ARS ELECTRONICA

PETER WEIBEL
ZUR GESCHICHTE UND ÄSTHETIK
DER DIGITALEN KUNST

SUPPLEMENTBAND

8.–14. September 1984 im Rahmen des Internationalen Brucknerfestes Linz

PETER WEIBEL
ZUR GESCHICHTE UND ÄSTHETIK DER DIGITALEN KUNST

Peter Weibel
Zur Geschichte und Ästhetik des digitalen Bildes.

Supplement zum Katalog
ARS ELCTRONICA '84

Eigentümer, Verleger, Herausgeber: Linzer Veranstaltungsgesellschaft mbH, Vorstandsdirektor und Generalmanager Dr. Horst Stadlmayr, Vorstandsdirektor Karl Gerbel.
Redaktion: Gottfried Hattinger
Grafische Gestaltung: Greta Hitz-Kühnel
Übertragung ins Englische: Camilla Nielsen

Satz: B-Grafik, Steyr. Lithos: Krammer Linz.
Druck: J. Wimmer, Linz

Linz, September 1984

ARS ELECTRONICA
Festival für Kunst, Technologie und Gesellschaft
im Rahmen des Internationalen Brucknerfestes
Linz. 8.–14. September 1984

Veranstalter: Linzer Veranstaltungsgesellschaft mbH und Österreichischer Rundfunk, Landesstudio Oberösterreich.

I.

DIE DIGITALE BILDREVOLUTION

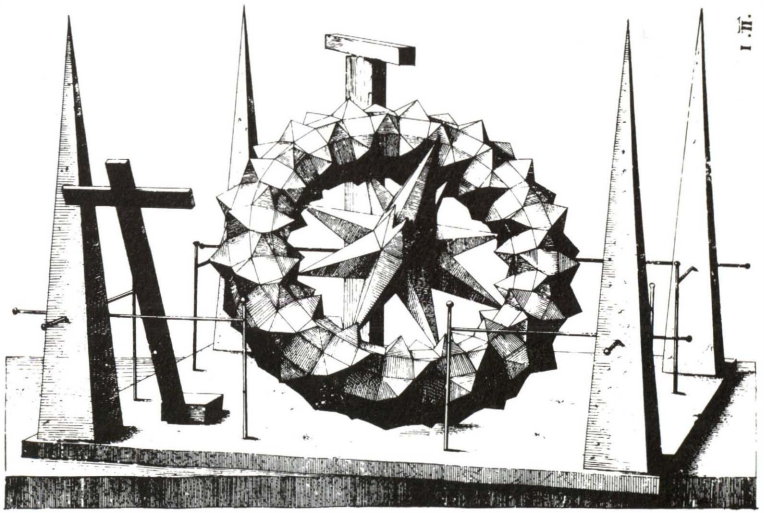
Die Veränderungen, welche die Ankunft des digitalen Bildes für die Bildauffassung des Menschen bedeuten, so ungeheuerlich und einschneidend sie auch sein mögen und werden, wahrscheinlich das wichtigste Ereignis seit der Erfindung des Bildes selbst, sind dennoch in der Geschichte des Bildes vorbereitet.

Wenn wir uns darauf einlassen wollen, den Hauptunterschied zwischen dem traditionellen und dem digitalen Bild darin zu erblicken, daß die klassische Abbildungstätigkeit analoger Natur war, das heißt nach Prinzipien der Ähnlichkeit, Übereinstimmung und Kontinuierlichkeit arbeitete, und die elektronische Abbildungstätigkeit eben digitaler Natur ist, also mit kleinsten, diskontinuierlichen, nichthomologen Elementen arbeitet, dann ist klar, daß wir als Ausgangspunkt unserer Betrachtungen insbesondere jene Kunstbewegungen wählen werden, welche die Ruptur mit der klassischen Bildauffassung vorangetrieben haben, vom Aufstand der Abstrakten zu Beginn des Jahrhunderts bis zur Aktionskunst.

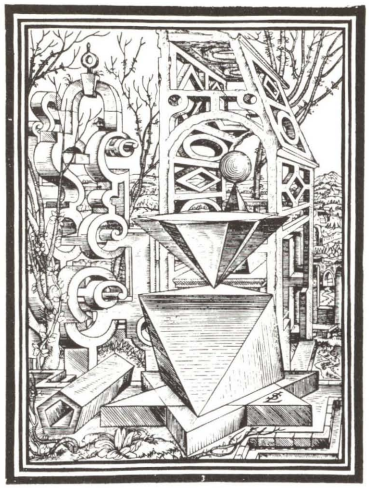
DIGITALE KUNST

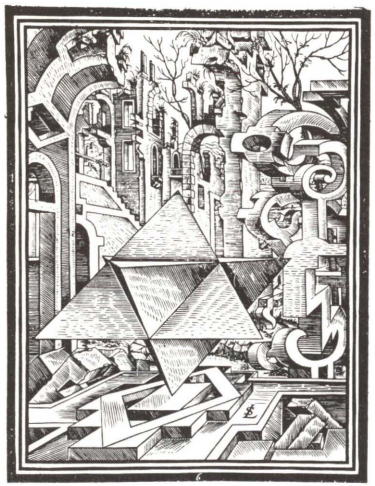
Wir wollen aber bei dieser Unterscheidung, welche allein schon durch den Begriff "digitale Kunst" dialektisch den Begriff "analoge Kunst" hervorruft, worunter dann per definitionem nichts anderes als die bisherige klassische Kunst verstanden werden kann, einige philosophische Ungereimtheiten übersehen wie diese, daß natürlich in der digitalen Kunst analoge Elemente und in der analogen Kunst digitale Elemente vorhanden sind, denn letzten Endes ist jeder kontinuierliche, analoge Vorgang in kleinste diskontinuierliche Teile zerlegbar, so wie eine kontinuierliche Linie durch diskontinuierliche Punkte konstruiert werden kann, wobei der Abstand zwischen den benachbarten Punkten so gering ist, daß er für das Auge zwar nicht mehr sichtbar ist, sodaß die Illusion einer stetigen Linie entsteht, aber wohl numerisch noch vorhanden und darstellbar ist. Und genau das macht ja die digitale Kunst, analoge Vorgänge der Natur digital darzustellen bzw. aus Ziffern analoge Bilder zu erzeugen. Ein Computer kann eben aus Punkten, die einer Zahl entsprechen, auf dem angeschlossenen Bildschirm eine Linie erzeugen. Der Bildschirm ist dabei eine Art Zahlenfeld, wo jede Zahl, die aus einer Ziffer (= digit, engl.) oder einem Ziffernpaar oder einer Sequenz von Ziffern (wie etwa 00101) bestehen kann, einem Punkt entspricht. Die Darstellung der Zahlen erfolgt dabei im allgemeinen durch zwei Ziffern (0, 1), den sogenannten binären Ziffern, weil nur so Zahlen elektrisch dargestellt werden können, nämlich Stromimpuls für 1 und Nicht-Strom für 0. Digitale und binäre Darstellung sind also aneinander gekoppelt. Der Computer berechnet nun jene Zahlenfolge, das ist die Punktfolge, welche auf dem angeschlossenen Bildschirm den Eindruck einer Linie erweckt. Dies ist natürlich nur dann möglich, wenn das Auflösungsvermögen des Bildschirms so groß ist, daß ich die Abstände zwischen den Punkten und die Punkte selbst so klein wählen kann, daß sie für das Auge verschwinden, aber dennoch zahlenmäßig vorhanden sind.

Ich wiederhole mich bzw. detailliere, um die Sache zu verdeutlichen. Wenn ein Bildschirm eine geringe "resolution" (Auflösungsvermögen) hat, so bedeutet das, daß er ein Zahlenfeld mit nur wenigen Zahlen ist. Damit die wenigen Punkte (=Zahlen) aber das Feld füllen können, müssen sie entsprechend groß sein – denn klarerweise kann ich das gleiche Feld nur dann mit kleineren Zahlpunkten bedecken, wenn sie mehr sind. 8 große Punkte aber, die nebeneinander und linear über die Fläche eines Bildschirms verteilt sind, schaun beileibe nicht aus wie eine Linie, sondern für die Darstellung einer Linie brauche ich viele kleine Punkte, so viele und so klein, daß sie eben kontinuierlich wie eine Linie wirken. Ein Schirm von dem Ausmaß unseres TV-Schirmes mit ca. 600 Zeilen und je 800 Punkten ist also ein Zahlenfeld von 480 000 Punkten. Nun kann man sich gut vorstellen, wie klein diese 480 000 Punkte bei der Kleinheit unseres TV-Schirms sein müssen, um darauf Platz zu haben, und wie leicht es damit fällt, die Illusion



Wenzel Jamnitzer
Perspectiva Corporum Regularium, 1568





Lorenz Stöer
Geometria Et Perspectiva, 1567

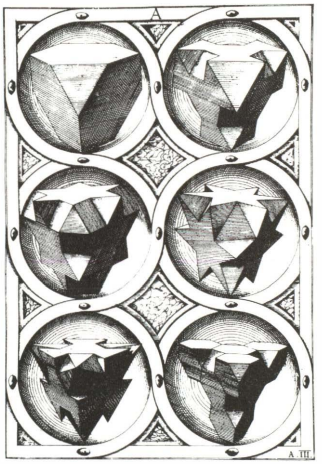
einer Linie zu erwecken. Da diese Punkte auch verschiedene Farben haben können, ist es eben möglich, nicht nur Formen, sondern auch Farbflächen herzustellen, sodaß diese Farbigen Formen, entsprechend schnell verändert bzw. bewegt, nämlich 30 mal pro Sekunde, die Illusion von Bewegung und Realität (Wiedergabetreue) herstellen können. Je größer die Punkt- bzw. Zahlenmenge, die für die Abbildung zur Verfügung steht, umso größer wird die Wiedergabetreue, umso besser kann ich die Illusion von Realität erwecken, umso realistischer wirkt die Abbildung. Das Drängen nach einer größeren Auflösung (zb 1000 Zeilen) entspricht also dem Wunsch nach einem größeren visuellen Realismus.

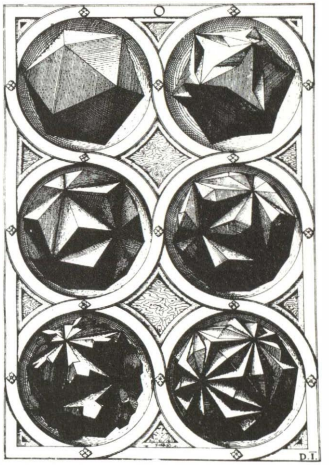
Wenn Sie sich nun vorstellen, daß diese Zahlen- bzw. Punktmenge nicht einfach durch die Abtastung mit einem Strahl aktiviert wird, der einem eingegebenen Bild folgt wie es beim Fernsehen der Fall ist, sondern einem Computer zur Berechnung gegeben wird, kann man sich ausmalen, welche große Zahl von Rechenoperationen und Algorithmen (Anweisungen, welche Schritt für Schritt festlegen, was zu tun ist) es bedarf, um aus einigen ausgewählten Zehntausenden Punkten die Linie eines menschlichen Profils auf den Bildschirm zu zaubern. In so einem Fall gibt es also keine Bilder oder eine Realität als Vorlage, sondern es liegen nur Zahlen und Rechenoperationen vor, die dann durch elektronische Transformationen auf dem Bildschirm als Formen erscheinen. Dies nennt man künstliche Bilderzeugung, synthetische Bilder, vom Computer. Digitale Bilder sind künstlich erzeugte Bilder, deren Basis die Zahl ist. Wenn man bedenkt, daß nicht nur den Punkten, sondern auch deren Farben und Intensitäten Zahlen entsprechen, wir es also bei einem einfachen Farbbild auf dem Computermonitor mit Millionen von Zahlen zu tun haben, welche der Computer verarbeiten und für die der Programmierer sich einen Algorithmus (Sequenz von schrittweisen Rechenbefehlen) ausdenken muß, kann man ermessen, wieviel Rechenarbeit bei der Erstellung eines einzigen unbeweglichen digitalen Bildes schon notwendig ist. Sollten sich diese Bilder auch noch auf natürliche gewohnte Weise bewegen müssen, sich also

das gesamte Bild 30 mal pro Sekunde ändern, erreicht natürlich das Ausmaß der notwendigen Rechenoperationen außerordentliche Höhen, die große Ansprüche an die Geschwindigkeit und die Komplexität des Rechenvermögens des Computer stellen. Wenn wir unser Vorstellungsvermögen noch steigern wollen, dann erwarten wir, daß der von einem Lichtstift auf einem Tablett gezogene Strich nicht erst nach endloser Rechenzeit irgendwann einmal auf dem Computerbildschirm erscheint – vergleichbar einem Pianisten, der mit seinen Fingern auf die Tasten schlägt, aber die entsprechenden Töne gibt das Klavier erst nach Stunden von sich – sondern unmittelbar gleichzeitig mit der Bewegung auf dem Tablett auch auf dem Bildschirm der Strich erscheint, also gleichsam in "real time" (Echtzeit) – das Klavier ist also ein Echtzeit-Gerät (real time-display). Die enorme Rechentätigkeit, die dabei der Computer in der Sekunde bewältigen muß, schaffen natürlich nur mehr Supercomputer. Deswegen sind ja auch die Bewegung und die Form der Figuren auf dem Bildschirm der Videospiele so eckig, das Niveau der Bewegungsillusion und Repräsentanztreue so niedrig, weil die in den Mikrochips implementierten Rechenvorgänge nicht mehr zu leisten vermögen. Das gleiche gilt natürlich auch für die Personalcomputer.

Bei den digitalen bewegten Bildern, der digitalen Computeranimation, wird also nicht nur nach Monitoren mit immer größerer Auflösung gedrängt, sondern auch nach immer größeren und schnelleren Supercomputern, denn nur diese können die riesigen Rechenoperationen durchführen, die notwendig sind, damit die vom Computer ziffernmäßig (digital) hergestellten Formen, Farben und Bewegungen auf dem Bildschirm oder (durch Laser übertragen) auf dem Filmstreifen so ausschauen, daß sie den Eindruck von Realität erwecken. Wenn man sich den schnellsten Computer der Welt anschafft, kommt man dem Ziel immer näher, mit Hilfe enormer Rechenoperationen über das Zahlenfeld eines Bildschirms, metaphorisch gesprochen, farbige bewegte Formen zu erzeugen, welche natürlichen Gegenständen in der realen Welt entsprechen, was soviel heißt, wie in Bruchteilen von Sekunden riesige Datenmengen betreffend Position, Intensität, Farbe etc. von Hunderttausenden Punkten nicht nur zu verarbeiten, sondern auch die für ihre Steuerung (=Gestaltung) notwendigen Rechenoperationen, die ja ebenfalls wiederum nur numerisch erfolgen (eingegeben und dargestellt werden) kann, zu berechnen. Solcherart digital erzeugte bewegte Bilder können bei entsprechender optimaler Auflösung und mit Hilfe der Rechenkapazität von Supercomputern immer besser dreidimensionale Objekte und Ereignisse realistisch simulieren. Digital Productions in Los Angeles hat einen der schnellsten Computer der Welt, Cray-1, von dem es nur ca. 25 Exemplare gibt, genau zu diesem Zweck 24 Stunden pro Tag laufen. Das digitale Bild hat mit der "digitalen Szenesimulation", wie die Firma ihr Verfahren (digital scene simulation) nennt, mit computererzeugten beweglichen Bildern 3-dimensionale Objekte und Ereignisse realistisch zu simulieren, einen ersten Höhepunkt erreicht: "a film-design studio creates reality by computer" – das ist das ultime Ziel des digitalen Bildes. Ist es das?

Ich würde sagen, im Gegenteil, im Wesen des digitalen Bildes liegt es, mehr als die Realität durch den Computer zu schaffen, aber dieses Mehr im Look der Realität. Der Grund (im Sinne der idealistischen deutschen Ontologie) des digitalen Bildes ist es gerade, Irrealität mit Hilfe des Computers realistisch zu machen. Wir brauchen keine bewegten Fotografien, sondern das digitale Bild führt uns darüber hinaus, transformiert die Abbildung (der Realität) zur Erzeugung des Bildes (einer neuen Realität). Das digitale Bild vereinigt also die Möglichkeiten der Malerei (Subjektivität, Freiheit, Irrealität) und der Fotografie (Objektivität, Mechanik, Realität). Reproduktion und Fantasie, die beiden ausgeschlossenen Schwestern, versöhnen sich im digitalen Bild. In Zukunft könnten wir auch von einem digitalen Film oder digitalem Video sprechen, weil das digitale Bild ja in jedem Medium realisiert werden kann. Das digitale Bild, das mir ermöglicht, in jede Stelle der Bildfläche so individuell einzugreifen wie der Maler in die Leinwand, jede Stelle so zu gestalten wie es meinen Vorstellungen entspricht, befreit nicht nur die apparative





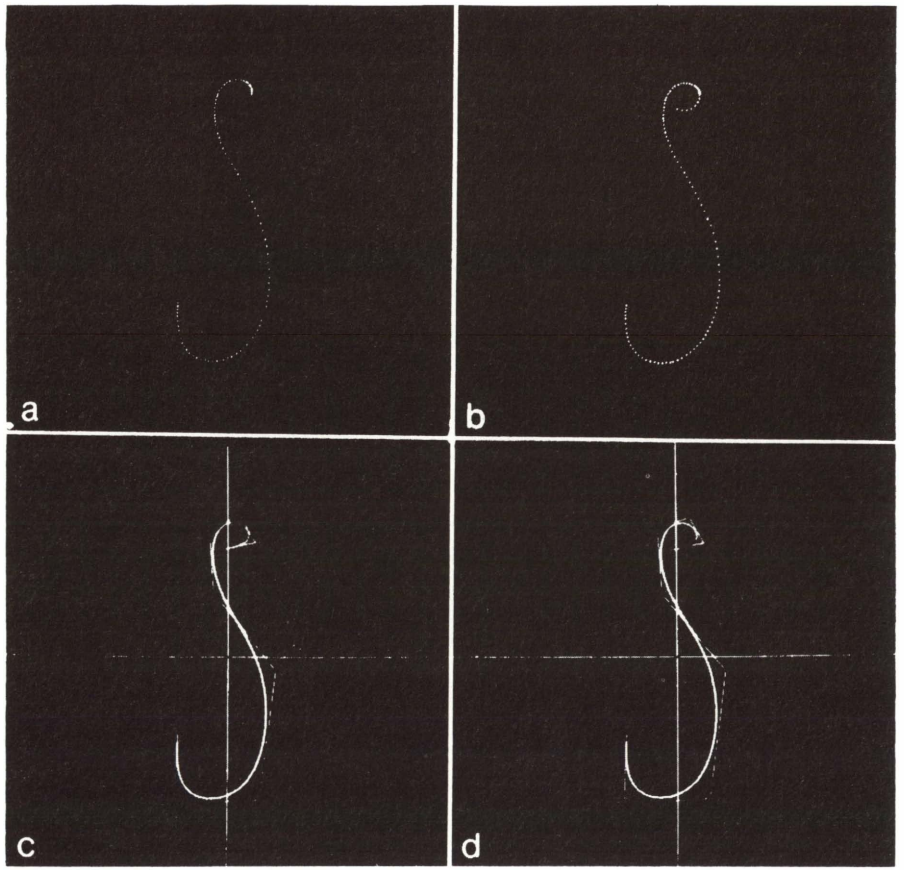
Wenzel Jamnitzer
Perspectiva Corporum Regularium, 1568

Kunst von ihrer quälenden und beengenden Mechanik, sondern befreit das Bilddenken schlechthin von vielen Zwängen, ist also der erste reale Vorschein des "befreiten Bildes" (sowie der digitale Klang des "befreiten Klanges"), dessen Programm um die Jahrhundertwende angeschlagen wurde.

DAS BEFREITE BILD

In zwei Phasen hat die Kunst des 20. Jahrhunderts die Befreiung des Bildes unternommen. In der 1. Jahrhunderthälfte im Futurismus, Kubismus, Kubofuturismus, Suprematismus, Dadaismus, Surrealismus etc., in der 2. Phase mit Action Painting, Fluxus, Happening, Popart, Kinetismus, OpArt, Ambiente, Arte Povera, Aktionismus, Performance etc. Momente dieser Befreiung gehören auch zu den Characteristica des digitalen Bildes. Ich erwähne nur die Farbformen der Abstrakten bis zum Informel, die maschinelle Ikonographie des Dadaismus (von Hausmann zu Picabia), die synthetischen Bildfindungen und Objekttransformationen des Surrealismus (von Dali zu Magritte), die Interaktion und Partizipation beim Happening etc. In den Visual Music Filmen oder Videos tauchen die abstrakten Farbimpressionen wieder auf, ebenso die surrealistischen Collagen, denn das digitale Bild ist u.a. eine um die Zeit und mehrere räumliche Schichten erweiterte Collage, die als ein Gestalten in der Zeit – ähnlich der Musik – von der Zweidimensionalität der Fläche zur 4. Dimension aufsteigt. Die Raster-Technik (Liechtenstein, Warhol, Dieter Rot, Sigmar Polke etc.) gehört ebenso stillschweigend zu den Voraussetzungen des digitalen Bildes wie die Partizipation des Publikums zur Videokunst (von Installationen bis zu Videogames).

Viele der ästhetischen Momente vorausgegangener Kunstformen bilden also die Richtlinien für die digitale Kunst, welche aber diese transzendiert. Fast zu zahlreich wären dafür die Beispiele. Die Entwicklung vom gepunkteten Stich bis zur "plotted line" (Warhol) landet beim Plotter, einem Zeichengerät des Computers. Vom Pointillismus über Divisionismus bis zur Raster-Technik gibt es



Curve fitting having nonzero curvature at an end, 1978

Punkt-Techniken, welche die Malerei als analoge Kunst in Frage stellen. Die synästhetischen Gesamtkunstwerkvorstellungen zu Jahrhundertbeginn formulierten bereits das Programm der Musikvideos: "to make visible what is audible".

