls auf fließende Art und Weise ändern. Das war ohne Einsatz des Rasters, nur mit dem Morphogenesis-Modell selbst möglich.

Das Morphogenesis-Modell wird mit einem, ähnlich dem gerade beschriebenen Generierungsalgorithmus ausgeführt. Im tatsächlichen Programm sind mehrere Sonderbedingungen für die Verarbeitung besonderer Teile, wie z.B. der Spitze, feiner Verzweigungen etc., inkludiert. Die Gruppenstruktur und der Generierungsalgorithmus werden, wie oben beschrieben, geplant, da sie eine großteils rekursive Struktur aufweisen, was bedeutet, daß auch Programm- und Datenstruktur rekursiv sind. Dadurch ist ein sehr kompaktes, effizientes Programm möglich.

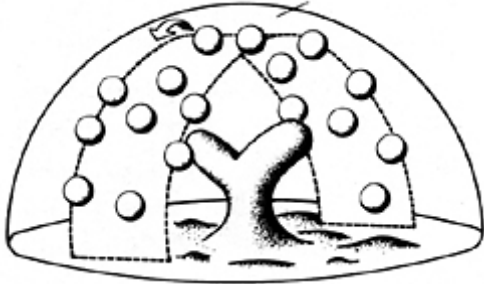


Abb. 10: 3-"B"-Dimensionale Kugel

3.2. BEISPIEL

Auf die gleiche Art und Weise wurden Reflexionen bei Expansion 11 eingesetzt. Die Oberfläche des Morphogenesis-Objektes reflektiert, und die übrigen Objekte sind um diese in Bewegung versetzt. Die Objekte wurden gerastert und drehen sich unabhängig um ihre eigenen Achsen. Das expandierende Objekt bewegt sich wild hin und her und in der Folge aus dem Gesichtsfeld — das ist jedoch nicht auf einen fehlerhaften Kamerablickwinkel zurückzuführen, wir beabsichtigten ja einen reflektierenden Körper in Bewegung zu demonstrieren. Wir wollten eine Szene zeigen, in der sich die Morphogenesis-Oberfläche dreht und zwischen den in der Nähe befindlichen Objekten bewegt. Ein Geweberaster dieser Objekte wird am Morphogenesis-Körper reflektiert.

3.3 UNTERSCHIEDE ZWISCHEN EXPANSION I UND EXPANSION II

Sowohl von der Methode als auch von den Effekten her gibt es ganz offensichtlich einige Unterschiede zwischen Expansion I (entstanden '83) und Expansion II (entstanden '84). Als Beispiel seien Charakteristika der Oberflächendarstellung angeführt. In Expansion I besitzt die Oberfläche des Objektes nur eine einfache Schattierung mit Heraushebeeffekten. In Expansion II wurden zur Oberflächengestaltung Transmissions- und Reflexionseffekte hinzugefügt. Darüber hinaus ist die Farbrasterung detaillierter. Daraus ergab sich eine weitreichende Verbesserung der Oberflächenmuster der Objekte — es besteht jetzt eine komplexe Darstellungsvielfalt.

Die Ursache dafür ist, daß das reflektierte Muster durch Transformation und Bewegung des Objektes dauernden Änderungen unterliegt. Auch dann, wenn ein Objekt sich in Ruhe befindet, unterliegt das Oberflächenmuster Änderungen, da die umgebenden Objekte Transformationen mitmachen. Durch Einsatz der Rastermethode ist dies leicht und effektiv zu erzielen. Darüber hinaus wurde die Bewegung von Objekten in der Szene aufgenommen. Bei Expansion I unterliegen nur Expansionsobjekte Metamorphosen, andere Objekte ändern sich nicht. Die Objekte in Expansion II bewegen sich in der Szene dauernd. Die Einführung der Rotation des Expansionsmusters selbst sowie der anderen Objekte im Hintergrund ist ebenfalls eine neue und nützliche Methode.

4. Darstellung komplexer Oberflächeneffekte

4.1. "EINZELRASTERUNG"

Darunter versteht man einfache Rasterungen auf die Oberfläche von Dichteellipsoiden und Kugeln. Bei der Morphogenesis-Szenensimulation gelangen zwei Arten von Rastermethoden zum Einsatz: die Farbrasterung, wodurch Farben mit Reflexionen auf die Oberfläche gerastert werden, und die normale Vektorrasterung, wodurch "unregelmäßige", das heißt Gewebestrukturinformationen auf die Dichteoberfläche gerastert werden. Als Beispiel sei hier der "Fliegende Planet" im Hintergrund der Abbildung 14 genannt.

4.2. "MEHRFACHRASTERUNG"

Mit Hilfe der Einzelrasterung können nur relativ einfache Oberflächenstrukturdichten dargestellt werden. Mehrfachrasterung erlaubt uns, durch mehrfaches Überlappen dieser Technik, komplexere Oberflächen darzustellen. Der Boden aus Abbildung 14 und der Planet aus Abbildung 15 mögen als Beispiele dienen. Diese Mehrfachüberlappungen, sowohl der Farbrasterung als auch der normalen Vektorrasterung, werden so lange ausgeführt, bis die gewünschte Komplexität erreicht ist.