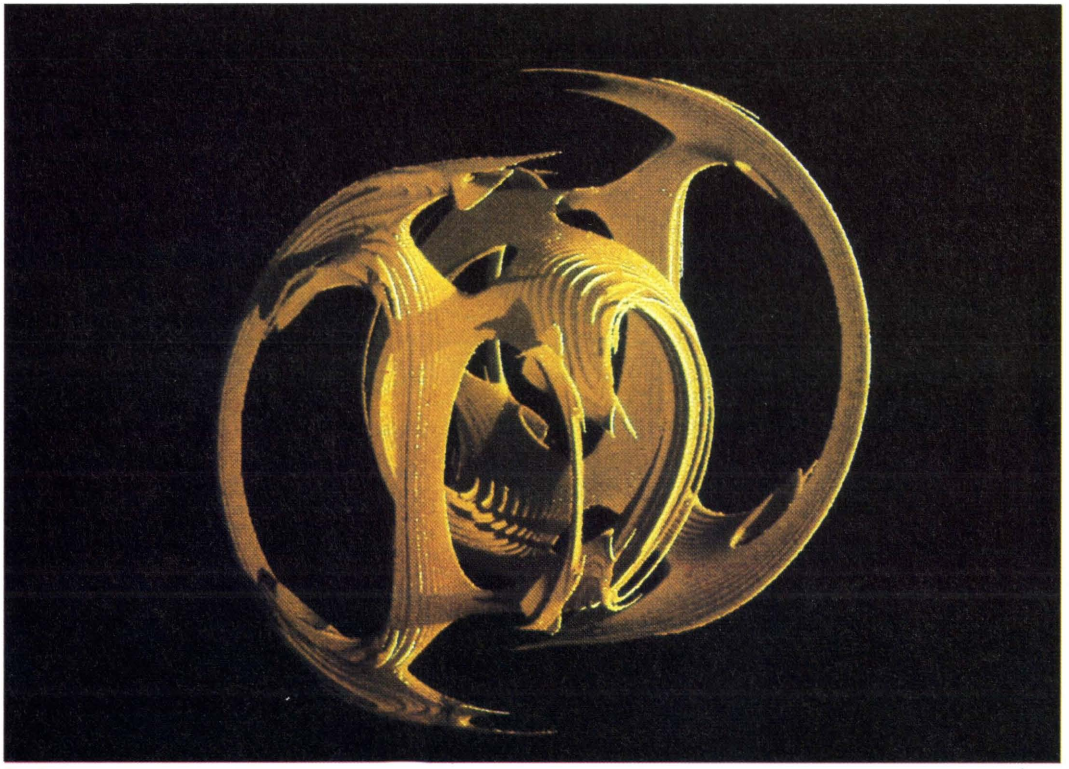
Die eigentliche Entwicklung elektrischer und elektronischer Kunstformen begann in der Mitte der 60er Jahre. Einerseits im Bereich populärer Musik: Lightshows, Projektionen mit Filmen, Dias, flüssigen Elementen. Andrerseits in der Avantgarde: Videokunst, die auf die große Tradition des abstrakten Films zurückgreifen konnte, Neonwerke, Installationen etc. In der Medienkunst der Gegenwart kommt es vor allem zu Mischformen, sowohl im Kunst- wie im Populärbereich: Lucas' Superproduktionen wie Laurie Andersons Musicvideos verwenden Film, Videotechnik und digitale Technologie gleichermaßen. Wir stehen knapp vor dem Quantensprung, wo digitale Bildwerke unab-

hängig von anderen Kunstformen werden, wo digitale Kunst autonom wird. Das digitale Bild ist ein befreites Bild.

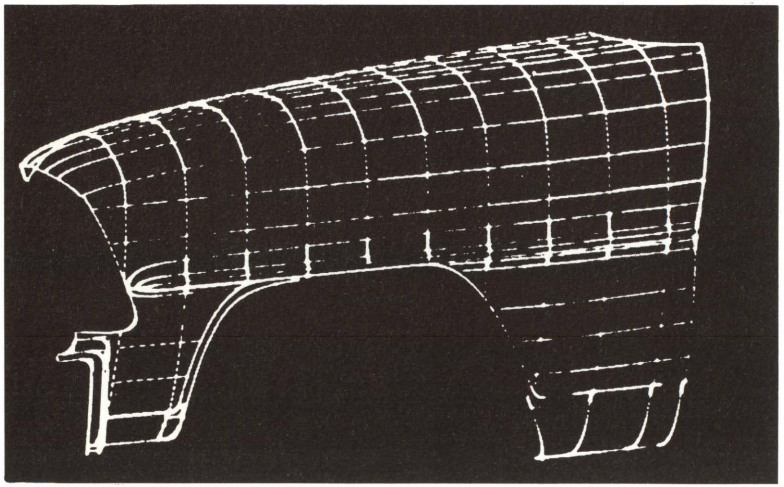
DIGITALE ÄSTHETIK

Die augenblickliche visuelle Veränderung durch das digitale Bild, was die Phänomenologie seiner Ästhetik in Bezug auf das klassische analoge Bild, betrifft trotz aller Genealogie, läßt sich am besten durch den Übergang vom Bildschirm des TV-Apparates zum Schirm des Computers beschreiben. Ist die Bildfläche des TV-Apparates zu einer vertrauten Bildquelle geworden, befremdet und verstört der computergespeiste Bildschirm. Denn der eine pflanzt den passiven Konsum konventioneller Bildcodes fort, während der andre Interaktion mit neuen Bildcodes abverlangt. Die Transformierung des TV-Schirms zum Computer-Schirm durch die an den TV-Apparat angeschlossenen Videogames-Displays, die aus einem traditionellen statischen Bildobjekt ein Computergerät machen, bedeutet auch eine andere Verwandlung: der Bildschirm erhält plötzlich eine neue Ästhetik der Information und Kommunikation, eine Ästethik des Künstlichen.

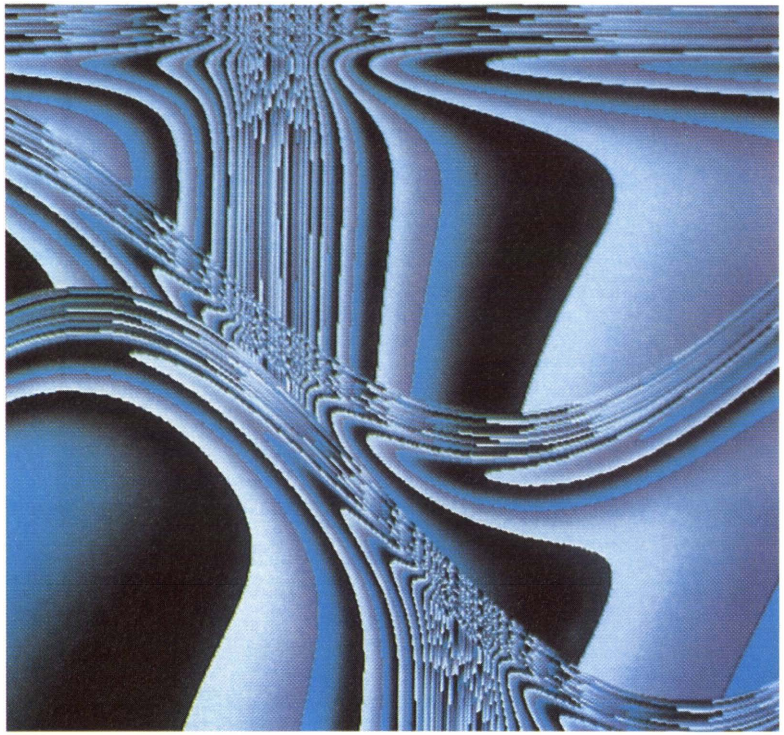
Wenn es die Besonderheit und der Vorteil der digitalen Kunst ist, daß sie ideal geeignet sei, die analogen Vorgänge der Natur digital darzustellen, wenn also eine Bildtechnik seinem Gegenstand anscheinend so adäquat ist, wie es die Digital Scene Simulation (die realistische Simulation 3-dimensionaler Objekte und Ereignisse in der Zeit) nahelegt, so ist die Vermutung bzw. Hypothese nicht ohne Gründe, daß letztlich alles Analoge digitalisierbar ist, also die Welt selbst digital organisiert ist, und die digitale Kunst ihr immer vollendeterer Ausdruck wird.



Alan Norton
"Fractal Domains of Attraction - 9", 1983



A CRT picture derived from an image described by approximately 2,500 short line segments, 1968



Frank Dietrich, "Softy 3", 1983

II.

INTERAKTIVE COMPUTERGRAFIK

Man kann sagen, daß der eigentliche Anfang des digitalen Bildes mit einer 1963 veröffentlichten Arbeit von Ivan E. Sutherland[1], einem Schüler der Pioniere der Informations- und Bild-Verarbeitungsmaschinen am M.I.T., Claude E. Shannon, Marvin Minsky und A. Coons, zusammenfällt.
Heute ist Sutherland an der University of Utah, Salt Lake City, einem der Zentren der Computeranimation und der digitalen Bilder in den USA, tätig. In seiner bereits als klassisch angesehenen Arbeit zeigt er, wie der Computer eingesetzt werden kann für einen interaktiven Entwurf von Liniendarstellungen unter Anwendung eines einfachen aus einer Kathodenstrahlröhre CRT bestehenden Displays und ein paar zusätzlicher Inputsteuergeräte. Bereits in den frühen fünfziger Jahren hatte man CRT-Geräte an Computer angeschlossen, um einfache Outputdarstellungen zu erzielen. Doch erst als Sutherland ein System für Bilddarstellung, die eine Interaktion zwischen Mensch und Maschine ermöglichte, entwickelte, wurde man in der Öffentlichkeit auf das große Potential der Computergrafik aufmerksam.

Die Verwirklichung dieses Potentials ging aber nur langsam vor sich. Zwei große Hindernisse standen im Wege: Erstens waren die Kosten der Berechnungen sehr hoch. Man hat bald erkannt, daß die Computergrafik allerhöchste Forderungen an den Computer stellte, sowohl bezüglich Verarbeitung als auch in Hinblick auf den Umfang der erforderlichen Daten. In den sechziger Jahren konnten nur einige wenige Universitäten und Forschungslabors einiger großen Firmen den hohen Kostenaufwand mit Forschungszielen rechtfertigen.

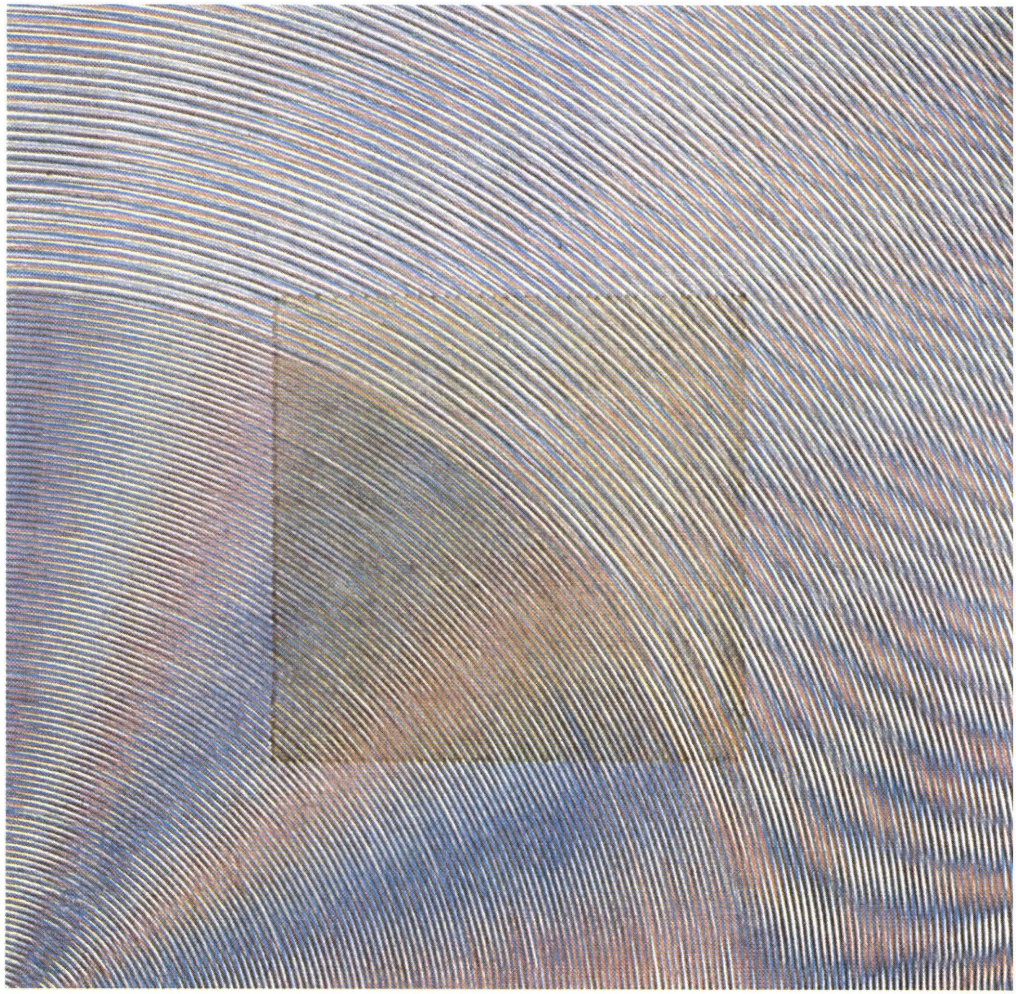
Das zweite große Hindernis war das mangelnde Verständnis für die Feinheiten der Software für Bilderzeugung, die für ein effektives Computergrafiksystem Voraussetzung sind. Man hat bald die Notwendigkeit erkannt, Daten so zu erstellen, daß diese den oft kaum erkennbaren, doch offensichtlich vorhandenen Beziehungen, die dem zweidimensionalen Bilde zugrundeliegen, gerecht wur-

den. In der Tat geht ein Großteil der Theorie der Datenstrukturen auf frühe Arbeiten im Bereich der Computergrafik zurück. Es mußten Algorithmen für die Erkennung von verdeckten Linien, für Schattierung und Scan Conversion ausgearbeitet werden, was sich im allgemeinen als viel schwieriger herausstellte, als man ursprünglich angenommen hat. Sogar eine auf den ersten Blick einfach erscheinende Aufgabe, wie zum Beispiel die Darstellung eines geradlinigen Segments oder eines Kreisbogens auf einem punktorientierten Bildschirm, erforderte Algorithmen, die überaus kompliziert waren.

Scanner ist ein Gerät, mit dem Bilder digitalisiert werden, im Prinzip einer Videokamera entsprechend. Digitalisierung heißt beim Scanner Auflösung in Punkte, in denen eine Helligkeits- oder Farbinformation gemessen wird. Dieser Meßwert als Zahl wird weiterverarbeitet. Diesen Vorgang der Umwandlung nennt man Scan Conversion, Erfassen der realen Welt in Daten, die für einen Computer verarbeitbar sind. Dabei können Störungen wie Schleier, nichtgehaltvolle Information, leichte Schattierungen, die für das Produkt ohne Belang sind wie Reflexionen, entfernt werden. Unter Umständen wird also dabei stark abstrahiert.

In der Natur gibt es normalerweise nur analoge Vorgänge. Quantifizieren von solchen Vorgängen ist immer eine Art Digitalisierung. Das Abnehmen des Tageslichts ist kontinuierlich, stetig. Ein Thermometer mit Quecksilbersäule ist analog (die Höhe ist analog), während die Aussage "Es ist 27°C" eine digitale ist. Auch das Malen ist gewissermaßen ein analoger Vorgang. Digitalisierung bedeutet die Umwandlung analoger Vorgänge in kleinste, diskontinuierliche Einheiten, die quantifizierbar sind, die also durch Zahlen (Digits=Ziffern) darstellbar sind.

Es gibt eine Richtung in der Computerbildverarbeitung, die von realen Gegenständen ausgeht und einen Scanner (einen speziellen analog-digital Converter) verwendet. Dabei wird entweder das Bild nach seiner Digitalisierung (durch den Scanner) wiederum in ein analoges Bild auf dem Bild-



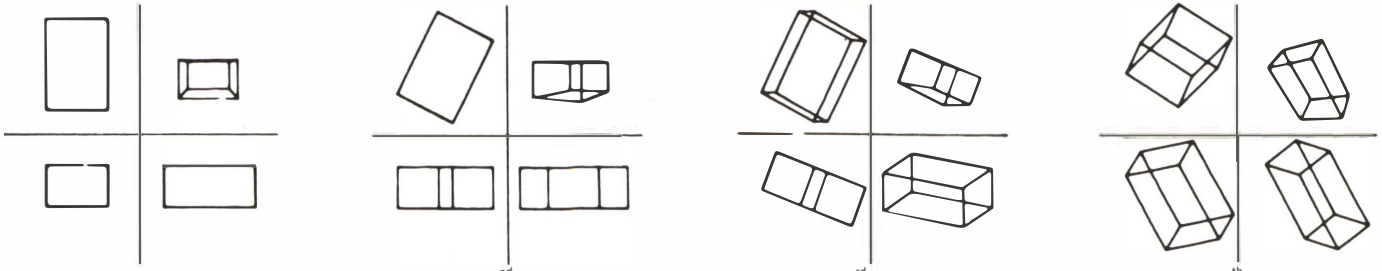
Christa Schubert, "Untitled", 1983

schirm wandelt, oder das Bild wird nach seiner Digitalisierung zum Ausgangspunkt einer Handlung wie bei der Robotersteuerung, wo ein Roboter mit bestimmten Werkzeugen und Gegenständen hantiert. Eine andere Richtung in der Computergrafik ist die Erzeugung von Bildern auf digitaler Basis (im Computer gespeicherte Zahlen) von Gegenständen, die keinen realen Ursprung haben, also nicht durch einen Scanner entstanden sind. Das ist die digitale Bilderzeugung.

Glücklicherweise hat wie bei vielen anderen technologischen Innovationen die Zeit für die Computergrafik gearbeitet. Über die Jahre sind die Kosten für Computeranlagen gesunken, während Laborkosten angestiegen sind. Die Steuersysteme wurden immer mehr verfeinert und man lernte mit immer komplexerer Software zu arbeiten. Beachtliche Fortschritte wurden in der Entwicklung von Algorithmen für die Bilddarstellung via Computer erzielt, insbesondere bei solchen, die für die Darstellung von dreidimensionalen Objekten bestimmt waren. Dieser über viele Jahre langsam erzielte Fortschritt reicht aus, um heute zu Beginn der achtziger Jahre die Computergrafik endlich als effektives und billiges Darstellungsmittel in Technik, Design, Industrie, Werbegrafik und den bildenden Künsten einzusetzen.

Die Computergrafik ist sowohl aus der Hardware- wie aus der Softwaretechnologie entstanden. Wie bei konventionellen numerischen Berechnungen gibt es die Möglichkeit der Interaktion sowie die einer Stapelverarbeitung. Stapelverarbeitung ist jene fixierte, von vornherein genau festgelegte, nicht mehr steuer- und kontrollierbare, "passive" Vorgangsweise, bei der die Geschwindigkeit und der Zeitpunkt der Erzeugung von Bildern von nebensächlicher Bedeutung sind. Vergleichbar der Vorgangsweise eines Lochkartensystems oder eines Versandhauses. Die Bilder können auf einem digital gesteuerten Stiftplotter, einem elektrostatischen Punktplotter oder auf einem CRT (Kathodenröhreschirm) aufscheinen. Die "aktive" veränderliche, jederzeit eingreif-, steuer- und kontrollierbare Vorgangsweise, die Interaktion, wird dort eingesetzt, wo die Zeit, die Geschwindigkeit der Bilderzeugung eine kritische, ausschlaggebende Rolle spielt. Sie ist einem direkten Kaufhaus-Besuch vergleichbar. Mit den Bildern, die auf einem CRT- oder Plasmaschirm aufscheinen, ist unmittelbare direkte Interaktion möglich, ein zeitgleicher Dialog.

In den Anfängen der Entwicklung der Computergrafik befaßte man sich in erster Linie mit Hardware. Dies ist heute nicht mehr so notwendig, da erstklassige Hochleistungshardware von zahlreichen Firmen angeboten wird. Derzeit bemüht man sich vielmehr, Algorithmen auszuarbeiten, welche die Erzeugung von verschiedenartigsten Bildern ermöglichen (Darstellungen von Linien, maßstabsgetreue grauschattierte Bilder, Farbbilder, perspektivische Projektionen von dreidimensionalen Objekten, etc.), und Software für leichteres Programmieren (d.h. Zeichnungen) von Bildern zu entwickeln.



(a) Viewed orthogonally (b) Rotated about 2nd quadrant axis (c) Rotated about 3rd quadrant axis (d) Rotaded about 4th quadrant axis

Additive rotation, beginning at (a), of a "wireframe" box about axes perpendicular to the orthogonal viewing quadrants. The 1st quadrant in each subfigure shows a perspective view of the 3rd quadrant or front view. 1963

Roy Hall, „The Gallery", 1983

GRAFISCHE SYSTEME

Es läßt sich sagen, daß Timothy Johnson die Forschungsergebnisse von Sutherland von der zweidimensionalen Anwendung auf die dreidimensionale erweitert hat. Auf leichtverständliche Weise bringt er in seiner Arbeit[2] eine Einführung in die Techniken, womit sich dreidimensionale Objekte auf einer Ebene darstellen lassen, wobei die jedem Ingenieur und Designer vertrauten orthographischen und perspektivischen Projektionen Verwendung finden. Homogene Koordinaten werden hier eingeführt, die dreidimensionale Verschiebungen, Rotationen und maßgetreue Wiedergabe ermöglichen. Johnson hat diese Technik von Roberts[3] übernommen, der sich mit der Darstellung von dreidimensionalen Gegenständen befaßt hat. Seine Arbeit behandelt viele der subtilen Probleme, auf welche man stößt, wenn man versucht, ein dreidimensionales Objekt darzustellen und dabei gezwungen ist, mit Projektionen auf einer zweidimensionalen Ebene zu arbeiten. Bezogen auf die Praxis nimmt diese Arbeit Probleme der dreidimensionalen Grafik vorweg genauso wie Sutherlands erster Artikel die Computergrafik im allgemeinen vorweggenommen hat.