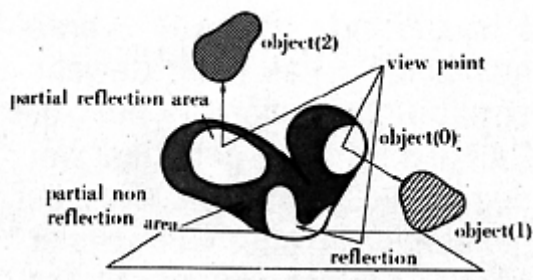


Abb. 11: Textreflexion und Teilrasterung

Reflexion

Objekt (1)

Objekt (0)

Standort

Objekt (2)

Teilreflexionsbereich

nicht-reflektierender Teilbereich

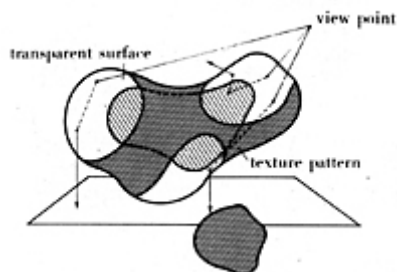


Abb. 12: Teiltransparenzbereich

Gewebemuster

Standort

transparente Oberfläche

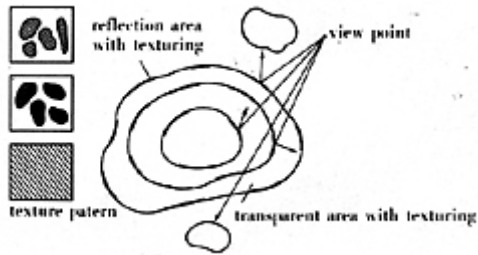


Abb. 13: Ansicht, nach Sektionen gegliedert von Teilreflexions-, Transparenz- und Geweberasterungsbereichen
 transparenter Bereich mit Geweberasterung
 Standort
 Reflexionsbereich mit Geweberasterung
 Gewebemuster



Abb. 14: Morphogenesis Szenensimulation, 1984



Abb. 15: Teilbereichsreflexion, 1984

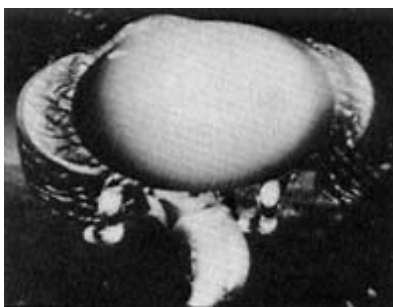


Abb. 16: Teilbereichstransparenz, 1984

4.3. "TEILBEREICHSTRASTERUNG"

Eine Geweberstruktur kann auf einen lokalen Teil einer Oberfläche gerastert werden. Verschiedenen Grundkonzepten einer Oberflächengruppe können verschiedene Komponenten zugeordnet sein.

Der Übergang von einem Grundkonzept in ein anderes kann nicht nur zur Farbmischung, sondern auch zur Mischung weiterer Oberflächencharakteristika führen. Dann ist wie zum

Beispiel in Abbildung 11 eine nur die Form betreffende Fusion möglich. Teilbereichsrasterung kann also durch eine Komponentenliste mit Rasterung und eine weitere Komponentenliste ohne Rasterung erfolgen.

4.4. "TEILBEREICH TRANSMISSION REFLEXION"

Transmissions- und Reflexionsumfang können auf einer Oberfläche variieren (siehe Abbildungen 12 und 13). Farbdaten können mit einem Gewebemuster gesteuert werden und andere Oberflächencharakteristika mit einem weiteren Gewebemuster (Detail siehe Abbildung 20).

5. Schlußfolgerung

Wir haben das Morphogenesis-Modell als Anwendungsbeispiel einer reibungslosen Oberflächenmodellierung mit geschlossenen Kurven dargestellt und auch gezeigt, daß dieses Modell ein wirkungsvolles Werkzeug für die dynamische Darstellung und Gestaltung von Bildern ist. Das Morphogenesis-Modell wird mit Hilfe besonderer Dichteverteilungsfunktionen, "Meta-Kugeln" genannt, ausgeführt. Die Verwendung dieser Art von Grundkonzept ermöglicht dem Modell, sämtliche Fähigkeiten bei der Gestaltung organischer Objekte, die mit konventionellen Modellierungstechniken schwer zu definieren sind, anzuwenden. Da das Morphogenesis-Modell Formen mit deterministischen Methoden nicht vollständig definiert, können, auf wechselwirkender Basis, sowohl stufenweise als auch jähe (plötzliche) topologische Änderungen unter Heranziehung einiger weniger Inputparameter ausgeführt werden. Zur Veranschaulichung dieser Technik zeigten wir "Expansion: Mysteriöse Galaxis (SIGGRAPH '83) und "Expansion II: Morphogenesis" (SIGGRAPH '84), zwei Entwicklungen, die metamorphische Änderungen auf der Basis von Expansionsprinzipien zeigten. Zur Stimulierung unserer Forschungsbemühungen haben wir auch versucht, eine effiziente Hypothese bezüglich natürlicher, morphologischer Mechanismen zu entwickeln. Wir haben auch versucht herauszufinden wie diese Hypothese dazu herangezogen werden kann, verschiedene morphologische Prozesse, die für so viele natürliche Phänomene grundlegend sind, zu modellieren und zu generieren. Wir hoffen, daß diese Methode zum Versuch einer Analyse der Grundlage natürlicher Expansionsobjekte uns bei der Entwicklung neuer künstlerischer Techniken, unter Einbeziehung natürlicher, wissenschaftlicher Prinzipien, behilflich sein wird.



Abb. 17: Organische Oberfläche mit Meta-Kugeln, 1983



Abb. 18: Organische Oberfläche mit Reflexion, 1984



Abb. 19: Organische Oberfläche mit Teilreflexion, 1984



Abb. 20: Verschiedene Arten organischer Oberflächen, 1984