Bereits in der ersten Arbeit von Sutherland wird auf die Notwendigkeit einer entsprechenden Organisation der grafischen Daten hingewiesen, wodurch die verschiedenen Manipulationen möglich werden, die eine Interaktion mit dem Computer erfordert. In den nachfolgenden Jahren wurde man sich dessen noch mehr bewußt, als Forscher begannen, die Herausforderung der Computergrafik anzunehmen. Denn Datentransformationen, die man für konzeptuell einfache gehalten hat, werden dann kostspielig, wenn die Datenorganisation nicht entsprechend berücksichtigt wird.
Indirekt werden beim Studium der grafischen Arbeit eines Computers große Einsichten darin gewonnen, wie wir als Menschen zwei- und dreidimensionale Strukturen wahrnehmen und im Unterbewußtsein die Welt erfassen. Die Entwicklung einer effektiven Datenorganisation wird als eine der größten Aufgaben der Computergrafik betrachtet und ist daher heute ein vordringliches Anliegen in diesem Bereich geworden.

GRAFIKGERÄTE

Interaktive Computergrafik – das Wort "interaktiv" wird fast stets von vornherein angenommen, wenn man von Computergrafik spricht – erfordert die Verfügbarkeit eines Darstellungsgerätes, auf dem ein Bild innerhalb des Bruchteils einer Sekunde erscheint, nachdem alle für das Bild notwendigen Daten durch den Computer erzeugt worden sind.

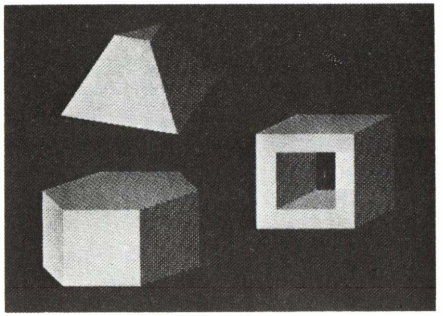
Man geht im allgemeinen davon aus, daß ein Terminal in der Computergrafik sowohl für die grafische Eingabe als auch für die grafische Ausgabe ausgestattet ist. Die Ausgabe erfolgt zumeist über ein Kathodenröhredisplay, die Eingabe zumeist mittels eines manuell betriebenen Geräts, welches die Eingabe von Bildinformationen und eine Interaktion des Benutzers mit dem Dargestellten ermöglicht. Es gibt zahlreiche zusätzliche Geräte, die man üblicherweise mit einem solchen Terminal verbindet; sehr häufig findet man Terminals, die an eine normale Tastatur angeschlossen sind, welche oft noch durch eine Reihe von speziellen "Funktionstasten" am Bedienungspult des Benutzers ergänzt wird. Die anspruchsvolleren Terminals können auch mit Geräten versehen sein, die eine schnelle Produktion einer Kopie der am Bildschirm aufscheinenden Bilder, ein optisches Scanning der Ausdrucke von eingegebenen Bildern und den Anschluß von herkömmlichen Druckern ganz verschiedener Art zulassen.

Obwohl die im Computer verwendeten CRT-Displays bereits in einigen der frühesten Digitalcomputersystemen zu Korrekturzwecken eingesetzt wurden, besteht erst seit relativ kurzer Zeit ein verbreitetes Interesse für solche Systeme. Dies läßt sich dadurch erklären, daß derzeit große Anstrengungen unternommen werden, um die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine zu verbessern. Der gegenwärtige Stand der Entwicklung von Computergrafikterminals ist das Ergebnis von

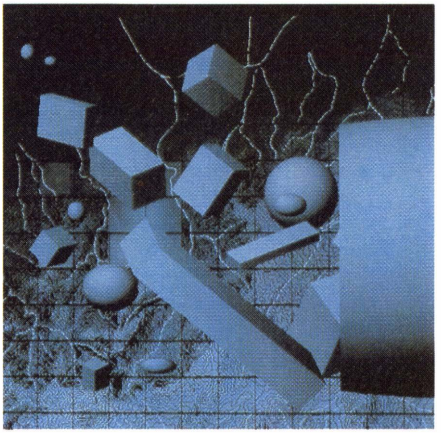
1) Bemühungen bei vom Militär eingesetzten Computern, die in strategischen Situationen möglichst schnell erfassen und reagieren sollen.
2) Verbesserungen im Displayhardware, die in jünster Zeit erzielt wurden, (z.B. Convertors und Scanners, die digitale Signale zu analogen und vice versa umwandeln; und Geräte, die Vektoren und Zeichen erzeugen)
3) Die Entwicklung von "Realtime"-Computersystemen, die effizient innerhalb kürzester Zeit eine große Anzahl von korrigierenden Eingaben von der Peripherie bearbeiten können.

Bei den Grafikterminals der "3. Generation" ist man bei Vorgängen wie Scaling (Vergrößern u. Verkleinern), Verschiebung oder Rotation nicht mehr auf Software angewiesen. Dafür wird heute eine besondere Art von Hardware eingesetzt, die mit großer Geschwindigkeit arbeitet, und diese Transformationen sozusagen im Vorübergehen, also ohne Unterbrechungen durchführt. Die Transformationen des Bildes finden zur gleichen Zeit statt wie die Umwandlung der vorhandenen grafischen Daten in analoge elektrische Signale, welche die erwünschte Ablenkung des CRT-Strahles bewirken. Aus diesem Grund kommt es zu keinem bedeutenden Zeitverlust. Bei den früheren Grafikcomputerterminals konnten sich die Bilder am Display "bewegen", indem die Bilder vom Displayprozessor von einem Bildkader zum nächsten (durch Scaling, Verschiebung, Rotation) geringfügig verwandelt wurden. Dies funktionierte zufriedenstellend bei einfachen Bildern, die an hand einer geringen Zahl von Bilddaten erzeugt wurden. Bei größeren Bildern waren nicht einmal die anspruchsvollsten Computer in der Lage, jene Transformationen, die erforderlich wären, um den Bildkader 30 mal pro Sekunde zu wechseln, entsprechend schnell zu berechnen. Ein störendes Flackern der Bilder blieb nicht aus.

Hagen und seine Mitarbeiter[4] haben die Bedeutung der schnellen Transformationen auch bei 3-dimensionalen Bildern erkannt und folglich die Fähigkeit der Hardware, Transformationen auch in



A figure illustrating Shading Possibilities, 1974



Brad de Graf, Payson Stevens "Entropy", 1983

der dritten Dimension durchzuführen, erweitert. Eine bedeutende Errungenschaft auf diesem Gebiet war die Entwicklung eines Gerätes, mit dem man 3-dimensionale Objekte in Bewegung modellieren konnte. In den letzten Jahren sind analoge Schaltkreise durch digitale Transformationsgeräte, die mit großer Geschwindigkeit arbeiten, abgelöst worden.

Eines der Hauptprobleme bei den CRT-Displaysystemen ist, daß das Bild 30 mal in der Sekunde aufgefrischt werden muß. Auf der Suche nach einer Lösung haben Experten einen Plasmaschirm verwendet, auf dem das Bild zeitlich unbegrenzt erhalten bleibt, ohne nach einer bestimmten Zeit aufgefrischt werden zu müssen, ein Verhalten, das einem Speicherschirm entspricht. Im Gegensatz zur Speicherbildröhre läßt der Plasmaschirm jedoch eine selektive Löschung des Bildes zu.

In den letzten Jahren ist ein größeres Interesse für Rasterbildschirme entstanden, die nach und nach die Vektorbildschirme ablösen. Folgende Vorteile bieten CRT-Displays: a) kommerzielle Schwarzweiß- oder Farbfernsehmonitore, die kostengünstiger sind, können verwendet werden, b) die Bilder lassen sich einfacher wechseln und können selektiv gelöscht werden. Der Nachteil hingegen ist, daß ein kostspieliger Speicher für die Bildauffrischung erforderlich ist, was aber angesichts der in den letzten Jahren immer günstiger werdenden Computerhardware nicht mehr einen so ausschlaggebenden Faktor darstellt.

Ein weiterer Nachteil ist, daß die Daten für die Darstellung von Linien überlicherweise in Vektorform vorgegeben werden (d.h. als Folge von Liniensegmenten, die in der Displaydatei als Koordinaten der Liniensegmente angeführt sind). Um eine Darstellung mit Linien auf einem Rasterdisplay aufzuzeigen, ist eine Operation, die sogenannte Scan Conversion erforderlich. Hierbei werden aus den Koordinaten eines Liniensegments alle jene Punkte bestimmt, die in der punktweisen Darstellung (dem Raster) der ursprünglichen Linie entsprechen.
Die Scan Conversion spielt nicht nur bei CRT-Rasterdisplays eine wichtige Rolle, sondern natürlich bei allen anderen Ausgabegeräten, wie z.B. elektrostatischen Plotters und Zeichendruckern (der Zeile für Zeile druckt). Obwohl Zeichendrucker nie als grafische Ausgabegeräte gedacht waren, werden sie aufgrund ihrer leichten Verfügbarkeit sowohl für Linienzeichnungen als auch für Halbtongrafiken oft verwendet.

ALGORITHMEN FÜR DIE ERZEUGUNG VON LINIEN UND KURVEN

Die Entwicklung von effizienten Algorithmen für die Erzeugung von Linien und Kurven ist sowohl für Forscher als auch für die Benutzer von Computergrafiksystemen ein bedeutendes Anliegen. Da ein Bild auf einem Bildschirm mindestens 30 mal pro Sekunde erneuert werden muß, hängt die Menge der Bilddaten, die am Display aufscheinen, entscheidend davon ab, wie schnell die Daten erzeugt werden. Große Anstrengungen sind in der Entwicklung von Algorithmen, die für die Konstruktion von Hardware geeignet sind, unternommen worden. Diese Algorithmen werden zur Erzeugung von Vektoren, Symbolen, Kreisen und sogenannten "free-form"-Kurven verwendet. Das Problem der schnellen Erzeugung von Daten tritt in gleicher Komplexität auch bei der Ausgabe von Bildern in Form eines Ausdrucks auf einem digital gesteuerten Stiftplotter oder an einem Rasterlinienplotter auf.

Bresenham[5] war der erste, der die Erzeugung von digitalen Liniensegmenten methodisch untersuchte. Er setzte sich mit der Frage auseinander, wie man die optimalste digitale Annäherung zu einem von den Koordinaten seiner Endpunkte definierten Liniensegment finden kann. Im Prinzip wird in seinem Artikel ein "Software-Vektorengenerator" für einen Digitalplotter beschrieben. Ein Digitalplotter besteht aus einem Stift, mit dem eine Linie schrittweise durch Bewegung des Stifts einen bestimmten Einheitsabstand nach vorne oder zurück in vertikaler oder horizontaler Richtung gezeichnet werden kann. Einige Plotters lassen die Durchführung dieser Schritte in mehreren

Einheiten in der einen oder der anderen Richtung zu. In der Praxis muß der Stift von dem Knoten eines bestimmten Quadratgitters zu einem der angrenzenden Knoten geführt werden.

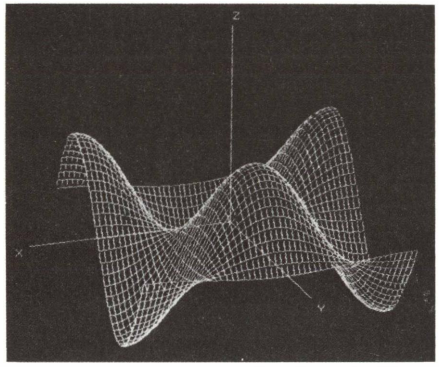
Es ist unmöglich, wirklich gerade verlaufende Liniensegmente in einem bestimmten Winkel zu zeichnen. Stattdessen muß jedes "gerade" verlaufende Liniensegment – und sogar jede Kurve – durch eine Kette von kleinen Liniensegmenten, deren Länge genau definiert ist, angenähert werden. Das Ergebnis ist das, was "digital straight line" genannt wird. Dasselbe ergibt sich, wenn eine Linie oder eine Kurve mittels eines elektrostatischen Plotters gezeichnet wird (oder einfach mittels eines Zeichendruckers). In diesem Fall jedoch erzielt man die Annäherung der Kurve über eine Kette von Punkten, die an den Gitterknoten liegen, und nicht über die kleinen Linien, welche die Gitterknoten verbinden.
Eine Reihe von Forschern haben sich damit auseinandergesetzt, wie man die "optimalste" einer solchen digitalen Annäherung zu einer bestimmten Kurve finden kann. Einige haben ihre Bemühungen darauf konzentriert, Algorithmen zu finden, für welche die Annäherung minimal von der echten Kurve abweicht; es gibt aber auch Forscher, die bereit sind, eine größere Abweichung zugunsten einer schnelleren (oder einfacheren) Berechnung zuzulassen. Effiziente Algorithmen für das Erzielen einer optimalen digitalen Annäherung bei einer größeren Menge von mathematisch definierten Kurven, für die Darstellung von digitalen Kreisen und sogenannten "free-form"-Kurven wurden in den siebziger Jahren entwickelt.

GRAFISCHE COMPUTERSPRACHEN

Die Leistungsfähigkeit eines Computergrafiksystems hängt im entscheidenden Maße von der Computersprache ab, die verwendet wird, um abstrakte geometrische Strukturen darzustellen und diese am CRT oder am Plotter aufzuzeigen. Grafische Computersprachen lassen sich wie die herkömmlichen Computersprachen unterteilen in (1) maschinenorientierte Assembler-Sprachen, (2) hochentwickelte prozessorientierte Sprachen und (3) hochentwickelte problemorientierte Sprachen. Bei grafischen Computersprachen läßt sich jedoch eine weitere Unterteilung machen, die davon abhängt, ob die Computersprache für eine Bilddarstellung oder für den Aufbau eines geometrischen Modells verwendet wird.

In den frühen und mittleren sechziger Jahren haben Forscher eine Reihe von grafischen Systemen entwickelt, um die Anwendungsmöglichkeiten der Computergrafik auf eine breite Palette von Problembereichen zu erweitern. Die frühen Entwürfe von grafischen Computersprachen zielten vor allem auf den Output von Darstellungen von Linien ab und waren im grundegenommen einfache Assembler-Sprachen, die auf der Grundlage von einfachen Formen entwickelt wurden.

Zu Beginn der 70er Jahre wechselte das Interesse von Sprachen, die nur mit der Erzeugung von grafischem Computer Output befaßt waren, zu Sprachen, die komplexe, abstrakte, geometrische Modelle, sowohl 2- wie 3-dimensional, bauen konnten, für die der Output Display unwichtig war. Die neueren grafischen Computersprachen waren eher problemorientiert und konnten gewissermaßen eher als Sprachen für Computer-unterstütztes Design betrachtet werden.



A complex figure generated using only the LINE primitive, 1974

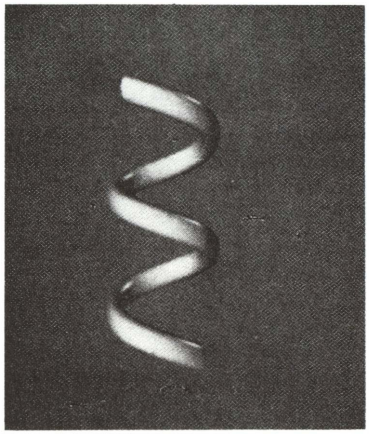
Richard Voss "Mount Mandelbroit", 1983

DIE ERZEUGUNG VON HALBTONBILDERN

In fast allen frühen Arbeiten in der Computergrafik hat man sich vor allem mit Vektor-Grafiken beschäftigt, d. h. mit Grafiken, wo die Ausgabe auf einem CRT-Display aufscheint, dessen Strahlen die eigentlichen Linien der so erzeugten Zeichnung zum Vorschein bringen. Dies war für alle Formen von Zeichnungen im Bereich der Technik und der Architektur vollkommen ausreichend. Dennoch war dies für die Erzeugung von Halbtonbildern nicht gut geeignet, die für die Darstellung eines Gegenstandes mit Hilfe von schattierten und schraffierten Flächen verwendet werden. In den späten sechziger Jahren begann man sich endlich für Halbtonbilder näher zu interessieren.

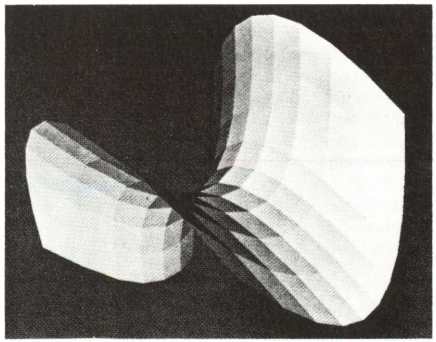
Einer der ersten, der sich mit diesem Thema beschäftigt hat, war Bouknight[6] von der University of Illinois, Urbana. Die Algorithmen, die er beschreibt, lassen sich als eine Weiterentwicklung der auf Warnock[7] zurückgehenden Algorithmen verstehen. Bouknight erreichte eine beträchtliche Verbesserung der Geschwindigkeit durch das Scanning eines Bildes mittels Raster. Dadurch entstand nicht nur ein Halbtonbild, sondern es war zugleich auch möglich, verdeckte Flächen zu erkennen. Der Einsatzbereich dieses Verfahrens war jedoch beschränkt auf eindimensionale Objekte.

Ein großer Fortschritt bei der Wiedergabe von Halbtonbildern wurde von Gouraud[8] erzielt. Gouraud hat eine Annäherung von kurvigen Flächen mittels kleiner Polygone erreicht, wodurch Diskontinuitäten in der Schattierung an den Rändern eliminiert wurden. Es gelang ihm ferner, Bilder mit kurvigen Flächen zu erzeugen, die eine überraschend glatte Textur aufwiesen. Durch die Anwendung von Watkins-Algorithmen ließen sich überdeckte Flächen leicht entfernen. Catmull[9], N.Y. Institute of Technology, fand eine Methode für die Erzeugung von schattierten Bildern mit kurvigen Flächen durch die Verwendung von kurvigen (bikubischen) Formen anstelle von Polygonen. Diese Formen sind so groß wie ein Rasterelement. Bilder, die ungewöhnlich realistisch wirken, konnten dadurch erzeugt werden, darunter auch Bilder von "transparenten" Objekten. Blinn[10], damals an der University of Utah, hat die Berechnung der Intensität von jedem einzelnen Rasterelement (pixel) eines am Display aufscheinenden Rasterbildes eingehend untersucht.

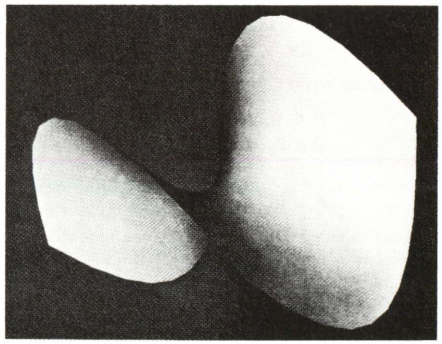


A spiral tube, 1975

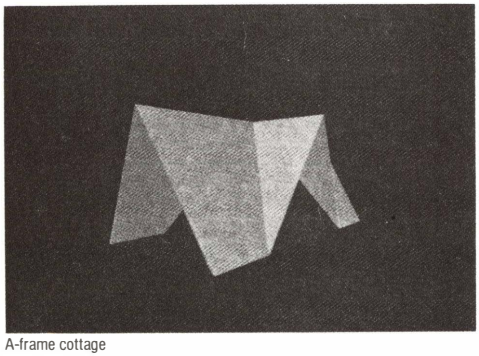
142 bottles and glasses, 1975



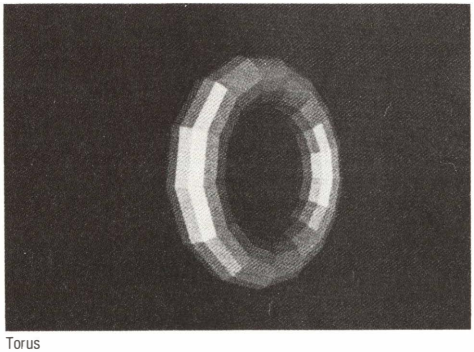
Curved surface presented with Watkins algorithm. Computation time: 1 min 30 sec.



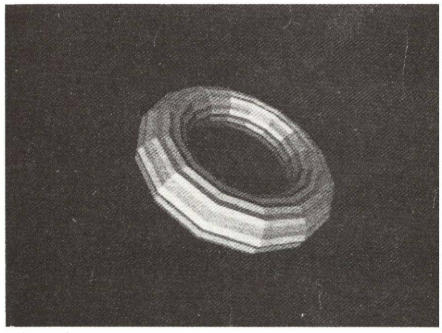
Curved surface presented with author's method. Computation time: 1 min 45 sec. 1971



A-frame cottage

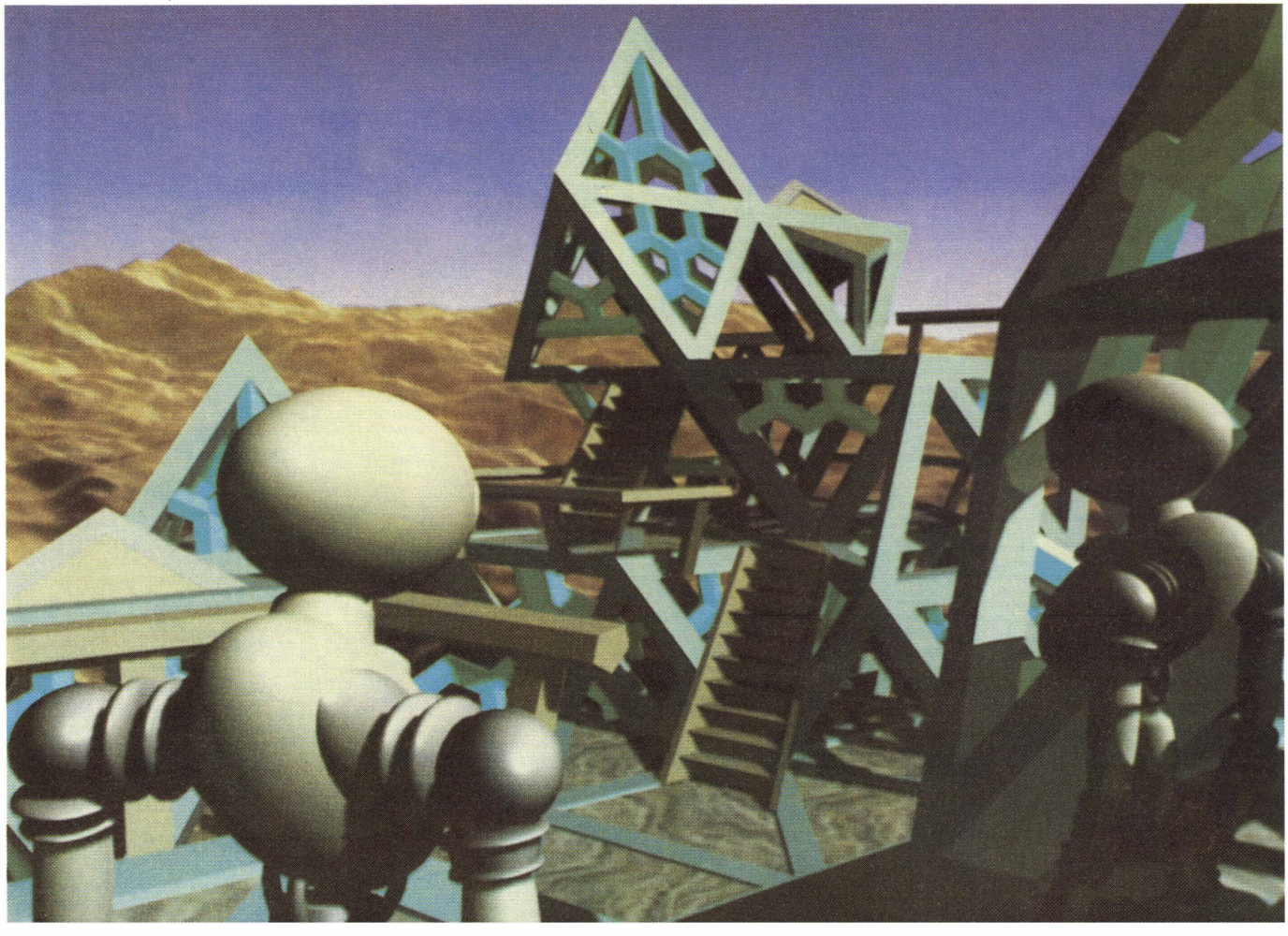


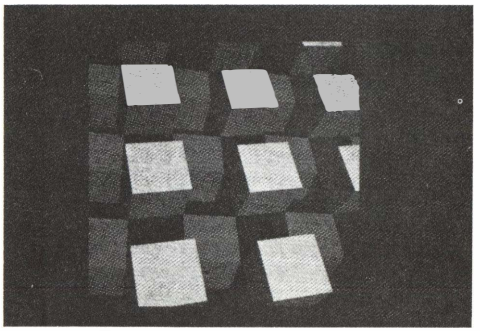
Torus



"Ripple" Torus

Ned Greene "Mondo Condo", 1983





Array of cubes, 1970

COMPUTERANIMATION

Seit den Anfängen der Computergrafik hat man sich auch für die Einsatzmöglichkeiten von Computern im Film interessiert. Bereits 1964 hat Knowlton[11] einen Aufsatz veröffentlicht, in dem er beschreibt, wie der Computer für die Herstellung von Zeichentrickfilmen verwendet werden kann. Ab diesem Zeitpunkt gab es eine fast sprunghafte Entfaltung von Aktivitäten auf diesem Gebiet.

In den ersten Versuchen setzte man sich vor allem mit der simulierten Bewegung von relativ einfachen Objekten auseinander. Die Bilder waren Darstellungen von Linien und die verwendeten Objekte beschränkten sich auf Polygone oder zweidimensionale Polyeder. Außer in ganz wenigen Fällen hatte man noch nicht die Mittel, um verdeckte Linien zu erkennen.

Ein Meilenstein in der Entwicklung der Computeranimation ist die 1969 veröffentlichte Arbeit von Baecker[12], die aus seiner Doktorarbeit am Department of Electrical Engineering am MIT entstanden ist. Baecker untersucht darin eingehend die Voraussetzungen eines interaktiven Computeranimationssystems und behandelt dann die verschiedenen einzelnen Schritte, welche erforderlich sind, um einen Film mit Hilfe eines Computers herzustellen. Diese Arbeit bietet eine hervorragende Einführung in alle Aspekte der Computeranimation und ist damit Pflichtlektüre für jeden, der sich für dieses Gebiet interessiert.

Norman McLaren beschreibt 1968 die Animation (d.h. Zeichentrickfilm) folgendermaßen:

1) Die Animation ist nicht die Kunst der ZEICHNUNGEN, die sich bewegen, sondern die Kunst der BEWEGUNGEN, die gezeichnet werden.

2) Das, was sich ZWISCHEN den einzelnen Kadern abspielt, ist wichtiger als das, was in jedem Kader gezeigt wird.

3) Die Animation ist folglich die Kunst, die unsichtbaren Zwischenräume zwischen den einzelnen Kadern zu manipulieren. Die Zwischenräume sind gleichsam das Skelett des Film; das, was in jedem Kader gezeigt wird, ist lediglich das Fleisch.

Die Animation ist eine grafische Kunst, die in einem zeitlichen Kontext stattfindet. Ein statisches Bild kann zwar komplexe Informationen über ein einziges Bild darstellen, doch erst durch die Animation können ebenso komplexe Informationen durch eine Reihe in der Zeit gezeigte Bilder übermittelt werden. Im Gegensatz zu statischen Bildern ist es charakteristisch für dieses Medium, daß die grafischen Informationen, die in einem bestimmten Moment übertragen werden, relativ nebensächlich sind. Die Informationsquelle für den Betrachter eines Zeichentrickfilms liegt im ständigen Wechsel der Bilder; Wechsel der relativen Positionen, Form und Dynamik. Ein Computer ist daher bestens geeignet, die Animation "möglich" zu machen, da die Bildtransformationen damit fließender wirken.

Obwohl die Einbeziehung des Computers in die Animation nicht lange zurückliegt (1964)[11], haben sich das Interesse und die Aktivitäten auf diesem Gebiet geradezu phänomenal entfaltet. Aufgrund der bisher gesammelten Erfahrungen läßt sich folgendes behaupten:

1) Die Animation ist ein gut geeignetes Medium für die Aufzeichnung und Analyse von Computerausgaben und Datenreduktionen sowie für die Erstellung von Modellen, für die Präsentation und anschauliche Darstellung von Vorgängen in der Physik, Biologie und Technik[13-15]. Eine mittels Animation gefertigte Darstellung ist besonders geeignet, um die in einem bestimmten System parallel zueinander ablaufenden Vorgänge darzustellen. Wenn die Animation als bildliche Simulation einer komplizierten, aus mathematischen Begriffen aufgebauten physikalischen Theorie dienen soll, kann der Film nur mit Hilfe eines Computers gemacht werden.

2) Der Computer ist ein KÜNSTLERISCHES Medium, das in der Animation als ein sehr effektives Mittel für die Erzeugung schöner und neuer visueller Phänomene verwendet werden

kann, und dient also nicht bloß dazu, gewöhnliche eintönige Bilder zu entwerfen.[16-19]

3) Das Entwerfen von Bildern mit Hilfe von Algorithmen und Daten läßt eine ständige Modifizierung einer einzigen Animationssequenz und die Herstellung einer Reihe von zusammenhängenden Sequenzen zu.

In der Computergrafik ist eine direkte grafische Interaktion möglich. Die folgenden drei Aspekte dieser Interaktion spielen für die Computeranimation eine wichtige Rolle:

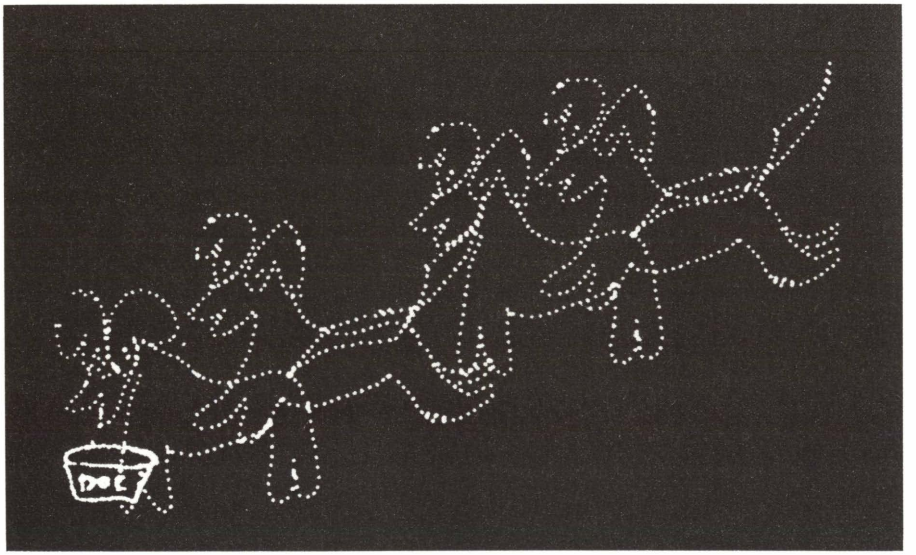
1) Die Verfügbarkeit eines unmittelbaren visuellen Feedbacks der Ergebnisse, seien diese nun endgültig oder auf einer Zwischenstufe.

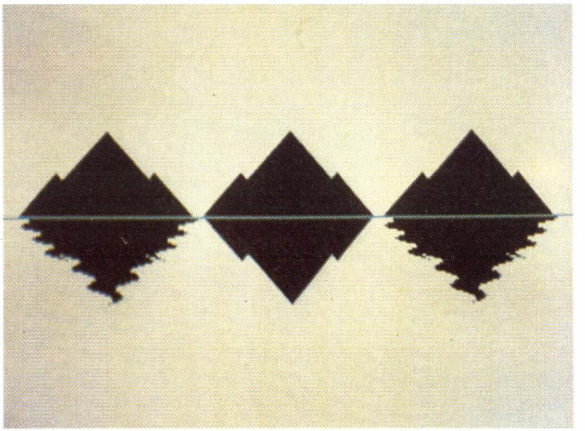
2) Die Möglichkeit, die Bildkonstruktion in Stufen aufzuteilen und die Ergebnisse nach jeder Stufe zu betrachten.

3) Die Möglichkeit, die Bilder direkt am Computer aufzuzeichnen.

Die Wirkung des sofortigen visuellen Feedbacks in der Animation ist beeindruckend. Der Computer berechnet anhand seiner Darstellung einer dynamischen Sequenz die einzelnen Kader des jeweiligen "Films". Dieser wird dann zurückgespielt zwecks einer direkten Überprüfung wie beim Videorecorder. So ist es möglich, eine kleine Änderung vorzunehmen, die Sequenz neuerlich zu berechnen und das Ergebnis nochmals zu betrachten. Die verschiedenen Schritte (das Festlegen der Anweisungen und die Zeichnung durch den Künstler, Berechnung und Playback durch den Computer) werden solange wiederholt, bis das gewünschte Resultat erzielt wird. Die Zeit, die nötig ist, die Feedbackschleife einmal durchzuspielen, wird reduziert auf einige wenige Sekunden oder Minuten.

In den meisten früheren Computeranimationssystemen brauchte man für diesen Schritt einige Stunden oder sogar Tage. Die Fortschritte sind insofern entscheidend, als jetzt der Benutzer des Systems das Ergebnis der Transformationen der Bewegung und des Rhythmus der dynamischen Darstellung am Bildschirm tatsächlich sehen kann und nicht mehr nur auf seine Vorstellung angewiesen ist.
Folglich kann er nun jenen Teil der Animation verbessern, der den wichtigsten Punkt darstellt: die Steuerung der sich ständig verändernden räumlichen und zeitlichen Verhältnisse/Beziehungen der grafischen Informationen.





Bei der INTERAKTIVEN COMPUTERANIMATION werden Zeichentrickbilder am Bildschirm unter Anwendung eines aus mindestens acht der folgenden Komponenten bestehenden Systems hergestellt:

HARDWARE:

1) Ein Allzweck-Digitalcomputer.

2) Eine Hierarchie von zusätzlichen Speichern unterschiedlicher Technologie (Speicherchips, Magnetplatte, Magnetbänder). Obwohl diese Speicherhierarchie Bestandteil eines Allzweck-Digitalcomputers ist, wird sie gesondert erwähnt, um den gegenüber normalen Aufgaben wesentlich höheren Speicherbedarf für die Datenstrukturen hervorzuheben, aus denen Zeichentricksequenzen und Bilder erzeugt werden.

3) Ein Eingabegerät, wie z.B. ein Lichtstift, Tablett und Stift, usw., mit dem man direkt am Computer in mindestens zwei Dimensionen zeichnen kann. In der Praxis müssen auf Wunsch des Benutzers zumindest kurze Pausen möglich sein, innerhalb dieser kann die Zeichnung in Realtime (Echtzeit) gefertigt werden. Der Benutzer muß dann ein Bild ohne Unterbrechungen zeichnen können.

Ferner muß der Computer die "grundlegendsten Zeitinformationen" des Zeichenprozesses aufzeichnen. Wenn die Position des Stifts auf dem Tablett 24 mal pro Sekunde geprüft wird, reicht dies für unsere Zwecke oft aus.

4) Ein Ausgabegerät, wie z.B. ein Standardbildschirm oder ein entsprechend modifizierter TV-Monitor, wo die Zeichentrickbilder am Bildschirm in einer Geschwindigkeit von 24 Kadern pro Sekunde sofort betrachtet werden können.

Diese Betrachtungsmöglichkeit spielt eine wichtige Rolle beim interaktiven Schnitt der Zeichentrickfilmsequenzen. Die endgültige Übertragung eines "Films" auf Foto, Film oder Videoband kann, muß aber nicht über dieselben Mechanismen erfolgen.

SOFTWARE:

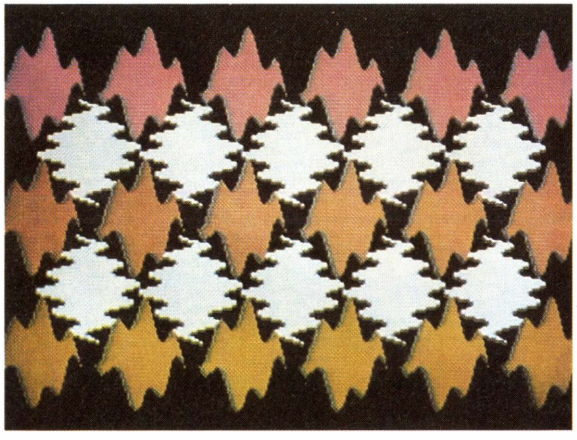
5) Eine "Sprache" für den Aufbau und die Manipulation der statischen Bilder.

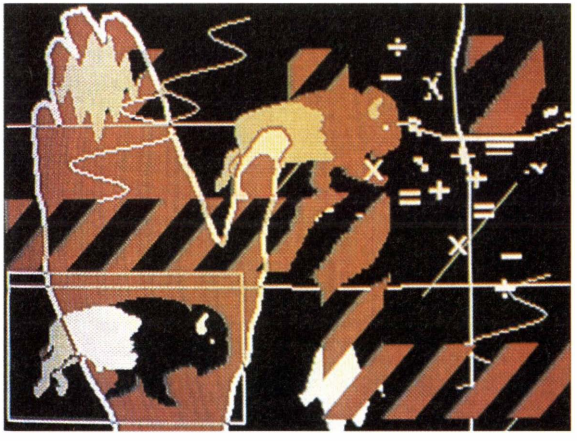
6) Eine "Sprache" für die Darstellung und Anweisungen über den Bildwechsel und dessen Dynamik.

7) Eine Reihe von Programmen, welche die Anweisungen beider "Sprachen" in eine Sequenz von Bildern umwandeln.

8) Eine Reihe von Programmen, die diese Bildsequenz speichern und aus den externen Speichern abrufen und sowohl das Realtime-Zurückspielen der Bildsequenz zwecks einer direkten Betrachtung, als auch eine Übertragung auf permanenten Aufzeichnungsgeräten zulassen.

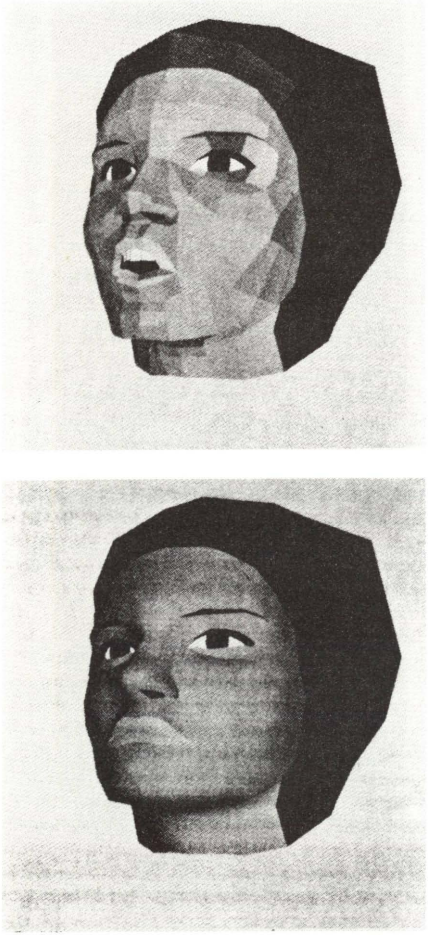
Mit der Entwicklung der Rastergrafik in den frühen siebziger Jahren begann man bald bewegliche Rasterbilder zu erzeugen. Die Arbeiten von Wylie et al. (1967), Gouraud (1971), Warnock (1969) und Watkins (1970) haben eine optimale Grundlage für die Animation des menschlichen Gesichts geboten, die dann von Parke[20] von der University of Utah, Computer Science Division (1972) entwikkelt wurde. Sein Aufsatz beschreibt Techniken der Darstellung, Animation und der Datensammlung; diese können verwendet werden, um mit Hilfe eines Computers "realistische" Halbton-Zeichentrickaufnahmen von verschiedenen Ausdrucksweisen des menschlichen Gesichts herzustellen. Man hat festgestellt, daß es für die Darstellung des menschlichen Gesichts ausreichend ist, sich der Gesichtsfläche mit Hilfe einer rund 250 Polygone umfassenden Fläche anzunähern. Eine Animation wurde mit Hilfe einer Kosinus-Interpolation erzielt, womit sich die zwischen den einzelnen Gesichts-





Jane Veeder
"Floater", 1983

ausdrücken liegenden Kader füllen ließen. Mit dieser Methode lassen sich auch Gesichtsbewegungen realistisch darstellen. Die dreidimensionalen Daten, die zur Darstellung von Gesichtsausdrücken verwendet werden, wurden photogrammetrisch unter Verwendung von Paaren von Fotografien ermittelt.



Two expressions of the same face. The top one was rendered using polygonal shading. The bottom one was rendered using Gouraud's smooth shading algorithm. 1972

Das menschliche Gesicht stellt aus wenigstens zwei Gründen eine Herausforderung für die Computeranimation dar. Erstens ist das Gesicht keine starre Struktur, sondern eine komplexe bewegliche Fläche. Wie soll die Bewegung einer solchen Fläche beschrieben werden? Zweitens sind uns Gesichter sehr vertraut, wir haben ein sehr gut ausgebildetes Gefühl, welche Ausdrücke und Bewegungen für ein Gesicht natürlich sind.

Die Aktivitäten im Bereich der Computeranimation sind heute bereits so umfassend und verbreitet, daß es unmöglich ist, selbst einen Überblick zu geben. Es gibt eine umfangreiche Sammlung von Filmen, die mit Hilfe von Computer gemacht wurden, darunter einige von ganz hervorragender Qualität. Richtungsweisende Beispiele werden oft bei den verschiedenen jährlich stattfindenden Computerkonferenzen vorgeführt. Für die erste Periode sind die Arbeiten von Knowlton, Whitney (1968), N. Max (1975), Csuri (1975) und anderen, die in weiterer Folge genannt werden, von Bedeutung. Die Verfeinerungen in Computeranimationssystemen, die auch mit dem Computer nicht vertrauten Personen ermöglichen, Zeichentrickfilme zu machen, wird in einem Aufsatz von Hackathorn[21] beschrieben, Mitglied der Computer Graphics Research Group der Ohio State University (Vorsitz Charles Csuri).

Sein System für Animationssoftware ermöglicht jemandem, der über nur wenige Computerkenntnisse verfügt, ermöglicht, einen Zeichentrickfilm in Form eines fertigen Farbvideos herzustellen, das in Echtzeit gesehen und aufgezeichnet werden kann. Der so gemachte Zeichentrickfilm kann komplexe Polyeder beinhalten, womit Wörter, Sätze, Pflanzen, Tiere und anderes gebildet werden können. Sein Animationssystem, ANIMA II, besteht aus folgenden Grundelementen: 1) ein Datengenerator, mit dem farbige, dreidimensionale Objekte erzeugt werden können, 2) eine Animationssprache mit einer einfachen, schriftähnlichen Syntax, womit parallele Bewegungs- und Displaytransformationen unter veränderlichen Bedingungen beschrieben werden können und 3) der sogenannte MYERS Algorithmus, womit die Berechnungen der sichtbaren Fläche und des „Raster-Scan" durchgeführt werden.

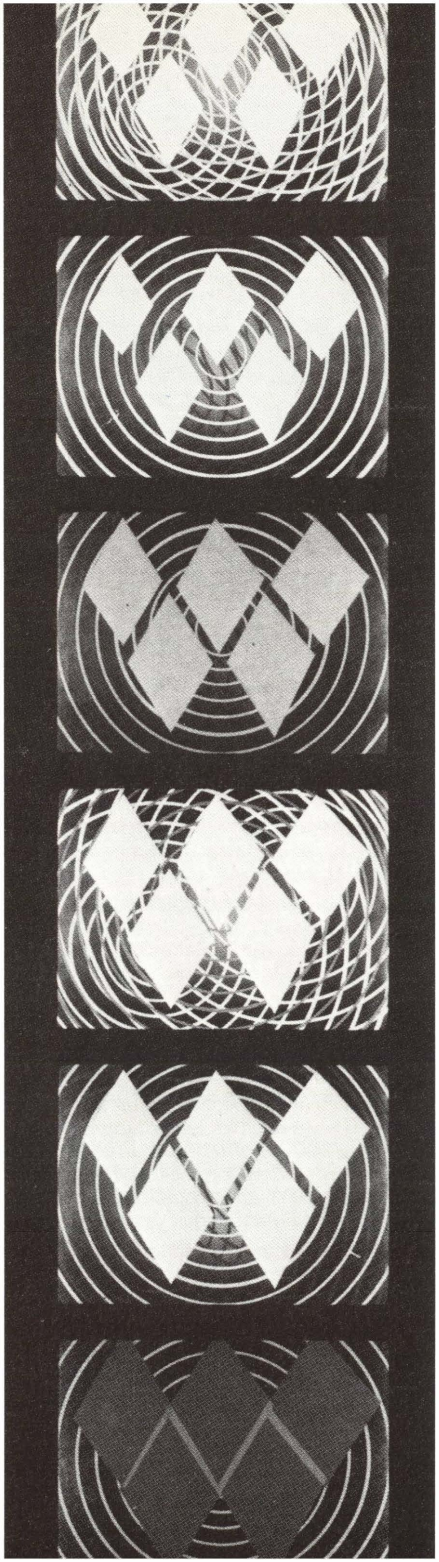
Die Entwicklung im Bereich der Computeranimation, wo "feste" Gegenstände dargestellt werden, veränderte die Art und Weise wie der Benutzer die Darstellung einer Idee organisiert. Bei der konventionellen Animation werden eindimensionale Bilder auf jeden Kader der ganzen Sequenz gezeichnet. Bilderzeugung und Bildanimation bilden sehr oft ein und denselben Prozeß. Doch wenn der Computer dreidimensionale Objekte darstellen soll, konstruiert der Benutzer zuerst ein farbiges Objekt, erst dann wird daraus ein Zeichentrickbild gemacht. Beide Prozesse sind unabhängig voneinander. Die Vorgangsweise bei der dreidimensionalen Farbanimation hat Ähnlichkeiten mit der in anderen Disziplinen der Kunst wie z.B. Film, Theater und Choreographie.

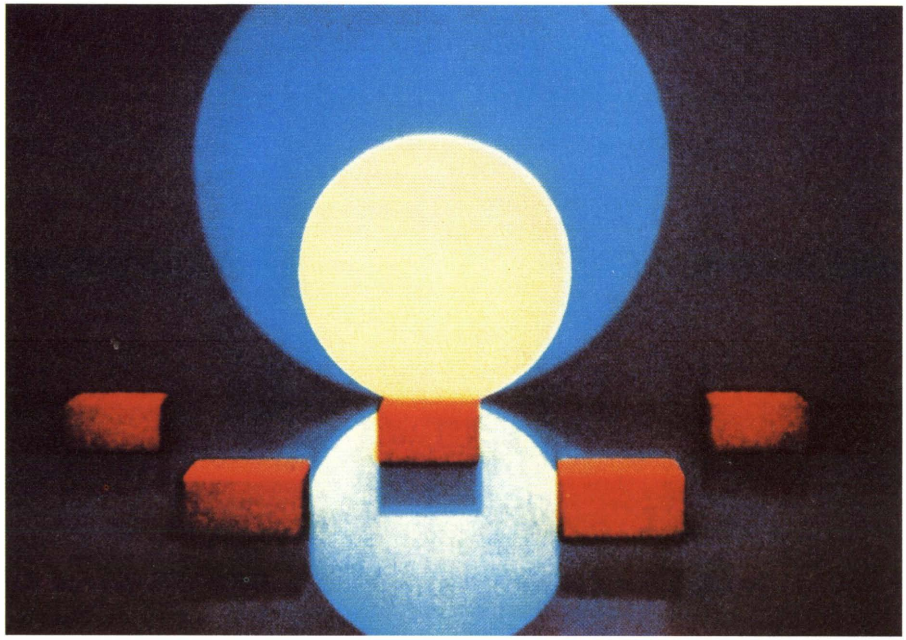
Mitte der siebziger Jahre begannen neben Computertechnikern auch industrielle Filmemacher, mit der Computeranimation zu arbeiten – dies ist ein Zeichen dafür, daß man in diesem Gebiet große Fortschritte gemacht hat.

In der zweiten Hälfte der siebziger Jahre kam es in der TV- und Filmbranche zu einem weitverbreiteten Gebrauch von Computeranimationen bei der Produktion von Filmen sowohl für Unterricht als auch für Unterhaltung.

ANMERKUNGEN

1) Ivan E. Sutherland, Sketchpad: a man-machine graphical communication system. Conference Proceedings, Spring Joint Computer Conference, AFIPS press 1963.
2) Timothy E. Johnson, Sketchpad III: A Computer Program for Drawing in three dimensions. Conf. Proc. Spring Joint Com. Conf., Afips Press 1963.
3) L.G. Roberts, Machine Perception of Three-Dimensional Solids. Tech. Rept. 315, MIT Lincoln Lab., May 1963, und in: Optical and Electro-Optical Information Processing, J.Tippet, et al (Hrg), MIT Press 1965.
4) Thomas G. Hagan, Richard J. Nixon und Luis J. Schaefer, The Adage graphics terminal. Adage Inc. Boston. Conf. Proc.s, Fall Joint Computer Conference, 1968 Afips Press.
5) J.E. Bresenham, Algorithm for computer control of a digital plotter. IBM Systems Journal, Vol.4, No. 1, 1965.
6) W. Jack Bouknight, A Procedure for Generation of Three-dimensional Half-toned Computer Graphics Presentation. Communications of the ACM, Sept. 1970.
7) J.E. Warnock, A Hidden Surface Algorithm for Computer Generated Halftone Pictures. Technical Report June 1969, University of Utah.
8) Henri Gouraud, Continuous Shading of Curved Surfaces. IEEE Transactions on Computers, June 1971.
9) Edwin Catmull, Computer Display of Curved Surfaces. Proc. of the Conference on Computer Graphics, Pattern Recognition and Date Structure, May 1975. IEEE.
10) James F. Blinn, Models of Light Reflection for Computer Synthesized Pictures. Computer Graphics, Vol. 11, No. 2, Summer 1977.
11) K.C. Knowlton, A Computer Technique for the Production of Animated Movies. AFIPS Conf. Proc., Vol. 25, 1964, SJCC, Spartan Books, N.Y.
K.C. Knowlton, Computer Produced Movies. System Analysis by Digital Computers, F.F. Kuo und J.F. Kaiser (Hrg), 1966 Wiley & Son.
K.C. Knowlton, Collaborations with Artists – A Programmer's Reflections. Graphic Languages, F. Nake und A. Rosenfeld (Hrg), North-Holland 1972.
13) C. Levinthal, Computer construction and display of molecular models. Film.
14) E.E. Zajac, Computer-made perspective movies as a scientific and communication tool. Comm ACM, Vol. 7, No. 3, March 1964.
15) E.E. Zajac, Two-gyro, gravity gradient attitude control system. Bell Telephone Laboratories, Film.
16) S. Vanderbeek, J.H. Whitney. Einige mit Hilfe des Computers hergestellte Zeichentrickfilme.
17) Design and the computer. Design Quarterly 66/67, Walker Art Center Minneapolis Minn.
18) A.M. Noll, The digital computer as a creative medium. IEEE Spectrum October 1967
19) J. Reichardt, Cybernetic serendipity, the computer and the arts. Studio International London and New York 1968.
20) F.I. Parke, Computer Generated Animation of Faces. Proceedings of the AMC, August 1972.
21) Ronald J. Hackathorn, Anima II: A 3-D Color Animation System. Computer Graphics Vol. 11, No. 2, Summer 1977.





Oskar Fischinger
Composition in Blue, 1935

III.

DIGITALES BILD UND DIE COMPUTERKOMMUNE

Derzeit findet die Computertechnologie immer größere Anwendung in der Film- und Videokunst, wo sie in allen Bereichen der Produktion eingesetzt wird, vom computergesteuerten Schnitt bis zu Computertrickfilm-Sequenzen. In Form von Mikroprozessoren sind sie ein grundlegender Teil von praktisch allen Geräten; auf dem Gebiet der Maschinensteuerung sind sie für jeden Vorgang entscheidend. Von grundlegender Bedeutung sind Computer auch in der Sprache und Aufzeichnung bei jenen kinetischen Formen der Kunst, die sich mit Licht, Farbe und Bewegung in Zeit und Raum beschäftigten.

Seitdem die Computergrafik auch in den kommerziellen Bereich des Films (z.B. bei der Produktion von Sondereffekten für Film und Werbespots) vorgedrungen ist, sind Stellen entstanden, wo Künstler bei der Forschung und bei Untersuchungen der Erzeugung und Synthese von digitalen Bildern mitwirken. Der Beitrag von Künstlern hat auch die Entwicklung von Hardware- und Softwaresystemen mitgeprägt.

Gleichzeitig beginnt man erst die enormen Auswirkungen der Personalcomputer und Videospieltechnologie auf den kreativen Prozess und auf die Kunst ganz allgemein zu erfassen.

Digitales Bild, Computeranimation und –grafik – sind der bedeutendste technische Fortschritt in der Geschichte der bewegten Bilder seit der Erfindung des Films selbst. Fortschritte in der Computeranimation, mit Hilfe von Computern hergestellte Zeichen(trick)filme oder Videos, werden in den USA in den folgenden 3 Bereichen erzielt: Universitäten, Industrie, Kunst. Besonders interessant dabei sind die personellen Verflechtungen zwischen diesen 3 Bereichen, die klarerweise objektive widerspie-

Oskar Fischinger
Allegretto, 1936

geln. Forscher gehen von der Universität in die Industrie, Künstler an die Universität oder in den Kommerz, Techniker gehen in die Kunst. Dabei begegnen sie einander oft, arbeiten temporär zusammen.

Zu den führenden Universitäten, wo an den theoretischen Voraussetzungen der Computerkulturtechnologie, sowohl was die Hardware wie auch die Software betrifft, gearbeitet wird, natürlich auch praktisch, gehören unter anderem das New York Institute of Technology, das Harvard Computation Laboratory der Harvard University, die Carnegie-Mellon University (Robert Sproull), die University of Utah in Salt Lake City, das Massachusettes Institute of Technology, das Berkeley Computer Graphics Lab. der Computer Science Division, das Xerox Palo Alto Research Center, die University of Illinois in Chicago, das California Institute of Technology, etc.

Unter die Computerindustrie haben wir nicht nur militärische Institutionen wie die Nasa, denen natürlich aufgrund der riesigen zur Verfügung gestellten Summen große Fortschritte in der Computertechnologie zu verdanken sind, zu rechnen, sondern auch die Film- und Werbeindustrie wie George Lucas Film Ltd., Robert Abel Associates, Cranston-Csuri, Digital Effects, Digital Productions. Das sind Firmen, die für Spielfilme und Werbefilme computergrafische Spezialeffekte und vieles mehr herstellen. Selbstverständlich gehören auch Firmen wie Atari, Apple (Steven Wozniak, Steve Jobs von S.F.) etc., die Personalcomputer und Videospiele herstellen, dazu, ebenso wie Bell Telephon Laboratories, IBM etc., welche an der computerischen Kommunikationsrevolution partizipieren.

Drittens gibt es die Gruppe der Künstler, die zum Teil auf die Unterstützung dieser Institutionen und Industrie angewiesen sind. Bevor ich auf einige wichtige Beispiele der Zusammenarbeit von Kunst und Computer eingehe, möchte ich einige Beispiele aus jener personellen Verflechtung zwischen Forschung, Industrie und Kunst herausgreifen, die so typisch für das Entstehen der Computerkultur ist. Diesbezüglich liefert auch eine Lektüre des angeschlossenen Literaturverzeichnisses wertvolle Hinweise.

Thomas A. DeFanti ist Professor am Department of Electrical Engineering & Computer Science, University of Illinois in Chicago. Er ist Computer-Wissenschaftler und -Künstler, augenblicklicher Vorstand der Siggraph Vereinigung. Zusammen mit Dan Sandin, Bob Snyder und Jane Veeder (über die Gene Youngblood an anderer Stelle einen Artikel schreibt, sodaß sie hier nicht ausführlich vorgestellt zu werden braucht) und anderen bildet er den Chicago Circle der Computer Art. Seine Computergrafiksprache ZGRASS für Echtzeit-Interaktion wurde sowohl von Jane Veeder und Larry Cuba verwendet. Dan Sandins Digital Image Processor gehört wie Woody Vasulkas Digital Image Articulator zu den besten Werkzeugen der Nachbearbeitung und postproduzierten Bildverarbeitung. Ed Emshwiller gehört wie Veeder und Cuba zu den hervorragendsten Computerkünstlern. Sein berühmtes Werk "Sunstone" (1979), 3 Minuten, die in 8 Monaten produziert wurden am New York Institute of Technology (Leitung Alexander Schure), hatte als Programmierer Lance Williams und Alvy Ray Smith, der heute bei Lucas Film arbeitet. Frederic I. Parke (siehe seine Arbeit über die Computeranimation von Gesichtern 1972), hat an der University von Utah dissertiert. Nun ist er Professor für Computerwissenschaft und Direktor des Computer Graphics Laboratory des New York Institute of Technology; wo auch Paul S. Heckbert über das "Beam Tracing Polygonal Objects" arbeitet. George Lucasfilm Ltd. in San Rafael, Kalifornien, scheint überhaupt das Zentrum der avancierten Computergrafik und -animation der digitalen Bildsynthese zu sein. Ed Catmull, ehemals University of Utah und N.Y. Institute of Technology, Autor wichtiger Artikel zur Computergrafik, arbeitet ebenfalls bei Lucasfilm. Dort entwickelt er "an analytical visible surface algorithm for independent pixel processing", der so wichtig für Pixar ist. Loren Carpenter, dessen Film "Vol Libre" (2 Min.), eine computersimulierte Fahrt durch eine Gebirgslandschaft, zu den Klassikern der Visual Music gehört, arbeitet nun bei Lucasfilm an Algorithmen für sichtbare Oberflächen (The A-buffer, An Antialiased Hidden Surface Method). Adam Levinthal arbeitet bei Lucasfilm an "Chap – a SMID Graphics Processor", Rob Cook am „Distributed Ray Tracing" (verteilte Strahlabtastung) eine neueste Technik, die mit Hilfe von Reflektionen und Schatten sehr realistische Bilder erzeugen kann. Curtis Abott arbeitet am digitalen Ton bei Lucasfilm. Des weiteren arbeiten Rodney Stock, Thomas Porter, William Reeves dort.

Stock ist ein Graphics Engineering Manager und wie die andern genannten in das Projekt "Pixar" involviert, George Lucas' Hauptprojekt neben seinen Filmen wie Star Wars, nämlich ein spezielles Verfahren für digitales Filmprinting und für die synthetische Erzeugung von Bildern für den Film, sodaß ein interaktives Spiel mit einem Bildschirm möglich wird, der die Bilder erzeugt, welche ich sehen möchte, z.B. Flugbilder, die meinen Eingaben und Steuermechanismen gehorchen (Flug um einen Felsen in einem Canyon). Stock hatte früher Grafikdesignerfahrung bei Adage Inc., die einen Grafikterminal entwickelt hatten (Stock machte die Vektor Erzeugung), bei Evans & Sutherland Computer Corporation (Hardware für Flugsimulation) und bei der Hardware für das Ampex Video Art Paint System.

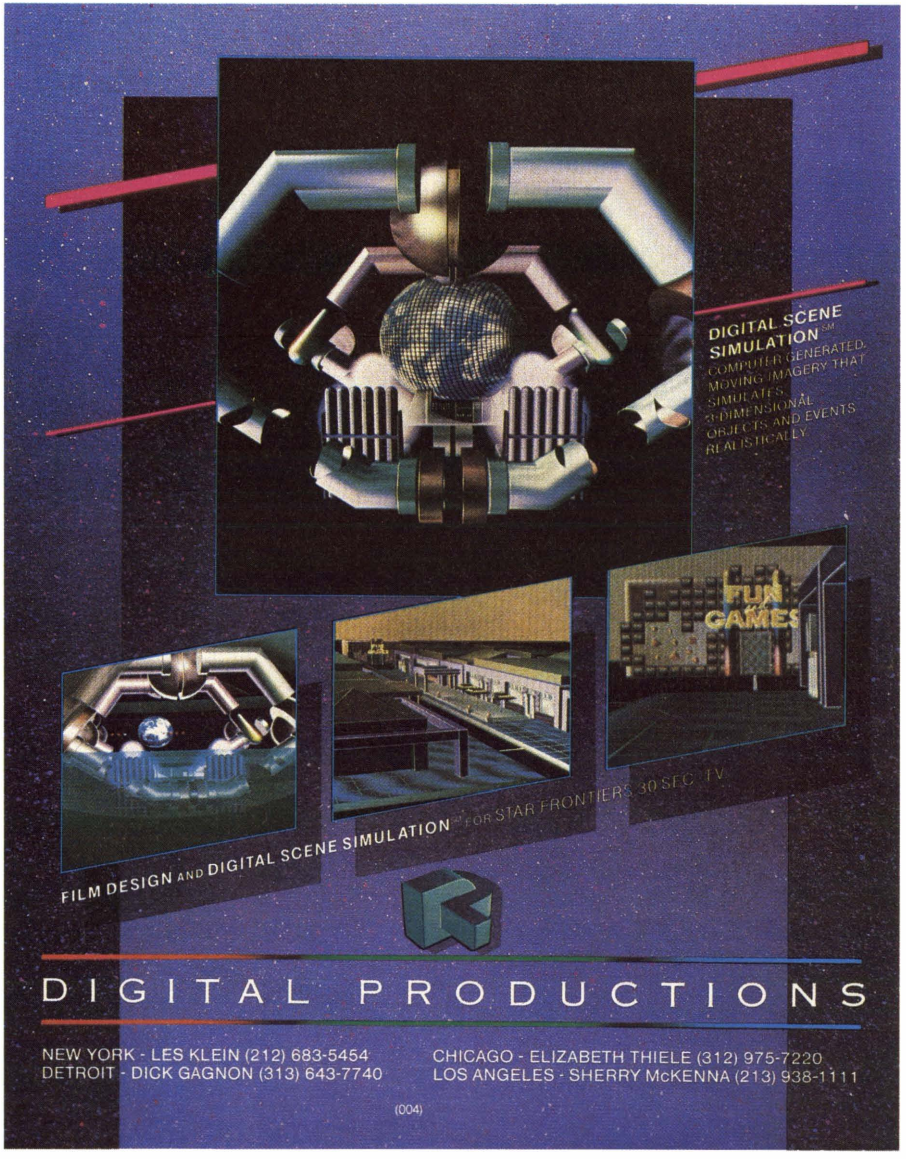
Wie Sie sehen hat auch der Pionier der Computergrafik, I.E. Sutherland von der University of Utah, siehe seine Arbeit von 1963, seine eigene Computerfirma, wo auch Robert Schumacker, Michael Cosman und natürlich David Evans arbeiten. Sie ist wie Atari, Real Time Design (die Firma von Tom DeFanti) von Chicago, Via Video Inc., die Firma von Kenneth Knowlton, etc., in interaktiven Computergrafik-Systemen tätig. James T. Kajiya doktorierte an der University of Utah, arbeitete dann bei Evans & Sutherland Computer Corporation und ist heute Professor am California Institute of Technology. James F. Blinn hat Ende der 70er Jahre wichtige Artikel zur Computergrafik veröffentlicht, ebenfalls von der University of Utah , arbeitet beim Jet Propulsion Laboratory des California Institute of Technology, das für die NASA und für die berühmte TV-Serie Cosmos computererzeugte Animationen geschaffen hat. Thomas Spencer und Richard F.

Riesenfeld gehören ebenfalls zur University of Utah. Riesenfeld hat wichtige Artikel veröffentlicht und ist Leiter der Computer Sciene und der Computer-Aided Geometric Design Group. Die University of Utah, New York Institute of Technology und Lucasfilm Ltd. scheinen die Hauptzentren für die Entwicklung des digitalen Bildes und interaktive Computergrafiksysteme zu sein.

Computer Commercials oder High Tech Commercials nennt man Werbefilme, welche tatsächlich mit Computern erzeugt werden oder einen neonähnlichen computerischen Look haben. Solche High Technology Werbefilme und Spezialeffekte für Spielfilme erzeugen Firmen wie Robert Abel Associates, Hollywood oder Digital Effects Inc., New York oder Cranston-Csuri Productions in Columbus, Ohio, oder die Entertainment Effects Group von Douglas Trumbull, Adrian Malone Production oder Digital Productions, alle in Los Angeles.

Judson Rosebush ist der Gründer und Präsident von Digital Effects Inc., der auch sehr viel publiziert hat. C. Robert Hoffmann, Jeffrey Kleiser und Donald Leich arbeiten dort an der Computeranimation. Donald L. Stredney und Wayne Carlson sind Computeranimatoren bei Cranston-Csuri. Charles A. Csuri hat nicht nur 1967 schon einen berühmten Computerfilm gemacht, sondern in den 70ern auch wichtige Aufsätze zur Computeranimation geschrieben. Robert Abel war ein Schüler von John Whitney Sr., dem Pionier des digitalen Bildes, Computerfilms und der visual music, an der University of California, Los Angeles. Sein bester Mitarbeiter ist Bill Kovacs. Pat O' Neill, der berühmte Avantgardefilmer der Westküste in den 60ern, hat in den 70ern nicht nur weiter abstrakte psychedelische Filme gemacht, sondern auch für Robert Abel gearbeitet, ebenso wie gelegentlich Larry Cuba.

High Tech Videos im populären Bereich, z. B. Rockvideos, machen Todd Rundgren (Utopia Video, Woodstock in New York), siehe sein Projekt "Will Powers" 1983 mit Lynn Goldsmith für Island Rec., oder Michael Nesmith, Bill Etra (Digital Image), Steve Rutt (Laser TV) etc. Künstlerisches Laser TV,



Laser Disk Programme, Satelliten TV Projekte machen Mobile Image (Kit Galloway/Sherry Rabinowitz), L.A.

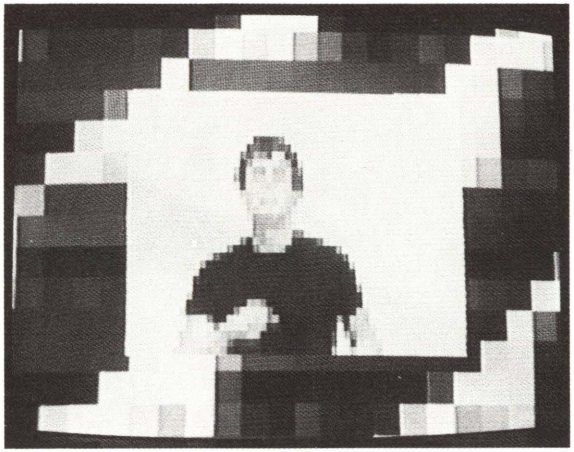
Am interessantesten ist die Verflechtung von Kunst und High Tech Kommerz bei Digital Productions in Los Angeles, die von John Whitney Jr., dem Sohn und ehemaligen Mitarbeiter von John Whitney Sr., und Gary Demos gegründet wurde. Zwei weitere Mitarbeiter unter ca. 60 sind Craig Upson, der mit Nelson Max, dem Computerfilm-Pionier, an Wolkenbewegungen in der Computeranimation gearbeitet hat, und Sherry McKenna, die mit Robert Abel an seinem berühmten "7-Up Bubble Commercial" gearbeitet hat. Gary Demos, 32 Jahre, hat als Assistent bei Whitney Sr. gearbeitet, für ihn programmiert, der seinen ersten Computerfilm "Catalog" 1962 gemacht hatte. Bei "Arabesque" (1975), 6 Min., hat übrigens Larry Cuba mitprogrammiert. Die Technik stammte von Information International Inc. (Triple I), 1974, der Vorläuferfirma von Digital Productions. Digital Productions' Spezialität ist die Digital Scene Simulation, das heißt, computererzeugte bewegte Bilder, welche 3-dimensionale Objekte und Ereignisse realistisch simulieren mit Hilfe des Supercomputers Cray-1 und einiger neuer Verfahren. Gary Demos ist für das raffinierte Software Programm bei Digital Productions verantwortlich. John Whitney Jr. 37 J., der Sohn von John Whitney Sr., hat 1971 "Terminal Self" gemacht, welcher die geometrisch erstarrten Computerfilme verließ und figurativ mit räumlicher Wirkung war. Er hat auch einmal gelegentlich mit dem Konzeptkünstler Michael Asher zusammengearbeitet, für einen Film von Asher. Whitney Jr. hat nicht nur seit seinem 15. Lebensjahr mit seinem Vater gearbeitet, eigene abstrakte Filme gemacht, sondern viele Computersysteme konstruiert wie einen Hybrid Optical Printer.

1973 erhielt er eine Oskarnominierung für seine Arbeit an "Westworld". Im Moment stellt die Firma gerade ca. 20 – 30 Minuten Digital Scene Simulation für den Spielfilm "The Last Starfighter" her. In Arbeit sind auch digital scene simulations für den Film "2010" von MGM, dem Nachfolger von "2001". Das sensationelle Ziel von Digital Scene Simulation ist, mit dem Computer Szenen zu erzeugen, die ununterscheidbar von der Natur sind und auch realistische Szenen, die es in der Natur nicht gibt. Zu diesem Zweck verfügt die Firma über einen der schnellsten Supercomputer der Welt Cray-1 (12 Millionen Dollar), mehrere VAX und IBM Kleincomputer, 4 Maschinen, die Video in 35 mm Film transformieren, 2 Film Scanner, 3 Evans & Sutherland Bildsysteme und 3 IMI Bewegungssysteme für die Abstimmung der Interaktionen der Objekte. Damit wird die Zukunft des elektronischen Films eingeleitet: ein Spielfilm, der 100% simuliert ist und dessen Szenen dennoch von einem derart fotografischen Realismus sind, daß das Publikum nicht imstande wäre, reale Live Aktionen von simulierten zu unterscheiden. Digitale Szenen Simulation lautet die Zukunft des digitalen Bildes, der digitalen Kunst. Am Beispiel von Digital Productions und dem Verhältnis von Vater zu Sohn sieht man auch, wie eine ehemals an den Rand gedrängte Kunstform wie der abstrakte - grafische Film zum Mittelpunkt einer neuen Industrie werden kann, wie die jahrelangen Erfahrungen und Bestrebungen des Avantgardefilms, insbesondere des abstrakten seit V. Eggeling und O. Fischinger in den 20er Jahren über die Whitney Brüder James und John in den 40er Jahren, in die Zukunft gewiesen und die Basis für eine technologische Revolution der Industrie gelegt haben. Vom abstrakten Film zum simulierenden Computerfilm entfaltet sich eine neue Form des Films, der Visionen und der unbegrenzten Manipulation visueller Daten. Da die vom Computer erzeugte Imagery sowohl auf Video als auch auf Film (durch Mazen oder Fazen) gespeichert werden und dabei mit Realszenen gemischt werden kann, liegt die Zukunft in der Computeranimation, heißt die Zukunft digitales Bild.

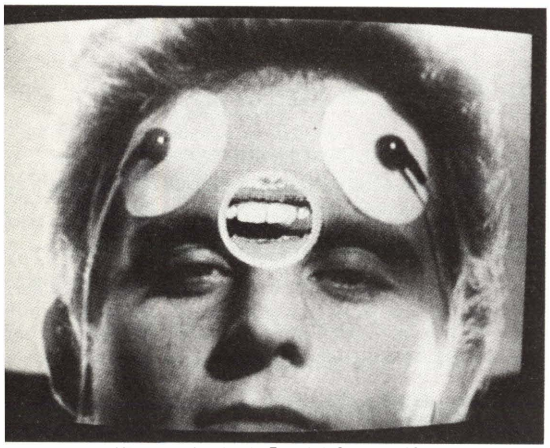
DIGITALES VIDEO

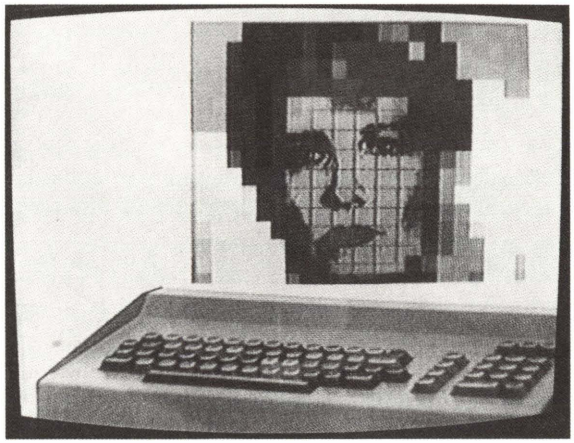
Eine Vorstufe davon bildet die Integration von Video und Computertechnologie, das digitale Video. Diese Vermischung liegt in der Natur von Video selbst. Denn beim Film blieb ja der Bildkader insgesamt unberührt, nur aus der Kollision zweier Kader, aus dem Intervall zweier Kader, konnte also die Bedeutung, die Bewegung, das Geschehen konstruiert werden. Bei Video hingegen ist es in Verbindung mit der Computertechnologie möglich, jeden einzelnen Rasterpunkt (Pixel) durch den Computer in Farbe und Form zu manipulieren. Dieser Zugang zu jedem der 1000 Pixel der 1000 Videozeilen durch den Computer, und die Möglichkeit jedes dieser Pixel nach meinem Wunsch zu verändern, gewähren mir die individuelle subjektive Handhabung wie bei der Malerei und die realistische Wiedergabetreue der Fotografie. Nach dem Feuer und der Elektrizität bedeutet das digitale Bild somit das dritte prometheische Instrument der künstlichen Repräsentation, der Simulation. Die avancierte Technologie des digitalen Bildes, ihr Potential der Simulation durch die Computertechnologie, gibt dem Individuum unbegrenzten Zugang, unbegrenzte Möglichkeiten zur Hand, mit der eine neue visuelle Kultur, eine neue demokratische Renaissance errichtet werden wird.

Max Almy, "Perfect Leader", 1983



Max Almy, "Dead Line", 1980





Max Almy, "Leaving the Twentieth Century", 1982

IV.

EINIGE KÜNSTLER UND DER COMPUTER

LARRY CUBA

Wenn Luke Skywalker in "Star Wars" von George Lucas sein Kampfflugzeug den Graben von Death Star entlangflog, um den thermischen Auslöschungspunkt zu attackieren, war es nicht nur Die Kraft, die ihn leitete, sondern auch Larry Cuba, der junge Computer Animator zeigte ihm den Weg. Die digitale Computer Animation, geschaffen von Cuba, zeigte nämlich Diagramme von Death Star auf dem Bildschirm: mathematische Modelle der Formen des Grabens, Computer-Modelle des physikalischen Modells des Grabens. Dann zeichnete der Computer eine Serie von perspektivischen Projektionen des Grabens vom Gesichtspunkt eines durchfliegenden Piloten.

Die Synthese von Kunst und Technologie führt aber in Cubas eigenen Filmen zu visuell überraschenderen und überzeugenderen Formen. Cubas Formen und Rhythmen, seine Erforschung der Wahrnehmung von Bewegung, der Metamorphose von Formen, sind von mathematischen Formeln abhängig. Er benützt die Computerprogramme, das sind geordnete Folgen von Anweisungen an eine Maschine zur Verarbeitung von Daten, als "electric Paintbrush" (elektrische Farbpinsel). Das Programm selbst ist das Werkzeug, um Bilder zu erzeugen. Es ist eher ein sprachliches Werkzeug als ein physikalisches. Er denkt mehr darüber nach, wie Programme schaffen als über alte Techniken wie optische Printer. Nicht der individuelle Kader, das einzelne Bild interessiert ihn dabei, sondern die Bewegung, der Rhythmus, das Timing als Basis des Film, Form in motion.

Als Architekturstudent an der Washington University in St. Louis begann Cuba sich für Computergrafik zu interessieren. Studierte daher ab 1972 am California Institute of the Arts (Cal Arts). Dort machte er seinen ersten computeranimierten Film "First Fig" (1974). Zusammenarbeit mit John Whitney Sr., dem Pionier der Computeranimation. Er programmierte für Whitney den Film "Arabesque" (1975). "First Fig" war in Fortran programmiert, eine Computersprache, die nicht gerade sehr geeignet für Computergrafik ist, aber die einzige war, zu der Cuba übers Wochenende bei einer industriellen Firma Zugang hatte. Dabei lernte er die für seine Kunst notwendigen Computer- und Mathematik-Kenntnisse. Bei dieser Art von Programmierung sah er aber nie das grafische Ergebnis sofort, sondern immer erst Tage später – vergleichbar einem Komponisten, der eine Taste auf einem Piano anschlägt und eine Woche warten muß, bis er den Ton hört. So ging Cuba nach Chicago ans Kunst Department der University of Illinois, wo der Chicago Circle der Computerkunst (Jane Veeder, Tom DeFanti etc.) wirkt. Dort experimentierte er mit Tom DeFantis Computersprache GRASS (Graphic Symbiosis System).

Hier zeichnete der Computer in Echtzeit (Realzeit) die Ergebnisse der Programmieranweisungen.
Danach arbeitete Cuba wiederum in Los Angeles für die berühmte High Technology Werbefilmfirma Abel and Associates. Dort programmierte er die blitzenden Zooms, die nun Gemeinplätze für TV Commercials sind. Ende 1975 gewann er einen Vertrag, für den Film "Star Wars" von George Lucas eine kurze Computeranimations-Sequenz zu machen. So ging Cuba 1976 zurück nach Chicago und arbeitete wieder mit dem Grass System. Er benötigte 3 Monate für die 2-minütige Sequenz, erst die zweite Computeranimation in einem Spielfilm. Cuba hätte eine viel avanciertere Computergrafik machen können, mehr fotografisch als diagrammatisch, aber Lucas wollte die Simulation eines computerhaften Aussehens, einen computerish look, daher sehen wir auf Artoo Detoo's Memory Bank im Informationsraum der Rebellen die Simulation eines Computerdiagramms von Death Star.

Zurück in Los Angeles 1977 benützte Cuba die Programmiersprache RAP bei der Firma Information International Inc., aus der später die Firma Digital Productions von John Whitney jr. hervorging. Mit RAP erarbeitete er sich das Bildmaterial für "Two Space". Als RAP wiederum nicht zugänglich war, wurde Cuba 1977 Research Associate am Kunst Department der University of Illinois. Dort produzierte er mit Hilfe von GRASS den Film "3/78", nachdem die Sprache verbessert und modifiziert worden war, um den Star Wars-Ansprüchen zu genügen. GRASS ist für nicht-programmierende Künstler hergestellt, weil Computersprachen-Designer wenig Vertrauen in die mathematischen Kenntnisse der Benützer haben. Cuba hält das für ein Vorurteil. Cuba möchte das Bild auch durch Programme kontrollieren können und bevorzugt Computersprachen mit implementierten mathematischen Modellen.

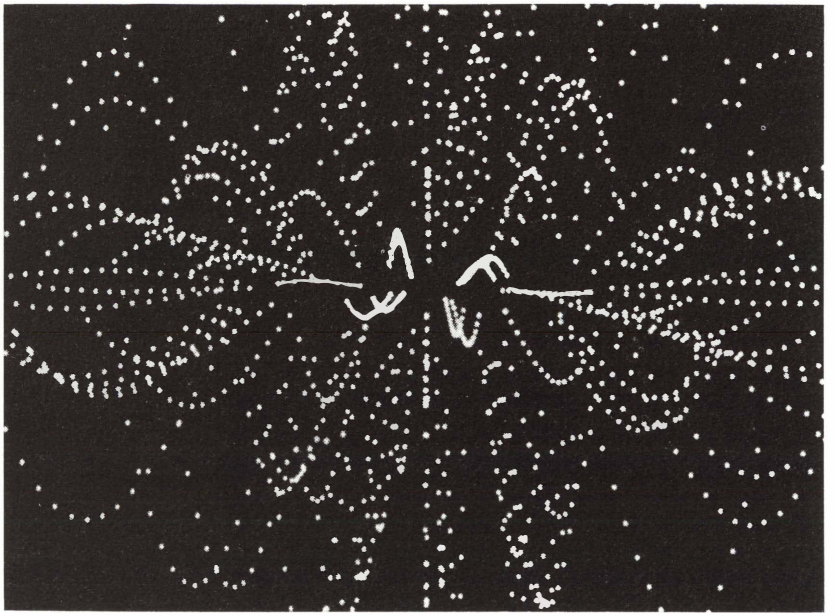
Auf der Achse L.A. – Chicago kehrte Cuba 1978 wieder zurück nach Californien und begann erneut die Arbeit an "Two Space", eine Abkürzung von "two-dimensional space", was ja die Fläche ist (Die Fläche ist durch Länge und Breite, also zwei Dimensionen, gekennzeichnet). "Two Space" ist auf den symmetrischen Eigenschaften der Fläche aufgebaut, die mathematisch in der Gruppen-Theorie definiert sind. Aus einer einzigen Figur kann man 17 Arten von Mustern machen, wie schon islamische Künstler festgestellt haben. Die mathematische Transformation von Mustern in der islamischen Ornamentalistik ist für Cuba der Hinweis, daß "in der arabischen Zivilisation der Künstler und der Mathematiker eins waren" (J. Bronowski, The Ascent of Man).

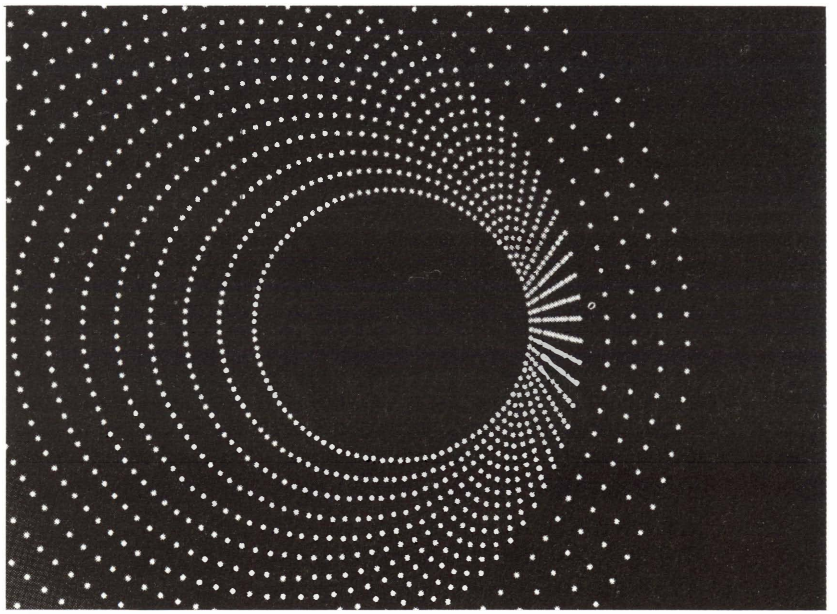
Nach Fertigstellung von "Two Space" 1979 arbeitete Cuba als Computergrafik-Berater bei Rand Corporation und an der Entwicklung einer eigenen freieren Programmiersprache, die Kader für Kader arbeitet. Jeder von Cubas Filmen ist auf einer

anderen Programmiersprache aufgebaut, die halfen, einige Ideen auszudrücken und gleichzeitig den Ausdruck anderer Ideen beschränkten. Die taktile Interaktion mit dem Computer durch Tasten, Joy Sticks (Zeichenstäbe) und Light Pens (Lichtstifte) ist für ihn unbefriedigend, denn seine Arbeit involviert die Exploration mathematischer und theoretischer Ideen. Er sieht seine Filme als eine Form der Entdeckung. Er benützt den Computer nicht, um ein schon fix und fertiges Storyboard auszuführen, sondern will mit Hilfe des Computers Bilder finden, die sein visuelles Vermögen übersteigen. "I enjoy not knowing whatthe final images will look like. The whole purpose is to discover something that you normally don't get a chance to see!" Der einzige Zweck ist ja Dinge zu entdecken, die du normalerweise keine Chance hättest zu sehen.

Cubas digitale Computeranimation, bei der die Bilder auf mathematischen Strukturen aufgebaut sind und die mit Computersprachen programmiert werden, sind ein legitimes Erbe der großen Tradition des Abstrakten Films (von Viking Eggeling zu Len Lye). Seine Computer Animation errichtet eine Parallele zwischen visueller Wahrnehmung und der Struktur einer linguistischen oder mathematischen Ordnung – so wird ein neues Feld für das ästhetische Material organisiert.

Besonders enthusiastisch ist Cuba über die Zukunft der Computerkunst, die er im Personal Computer sieht. In dem Maße, in dem Personalcomputer immer billiger, zugänglicher und populärer werden, wird die Computeranimation als eine Standardform der Kommunikation akzeptiert werden: als PICTORIALE KONVERSATION. Durch den Heimcomputer wird Computergrafik ein populäres Ausdrucksmedium, nicht mehr nur für den Künstler reserviert, vergleichbar der Fotografie. Fotografie war anfänglich im 19. Jahrhundert ebenfalls ein sehr umständliches, teures, halbwissenschaftliches Medium nur für wenige Künstler, Professionals und reiche Amateure. Heutzutage fotografiert jeder und bildet der Austausch von Fotografien eine normale Kommunikationsform. Fotografie wurde eine Art universale Bildsprache. Ähnlich wird es der Computeranimation ergehen. Perso-





"3/78", 1978

nalcomputer werden wie Autos, Telefon und Fotoapparat alltägliche Einrichtungen werden, manchmal vielleicht frustrierend, wenn sie nicht funktionieren wie wir wollen, aber im Grunde nicht feindlich.

(Computeranimierte) Filme von Cuba

FIRST FIG (1974)

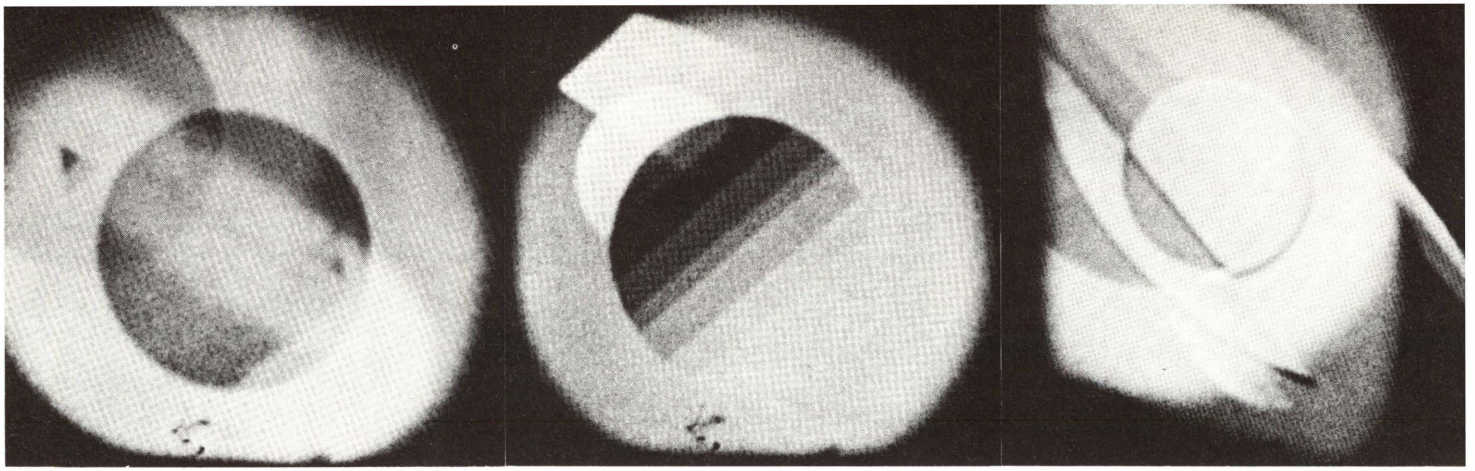
3/78 (OBJECTS AND TRANSFORMATIONS)
6 min., s/w, 16 mm, optischer Ton (1978)

Beschreibung:
Sechzehn 'Objekte', die jeweils aus einhundert Lichtpunkten bestehen, führen eine Reihe von präzise aufeinander abgestimmten rhythmischen Transformationen aus. Der Film ist eine Übung in der visuellen Wahrnehmung von Bewegungs- und Musikstrukturen.

TWO SPACE (1979)
8 min., s/w, 16 mm, optischer Ton

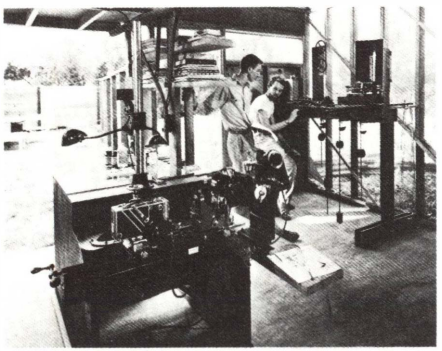
Beschreibung:
Zwei-dimensionale Muster (wie beispielsweise die Fliesenmuster in islamischen Tempeln) werden hervorgerufen durch eine Reihe von Symmetrieoperationen (Verschiebungen, Rotationen, Wiederspiegelungen, usw.), die über einer Grundfigur (oder Fliesen) vorgenommen werden. In TWO SPACE werden zwölf derartige Muster erzeugt unter Anwendung von neun verschiedenen Zeichentrickfiguren (12 x 9 = insgesamt 108). In einer strengen Schwarz-weiß-Wiedergabe, erwecken die Muster den trügerischen Eindruck einer Figur-Grund-Umkehrung und Farbnachwirkungen. Gamelanmusik aus der klassischen Tradition von Java trägt dazu bei, die faszinierende Wirkung hervorzurufen.

Two Space, 1979



JOHN WHITNEY (SEN.)

1917 Geboren in Altadena/Kalifornien.
Ausbildung am Pomona College in Kalifornien.
1939 Studiert in Europa Musikkomposition und Fotografie und beginnt in Paris seine ersten Experimente in 8-mm-Film. In dieser Zeit war er nach eigenen Aussagen entscheidend durch Schönberg beeinflußt.



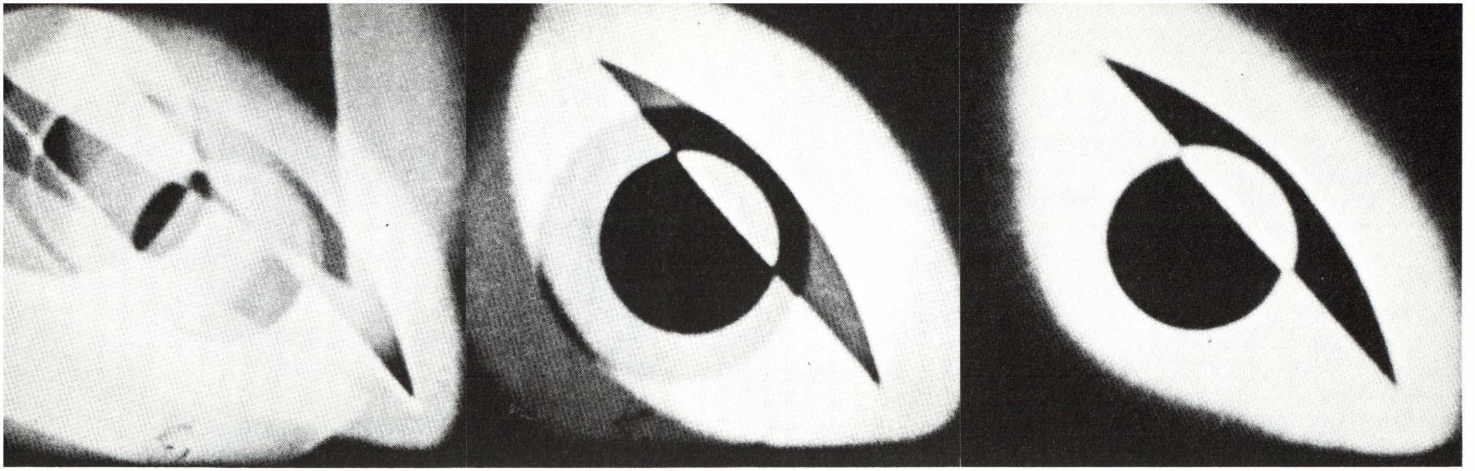
James & John Whitneys' studio, ca. 1938

1941-45 Arbeitet zusammen mit seinem Bruder James an abstrakten Filmen. Entwickelt eine Maschine, um synthetischen Lichtton für diese Filme herzustellen. Seit 1966 arbeitet er mit Unterstützung von IBM an der Entwicklung von Computer-Grafik. Dr. Citron von IBM entwickelte für ihn das Programm GRAF (Graphic Addition to Fortran), das für seine Filme den Ausgangspunkt bildete. Neben seinen übrigen künstlerischen Arbeiten produzierte er zahlreiche Kurzfilme für CBS Television, außerdem Titelsequenzen für kommerzielle Filme.

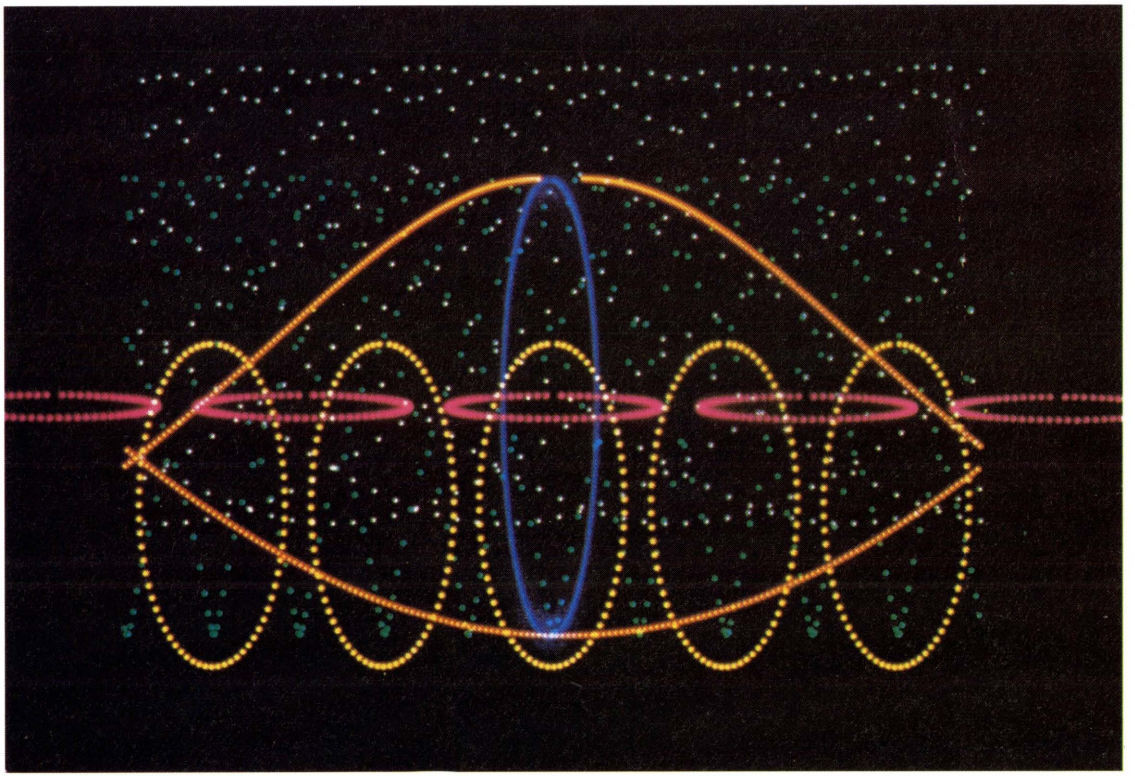
Lebt in Pacific Palisades, Kalifornien.
Veröffentlichte 1980 eine Sammlung seiner Aufsätze zur Computeranimation und visuellen Musik: "Digital Harmony".

Filme

1939-41 »Variations«, zusammen mit James Whitney, 8 mm, Farbe, stumm, 13 Min.
1943-44 »Five Abstract Film Exercises«, zusammen mit James Whitney, Farbe, Ton.
1943-44 »Film Exercise 1« (1945), 5 Min.
1943-44 »Film Exercise 2 and 3« (1944), zusammen 4 Min.
1943-44 »Film Exercise 4 and 5« (1944), zusammen 12 Min.
1947 »Journal«, s/w.
1947-49 »Mozart Rondo«, Farbe, Ton, 2 Min. 30 Sek.
1947-49 »Hot House«, Farbe, Ton, 1 Min. 30 Sek.
1951 »Celery Stalks at Midnight« (1. Version).
1955 »Lion Hunt«, 35 mm, Farbe, 3 Min.
1956 »Blues Pattern«, zusammen mit Ernest Pintoff; 16 mm, Farbe, Ton, 3 Min. Produzent: Ernest Pintoff, Executive Prod. Musik: Shorty Rogers. Abstrakte Animation: John Whitney. Animation: Fred Crippen.
1956 »Performing Painter«, 16 mm, Farbe, Ton. Produzent: UPA (Stephen Bosustow), Story: Ernest Pintoff, John Whitney, Fred Crippen. Abstrakte Animation und Kamera: John Whitney. Animation: Fred Crippen. Musik: Bob Cooper.
1957 »Celery Stalks at Midnight«, (2. Version), 16 mm, Farbe, Ton, 4 Min. Musik: Will Bradley.
1961/62 »Catalog«, 16 mm, Farbe, Ton, 7 Min.
1967 »Permutations«, 16 mm, Farbe, Ton, 8 Min. Produzent: J. W. Poundridge, New York. Computergenerierter Film.
1967 »Hommageto Rameau«, 16 mm, Farbe, Ton, 3 Min.
1968 »Experiments in Motion Graphics«, 16 mm, Farbe, Ton, 19 Min.
1969 »Cria«, 16 mm, Farbe, Ton, 8 Min. Zusammen mit Michael Whitney.
1969 »Binary Bit Patterns«, 16 mm, Farbe, Ton, 8 Min. Zusammen mit Michael Withney.
1970 »Osaka 1-2-3«, s/w, Ton, 3 Min.
1971 »Matrix«, 16 mm, Farbe, Ton, 6 Min.
1971 »Matrix I«, 16 mm, Farbe, 6 Min. Musik: Padre Soler.
1971 »Matrix II«, 16 mm, Farbe, 6 Min. (dasselbe Bild). Musik: Terry Riley.
1973 »Matrix III«, 16 mm, Farbe, 10 Min. Musik: Terry Riley.
1975 »Arabesque«, 16 mm, Farbe, 7 Min. Musik: Manoocgeher Sadeghi.



James & John Whitney, from "Five Film Exercise", 1943-44



John Whitney, »Arabesque«, 1975

ED EMSHWILLER

Er begann seine künstlerische Laufbahn als Maler und Zeichner (machte Illustrationen für Science-Fiction Romane). Nachdem er sich ein Jahrzehnt lang mit dem Experimentalfilm beschäftigt hat, begann er Anfang der siebziger Jahre mit Video zu arbeiten. In seinen ersten Videobändern untersuchte er synthesierte Bilder, phantasievoll und auch unter Einbeziehung von Tanz. Der Höhepunkt seiner Arbeit als Maler und Filmemacher sind die Zeichentrickaufnahmen via Computer, wo er gleichsam 'mit einer digitalen Palette malt'; dies ist ein optimales Medium für seine Darstellung von phantastischen und surrealen Bildern. Das letzte und technisch gesehen das anspruchsvollste seiner Zeichentrickvideobänder ist SUNSTONE, das über einen Zeitraum von acht Monaten am New Yorker Institute of Technology (NYIT) gemacht wurde, wo sich eines der fortgeschrittensten Systeme für die Produktion von Zeichentrickfilmen via Computer befindet. SUNSTONE zählt zu den bedeutendsten Videobändern, die nur mit Computer erzeugt wurden. Sie sind figurativ im Gegensatz zu den abstrakten Computerfilmen von Whitney und Cuba. Auf einem technologisch hohen Niveau werden hier die Möglichkeiten der dreidimensionalen Darstellung auf dem Video-Bildschirm untersucht.

Am Beginn des Bandes sieht man eine graue, steinähnliche Fläche, auf der ein rundes Sonnengesicht erscheint. Es öffnet durchaus realistisch wirkende Augen und lächelt. Die Fassade der Sonne zerbröckelt dann und vom Kopf her erstrahlen grelle Farben von außergewöhnlicher Intensität. In einer surrealistischen, sehr beeindruckenden Vorführung von High Technology erscheint dann dieses Gesicht auf einer Seite eines sich drehenden Würfels, auf dessen anderen Seiten sich bewegende oder stillstehende Videobilder zu sehen sind. Wenn Emshwiller die Kamera auf eines der Bilder richtet, zeigt sich eine elektronische Landschaft, in der aus einer sich bewegenden Gestalt eine regenbogenfarbige Serie von Umrissen entsteht.

SUNSTONE ist aber mehr als ein technologisch gesehen interessantes Video. Emshwillers Bilderwelt evoziert zum Beispiel auch Marshall MacLuhans Theorie von 'cool media' (die kühle, graue Fläche des Steins) und 'hot media' (der grelle, pulsierende Globus). Indem er das universelle Motiv der Sonne verwendet, zuerst eingeritzt im Stein, dann als würfelförmigen Satelitten, der im Raum kreist, rekapituliert er eine Vielfalt von künstlerischen Medien. Seine laufende Gestalt erinnert indirekt an Eadweard Muybridges' fotografischen Bewegungsstudien und im noch weiteren Sinne an Marcel Duchamps Bild (Akt, die Treppe herabsteigend). Die multidimensionale Palette in SUNSTONE nimmt Bezug auf frühere Momente der Kunstgeschichte und feiert zugleich die Zukunft der elektronischen Kunst.

SCAPEMATES ist ein originelles Videowerk – eine Choreographie von Bildern, in denen elektronische Formen mit Livefiguren tanzen. Mit Hilfe von Computergrafik und einem Videosynthesizer werden reichhaltige Bilder in einem elektronischen Rahmen erzeugt.

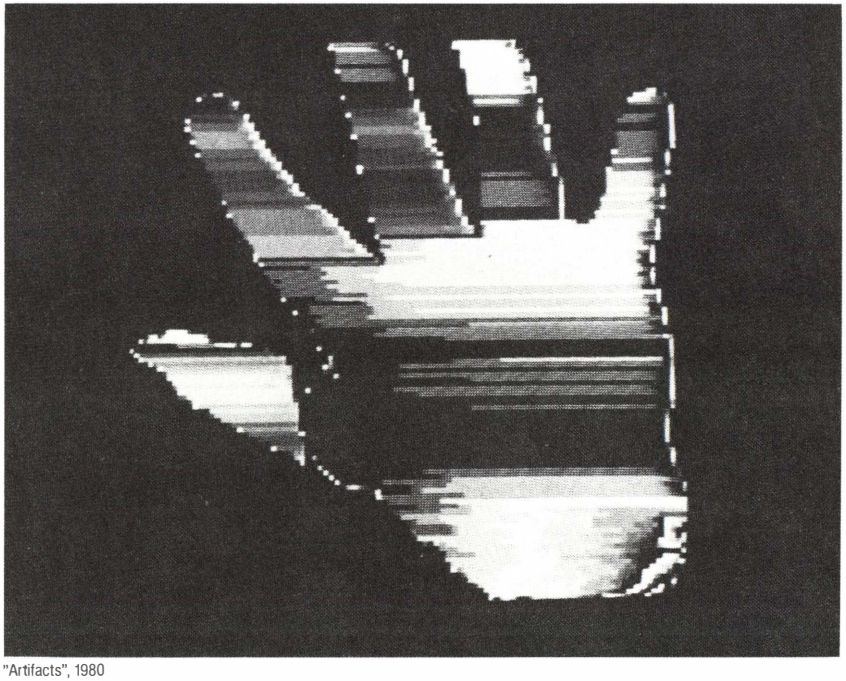
"Sunstone", 1979

STEINA UND WOODY VASULKA

Diese zwei Künstler sind Wegbereiter der Videokunst, wo Computer eingesetzt werden. Steina, eine gebürtige Isländerin, wurde als Violinistin ausgebildet. Woody, der in der Tschechoslowakei geboren wurde, studierte zunächst Technik, ging aber dann zum Film über. 1971 gründeten die Vasulkas in New York THE KITCHEN, ein kleines, ursprünglich für elektronische Medien bestimmtes Theater, das seither zu einem bedeutenden Avantgardzentrum für Video, Musik, Performance und Tanz geworden ist. Einige Jahre später entwickelten sie den sogenannten DIGITAL IMAGE ARTICULATOR, einen komplexen Digitalcomputer, der in ihrer Arbeit eine zentrale Rolle spielt.

Der wichtigste Aspekt von den Arbeiten der Vasulkas ist die technologische Innovation. Viele ihrer Videobänder dienen als Erklärung für die von ihnen entwickelten Techniken. Obwohl sie zahlreiche Arbeiten gemeinsam gemacht haben, haben sie auch eigene Projekte gemacht.(Steina gebraucht ihren ersten Namen als Künstlernamen). CANTALOUP ist eine Dokumentation, die Steina über die Entwicklung und Anwendung des DIGITAL IMAGE ARTICULATORS, auch Imager genannt, gemacht hat. Das Band entstand, als die Vasulkas und Schier bereits 18 Monate am Entwurf des Geräts gearbeitet hatten. Wie das von Dan Sandin entwickelte Bildverarbeitungsgerät (siehe SPIRAL PTL 1981), wurde der DIGITAL IMAGE ARTICULATOR speziell dafür entwickelt, um Videobilder in 'Realzeit' zu untersuchen. Während das Gerät von Steina erklärt wird, sieht man die digitalen Effekte, die dadurch hervorgerufen werden, indem sie eine sphärenförmige Zuckermelone als Lichtquelle verwendet. Sie beschreibt die unterschiedlichen Größen der Bildelemente (sogenannte Pixels), die Möglichkeiten, die Bilder zu vervielfältigen, und die Schichten (oder Scheiben) von Farbe und Ton, die aus einem Bild gewonnen werden können. ARTIFACTS von Woody beschreibt weitere Anwendungsmöglichkeiten dieses Gerätes. Mit dem Wort ARTIFACTS bezieht sich Woody speziell auf die Bilder, die er erzeugt hat oder auf die er durch Zufall gestoßen ist. Durch das Herumexperimentieren war eine Art Zusammenarbeit zwischen Menschen und der Maschine entstanden. Das Bild von einem sphärenförmigen Objekt enthält eine Palette von Farben, Bildelementen, die das Bild dann so verändern, daß es etwas Surreales, Magisches annimmt.

Außerhalb des Ateliers erhalten die Bilder eine überraschend neue Dimension. IN SEARCH OF THE CASTLE ist die Dokumentation von einem Experiment, wo Steinas Abstraktion von wirklichen Bildern und Woodys digitale Effekte kombiniert werden. Die Bilder wurden in New Mexiko, wo sie heute leben, von einem Auto aus aufgenommen. Steina filmte die Reflexion der Landschaft auf etwas Sphärenförmiges, ein in ihren Arbeiten immer wiederkehrendes Motiv, wodurch verzerrte, kreisförmige Bilder entstehen. Während sie durch diese flache Landschaft fahren, sehen wir die Vasulkas zusammen mit ihrer Umgebung. Eingeschlossen in diesem Computerglobus zeigen uns Vasulkas Bilder von Amerika eine elektronische Reise. THE CONNECTION ist ihre letzte, berühmte Arbeit über den Handel zwischen Paganini und Berlioz. Paganini wird von E. Gusella und Berlioz von R. Ashley gespielt. Digitales videoelektronische Narration.

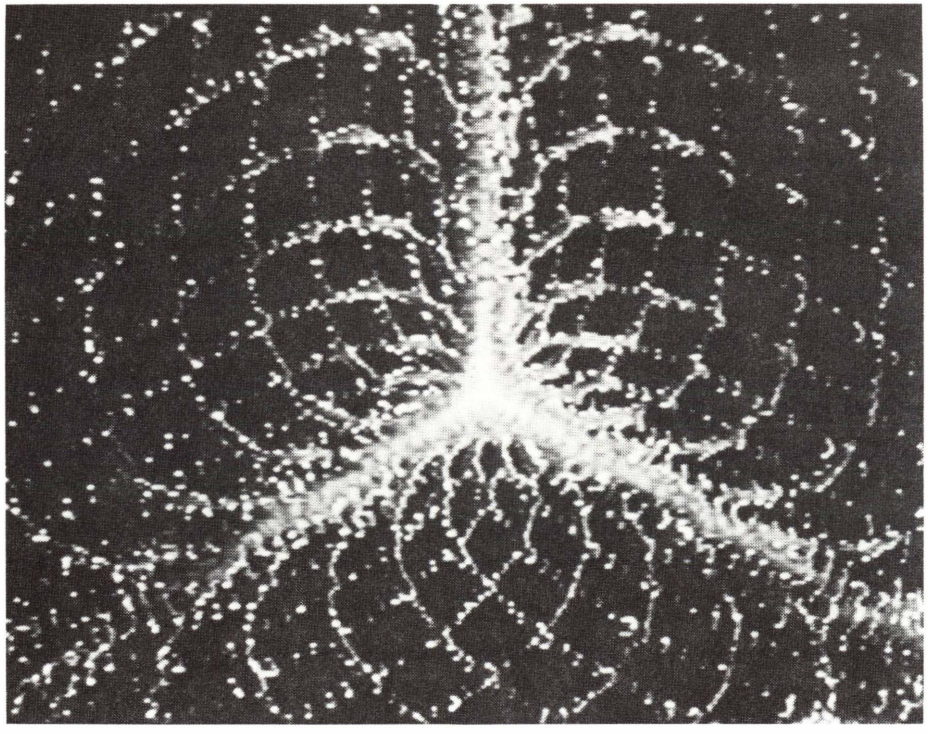


"Artifacts", 1980

TOM DEFANTI UND DAN SANDIN

Diese zwei Videokünstler haben eine entscheidende Rolle in der Entwicklung der Bildverarbeitung und der Computergrafik in Chicago seit den frühen siebziger Jahren gespielt. Sandin, der 1972 von Nuklearphysik auf Video und Computer umstieg, entwickelte ein Bildverarbeitungsgerät. DeFanti entwickelte eine Computergrafiksprache, das sogenannte Graphics Symbiosis System (GRASS), die er zusammen mit Sandins Bildverarbeitungsgerät verwendete. In weiterer Folge entwickelte er ZGRASS eine Computersprache, die den Künstlern direkten Zugang zu komplexer Computergrafik ermöglicht. Sowohl Sandin als auch DeFanti unterrichten an der University of Illinois in Chicago, wo sie die von ihnen entwickelten Systeme als Lehrhilfen eingesetzt haben. Sandins Bildverarbeitungsgerät soll zum Beispiel Studenten helfen, die Farbenlehre zu erfassen. Mit Hilfe von ZGRASS soll Ingenieuren und Künstlern die Computergrafik beigebracht werden. Hier ist eine Allianz zwischen Kunst und Technologie erkennbar wie auch die Bedeutung eines direkten Zugangs zu komplexen Technologien und 'Echtzeit'-Systemen auch für Künstler. Durch den sofortigen Feedback von Bildern und Informationen wird Spontaneität gefördert.

SPIRAL PTL ist das fünfte Band in einer Reihe von 'Echtzeit'-Performances, wo Sandin und DeFanti zusammen mit anderen Künstlern eine Videosynthese geschaffen haben. (Das PTL im Titel bedeutet Probably the Last). Das Spiralsymbol steht seit mehreren Jahren im Mittelpunkt ihrer Arbeit. Manche Performances wurden so gestaltet, daß die Musik erst auf die Bilder folgte und bei anderen Performances war es dann umgekehrt. In SPIRAL PTL spielt Mimi Shevitz' elektronische Musik eine wichtige Rolle; diese schwankt zwischen elektronischen Geräuschen, galaktischen Stimmen und ruhigeren Tönen, die etwa an fließendes Wasser denken lassen. Indem sie das Bildverarbeitungsgerät wie ein Musikinstrument verwenden, um verschiedene Variationen von einer aus Punkten bestehenden linearen Spirale zu erzeugen, verwandeln DeFanti und Sandin diese Grundform in einen sich ewig drehenden Kreis. SPIRAL PTL zeigt exemplarisch wie Kunst und Technologie verbunden werden können und wie sich Audio und Video gegenseitig ergänzen.



"Spiral PTL", 1981

THE JIMI HENDRIX VIDEOGRAMM

Die Jimi Hendrix Heim Cassette entstand aus der VIDEO ARTIST SERIES der Kabelfernsehsendung NIGHTLIGHT, die eine Arbeit von Shalom Gorewitz, SIGNOFF, brachte, wo Jimi Hendrix 'The Star-Spangled Banner' singt.
Die Musik von Jimi Hendrix Videogramm ist auch erhältlich als neue LP, die im Juni 1982 herauskam mit dem Titel 'The Jimi Hendrix Concerts Album'. Hier sind Konzertaufnahmen von Liedern, die z.T. auf Platte noch nie zu hören waren. ('Fire, 'I Don't Live Today', 'Red House', 'Stone Free', 'Are you Experienced', 'Little Wing', 'Voodoo', 'Bleeding Hearts', 'Hey Joe', 'Wild Thing' und 'Hear my Train'). Die Künstler, die an diesem Videoprojekt arbeiteten, wurden von EAI und VideoGram International ausgesucht und zwar nach dem Kriterium, wie gut sie mit Bildern und Ton arbeiten konnten. Die Künstler hatten die Möglichkeit, die Musikstücke selbst auszuwählen.

STEPHEN BECK

Er begann während seiner Studienzeit an der University of Chicago mit Licht als künstlerisches Medium zu arbeiten. Einige Jahre lang arbeitete er als Lichttechniker im Studio für experimentelle Musik an seiner Universität. Als artist-in-residence am San Francisco National Center for Experiments in Television hat er 1971 den Direct Video Synthesizer entwickelt, ein elektronisches Gerät, das Bilder ohne Kameras erzeugen kann. Derzeit entwickelt er elektronische Systeme, wo er gerne die von ihm entworfenen Videospiele und Videobänder verwendet. Er leitet seine eigene Computerfirma Beck-Tech.

FRANK DIETRICH

Hat an der Technischen Universität Berlin graduiert und erhielt später einen M.F.A. von Electronic Visualization Program der University of Illinois in Chicago. Er hat große Video-Computer Installationen gebaut und Computerkunst an der School of the Art Institute in Chicago, West Coast University in Los Angeles gelehrt.

In der VISUAL MUSIC ALLIANCE (VMA) sind jene Künstler vereinigt, welche die Zukunft der audiovisuellen Medien auf elektronischer Basis schaffen. Sie arbeiten für die Industrie (Großfilme), für die Werbung, für Schallplattenfirmen und für die reine Kunst. Diesen Verein mit einer eigenen Zeitung (The Relay) gibt es seit 3 Jahren. Er organisiert Ausstellungen, Meeting, Konferenzen. Seine Mitglieder sind eine bezeichnende Melange von Kunst und Kommerz: Jo Bergmann, frühere Mitarbeiterin von D. Bowie, nun Videodirektor bei Warner Bros! Rec. Robert Margouleff, Produzent von Stevie Wonder und Devo. John Allison, Emmy-Gewinner für Spezialeffekte bei "Cosmos". Gene Youngblood, Autor von "Expanded Cinema", und viele andere.

DREAM QUEST, INC.,

Traumsuche-GmbH, heißt eine Firma, die für Spezialeffekte zuständig ist: "Blue Thunder" (Regie J. Badham mit Roy Schneider), "The Outsiders" von F.F. Coppola. Mitglied Scott Squires machte auch Spezialeffekte für "Close Encounters of the Third Kind" (S. Spielberg). Mitglied von VMA.

HOMER & ASSOCIATES

ist eine Firma für Computergrafik und -animation. Sie benützt die Computersprache "Forth", Programmierer Paul Rother, für computererzeugte grafische Effekte, digitale Malerei. Besitzer von Homer & Associates ist Peter Conn, Mitglied der Visual Music Alliance, der viele Musikvideos gemacht hat, u.a. das berühmte "Abracadabra" (1982) von Steve Miller. Auch an seiner Person erkennt man die Verknüpfung von Avantgarde (Visual Music Alliance) und Industrie (Rockvideos).

BILL SEBASTIAN,

"das Farb und Licht Genie des 20. Jahrhunderts" (Heavy Metal), hat ein System für elektronische Fingermalerei entwickelt, den Outerspace Visual Communicator, einen visuellen Synthesizer, 1978. Die Hand des Künstlers gleitet dabei über 400 Druckschalter, welche Farbsymmetrien und -Bewegungen in Gang setzen. Rotation, Kompression, Zoom etc. können ebenfalls durchgeführt werden, das Videobild ist also jederzeit manipulierbar.

RICHARD TAYLOR

ist Kreativdirektor von Magi West Coast, L.A. Vorher war er bei Information International, jener Firma, die später zu Digital Productions wurde. Er ist ein Spezialist für Digital Scene Simulation. Ebenfalls Mitglied von VMA. Er war Special Effects Designer bei "Tron".

SIGGRAPH

ist die Interessensgruppe für Computergrafik, die der Association for Computing Machinery angeschlossen ist. Ihre über 11.000 Mitglieder teilen ein Interesse für Theorie, Design und Anwendung von computererzeugten Grafiken und interaktive Verfahren, welche die Verständigung und Kommunikation zwischen Mensch und Maschine ermöglichen. Die von SIGGRAPH herausgebrachten Publikationen, Dias, Videos und Kataloge bilden ein Forum für die Förderung, Forschung, Technologie und Anwendung im Bereich der Computergrafik. Ihre jährlich stattfindende Konferenz, die Kurse, technische Präsentationen, Ausstellungen, Film- und Videovorführungen umfaßt, hat sich als bedeutende Veranstaltung in der Industrie einen Platz gemacht.

In den Vereinigten Staaten gibt es SIGGRAPH-Gruppen an folgenden Orten: Washington D.C., Princeton, San Francisco, Deleware Valley, New

England, Los Angeles, Chicago und Chapel Hill, North Carolina.

SIGGRAPH wird von einem Ausschußrat geleitet, deren Mitglieder gewählt werden. Der derzeitige Vorsitzende ist Thomas A. DeFanti, der außerordentlicher Professor an der University of Illinois in Chicago und Leiter von Real Time Design, Inc., ebenfalls in Chicago, ist.

SIGGRAPH '84 hat vom 23. bis 27. Juli in Minneapolis im Bundesstaat Minnesota stattgefunden. Neue Entwicklungen im Bereich der Computergrafik wurden im technischen Programm, Podiumsdiskussionen, Ausstellungen und in Film- und Videovorführungen vorgestellt. All diese Programmteile ergaben zusammen einen noch nie dagewesenen Einblick in den jetzigen Stand der Computergrafik.

LITERATURHINWEISE

Bücher

R.E. Barnhill, R.F. Riesenfeld: COMPUTER AIDED GEOMETRIC DESIGN, Academic Press, 1974.

Dana H. Ballard, Christopher M. Brown: COMPUTER VISION, Englewood Cliffs N.J., 1983.

S.H. Chasen: GEOMETRIC PRINCIPLES AND PROCEDURES FOR COMPUTER GRAPHICS APPLICATIONS, Prentice-Hall, 1978.

Circulating Video Library. Katalog Museum of Modern Art, N.Y., 1983.

S. Davis: COMPUTER DATA DISPLAYS, Prentice-Hall, 1969.

Electra. Katalog der Ausstellung. Museé d'Art Moderne de la Ville de Paris. 1983.

José Luis Encarnação: COMPUTER-GRAPHICS, München, Wien, 1975.

M. Faiman and J. Nivergelt (Hrg.): PERTINENT CONCEPTS IN COMPUTER GRAPHICS: Proc. 2nd u. Illinois Conf. Computer Graphics, U. Illinois Press, Urbana, 1969.

W.A. Fetter: COMPUTER GRAPHICS IN COMMUNICATION, McGraw-Hill, 1965.

H.W. Franke: COMPUTERGRAPHIK-COMPUTERKUNST, Bruckmann, München, 1971.

Herbert W. Franke, Gottfried Jäger: APPARATIVE KUNST, Verlag DuMont Schauberg, Köln, 1973.

Herbert W. Franke: KYBERNETISCHE ÄSTHETIK – PHÄNOMEN KUNST, Ernst Reinhardt Verlag, München, Basel 1979.

Herbert W. Franke: COMPUTER-GRAPHIK; KUNST IM ELEKTRONISCHEN ZEITALTER, DuMont, 1984.

W. Giloi: INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS, Prentice Hall, 1978.

W. Giloi (Hrg.): FACHTAGUNG COMPUTER GRAPHICS: PROC. SYMP. 19-21 Oct. 1971, Berlin, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH,D-5205 St. Augustin 1, Schloß Birlinghoven, 1971.

Donald Greenburg, Aaron Marcus, Allan H. Schmidt, Vernon Gorter: THE COMPUTER IMAGE, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1982.

F. Gruenberger (Hrg.): COMPUTER GRAPHICS, Thompson, 1966.

Ruth Leavitt (Hrsg.): ARTIST AND COMPUTER, New York, 1976.

Lothar Limbeck, Reiner H. Schneeberger: COMPUTERGRAFIK, Ernst Reinhardt Verlag, München, 1979.

H.R. Luxenberg and R.L. Kuehn: DISPLAY SYSTEMS ENGINEERING, McGraw-Hill, 1968.

Frank J. Malina (Hrsg.): VISUAL ART, MATHEMATICS AND COMPUTERS, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt/M., 1979.

Abraham Moles: KUNST UND COMPUTER, Verlag DuMont Schauberg, Köln, 1973.

R.D. Murray: COMPUTER HANDLING OF GRAPHICAL INFORMATION, Society of Photographic Scientists and Engineers, Washington, DC, 1970.

F. Nake: COMPUTER-GRAFIK. EXAKTE ÄSTHETIK S. Nadolski, Stuttgart, 1967.

F. Nake, A. Rosenfeld (Hrg.): GRAPHIC LANGUAGES, Proc. IFIP Working Conf. Graphic Languages, Vancouver; North-Holland, 1972.

Frieder Nake: ÄSTHETIK ALS INFORMATIONSVERARBEITUNG, Wien und New York, 1974.

Georg Nees: GENERATIVE COMPUTERGRAFIK, Hrsg. von der Siemens AG, Berlin und München, 1969.

W.M. Newman, R.F. Sproull: PRINCIPLES OF INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS, McGraw-Hill, 1973 und 1981.

R.D. Parslow, R.E. Green (Hrg.): COMPUTER GRAPHICS IN MEDICAL RESEARCH AND HOSPITAL ADMINISTRATION, Plenum, 1971.

R.D. Parslow, R.W. Prowse, R.E. Green (Hrg.): COMPUTER GRAPHICS, Plenum, 1969.

M.D. Prince: INTERACTIVE GRAPHICS FOR COMPUTER-AIDED DESIGN, Addison-Wesley, 1971.

J. Reichardt: CYBERNETIC SERENDIPITY. THE COMPUTER AND THE ART, Studio International, London, 1968.

Brian Randell (Hrg.): THE ORIGINS OF DIGITAL COMPUTERS. SELECTED PAPERS, Springer Verlag, 1982.

S. Sherr: FUNDAMENTALS OF DISPLAY SYSTEM DESIGN, Wiley-Interscience, 1970.

J. Vlietstra, R.F. Wielinga (Hrg.): COMPUTER-AIDED DESIGN: PROC. IFIP Working Conf. Principles of Computer-Aided Design, Eindhoven; North-Holland, 1973.

John Whitney: DIGITAL HARMONY, on the Complementarity of Music and Visual Art. Byte Books, McGraw-Hill, 1980.

Gene Youngblood: EXPANDED CINEMA, E.P. Dutton & Co, N.Y., 1970.

Freeman, H., (Hrg): TUTORIAL : SELECTED READINGS IN INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS, IEEE Computer Society Press, L.A., 1984.

Beatty, J.C. und Booth, K.S., (Hrg), Tutorial: COMPUTER GRAPHICS, IEEE Computer Society, 1982.

Weitere Artikel

A. Appel: ON CALCULATING THE ILLUSION OF REALITY, IFIP Congress, 1968 Proc., E79, August 1968.

A. Appel, A. Stein, J. Landstein: (1970). THE INTERACTIVE DESIGN OF THREE-DIMENSIONAL ANIMATION, Proceedings of the Ninth Annual UAIDE Meeting.

R.M. Baecker: (1969). INTERACTIVE COMPUTER MEDIATED ANIMATION. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology.

B.G. Baumgart: (1974). GEOMETRIC MODELING FOR COMPUTER VISION. Dissertation, Stanford University. NTIS Report Number AD/A-002261.

L. Belady: (1970). TVPLUS COMPUTER EQUALS VIDEOGRAPHICS. Proceedings of the Ninth Annual UAIDE Meeting.

M.W. Blasgen, F. Gracer: (1970). KARMA: A SYSTEM FOR STORYBOARD ANIMATION. Proceedings of the Ninth Annual UAIDE Meeting.

J.F. Blinn, M.E. Newell: (1976). TEXTURE AND REFLECTION IN COMPUTER GENERATED IMAGES. Communications of the ACM, Vol. 19, No. 10.

J.F. Blinn: SIMULATION OF WRINKLED SURFACES: COMPUTER GRAPHICS, Vol. 12, No. 3, Aug. 1978.

M.W. Blasgen, F. Gracer: (1970). KARMA: A SYSTEM FOR STORYBOARD ANIMATION. Proceedings of the Ninth Annual UAIDE Meeting.

J.F. Blinn, M.E. Newell: (1976). TEXTURE AND REFLECTION IN COMPUTER GENERATED IMAGES. Communications of the ACM, Vol. 19, No. 10.

J.F. Blinn: SIMULATION OF WRINKLED SURFACES: COMPUTER GRAPHICS, Vol. 12, No. 3, Aug. 1978.

J.F. Blinn und Martin E. Newell: CLIPPING USING HOMOGENEOUS COORDINATES, Computer Graphics, Vol. 12, No. 3, Aug. 1978.

E. Catmull: (1974). A SUBDIVISION ALGORITHM FOR COMPUTER DISPLAY OF CURVED SURFACES. Tech. Report UTEC-CSC-74-133, University of Utah.

E. Catmull: A HIDDEN-SURFACE ALGORITHM WITH ANTI-ALIASING, Computer Graphics, Vol. 12, No. 3, Aug. 1978.

Charles Csuri: (1975). COMPUTER ANIMATION, Proceedings of the Second Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques-SIGGRAPH, 1975.

Charles A. Csuri: (1977). 3-D COMPUTER ANIMATION. Advances in Computers: Academic Press, Inc., New York.

J.R. Davis: (1968). A MODEL MAKING AND DISPLAY TECHNIQUE FOR 3-D PICTURES, Proceedings of the Seventh Annual UAIDE Meeting.

L. Elin: (1975). SYNTHEVISION: SERENDIPITY FROM THE NUCLEAR AGE, Artist and Computer, edited by R. Leavitt, Harmony Press.

L.D. Harmon, K.C. Knowlton: PICTURE PROCESSING BY COMPUTER. Science Bd 163, April 1969.

C.W. Harrison: EXPERIMENTS WITH LINEAR PREDICTION IN TELEVISION. Bell System Technical Journal, Bd 31, Juli 1952.

R. Ives: COMPUTER-AIDED SCULPTURE. Computer and Automation 18, 1969.

L. Mezei, A. Rockmann: THE ELECTRONIC COMPUTER AND ARTIST. Canadian Art, Bd XXI, No. 6, 1964.

A.J. Myers: (1975). AN EFFICIENT VISIBLE SURFACE PROGRAMM. Technical Report to the National Science Foundation, Grant Number DCR 74-00768A01.

A.J. Myers: (1976). A DIGITAL VIDEO INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM. Proceedings of the Third Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques-SIGGRAPH.

N. Max: (1975). COMPUTER ANIMATION OF THE "SPHERE EVERSION", Proceedings of the Second Annual Conference on Computer Graphics-SIGGRAPH.

N. Negroponte: (1973). RECENT ADVANCES IN SKETCH RECOGNITION. Proceedings of the National Computer Conference.

M. Newell: (1975). THE UTILIZATION OF PROCEDURE MODELS IN DIGITAL IMAGE SYNTHESIS, Ph.D. Dissertation, University of Utah.

A.M. Noll: STEREOGRAPHIC PROJECTIONS BY DIGITAL COMPUTER. Computer and Automation, Bd 14, Mai 1965.

A.M. Noll: COMPUTER-GENERATED THREE-DIMENSIONAL MOVIES. Computers and Automation, Nov. 1965.

R.E. Parent, B. Chandrasekaran: (1976). MOULDING COMPUTER CLAY. Pattern Recognition and Artificial Intelligence.

J.C.R. Licklider: MAN-COMPUTER PARTNERSHIP. International Science and Technology, May 1965.

M.A. Davis, T.O. Ellis: THE RAND TABLET: A MAN-MACHINE COMMUNICATION DEVICE, Proc. F.J.C.C. 1964

J.F. Teixera, R.P. Sallen: THE SYLVANIA DATA TABLET. Proc. S.J.C.C. 1968.

L.G. Roberts: THE LINCOLN WAND. Proc. F.J.C.C. 1966.

J.E. Curry: A TABLET INPUT FACILITY FOR AN INTERACTIVE GRAPHICS SYSTEM, Proc. of the International Joint Conference on Artificial Intelligence 1969.

D. D. Weiner und S.E. Anderson: A COMPUTER ANIMATION MOVIE LANGUAGE FOR EDUCATIONAL MOTION PICTURES, Proc. AFIPS 1968 FJCC Vol. 33, Pt 2, AFIPS Press, Montvale, N.J.

J. Nolan und L. Yarbrough: AN ON-LINE COMPUTER DRAWING AND ANIMATION SYSTEM, Proc. IFIP Cong. 1968, North-Holland Pub. Co., Amsterdam.

F.W. Sinden: COMPUTER-MADE MOTION PICTURES, Bell Telephone Laboratories.

J. Staudhammer, J.F. Eastman: (1975). COMPUTER DISPLAY ON COLORED THREE-DIMENSIONAL OBJECT IMAGES, Proceedings of the Second Annual Symposium on Computer Architecture, pp. 23-27.

I.E. Sutherland, R.F. Sproull, R.A. Schumacker: A CHARACTERIZATION OF TEN HIDDEN-SURFACE ALGORITHMS, ACM Computing Surveys, Vol. 6, No. 1, pp. 1-55, 1974.

I.E. Sutherland: (1974). THREE-DIMENSIONAL DATA INPUT BY TABLET, Proceedings of the IEEE, Vol. 62, No. 4, pp. 453-462.

G.S. Watkins: (1970). A REAL-TIME VISIBLE SURFACE ALGORITHM, University of Utah Technical Report UTEC-CSC-70-101.

N. Wein, M. Burtnyk: (1971). A COMPUTER ANIMATION SYSTEM FOR THE ANIMATOR, Proceedings of the Tenth Annual UAIDE Meeting.

N. Wein, M. Burtnyk: (1975). COMPUTER ANIMATION OF FREE FORM IMAGES, Proceedings of the Second Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques-SIGGRAPH, 1975.

J. Whitney, John, Citron: (1968). CAMP-COMPUTER ASSISTED MOVIE PRODUCTION, Proceedings of the AFIPS Fall Joint Computer Conference.

J.H. Whitney: CAMP–COMPUTER ASSISTED MOVIE PRODUCTION, AFIPS Conf. Proc., Vol. 33, 1968 FJCC.

R. Williams: A GENERAL PURPOSE GRAPHICAL LANGUAGE, in GRAPHIC LANGUAGES, F. Nake, A. Rosenfeld: (Hrg.), North-Holland, 1972.

C. Wylie, G. Romney, D. Evans und A. Erdahl: HALFTONE PERSPECTIVE DRAWINGS BY COMPUTER, AFIPS Conf. Proc., Vol. 31, 1967 FJCC.

E.E. Zajac: COMPUTER-MADE PERSPECTIVE MOVIES AS A SCIENTIFIC AND COMMUNICATION TOOL, CACM, Vol. 7, No. 3, March 1964.

E.E. Zajac: FILM ANIMATION BY COMPUTER, NEW SCIENTIST, Bd 29, Feb. 1966.

Zeitschriften

COMPUTER GRAPHICS (vierteljährlich), SIGGRAPH-ACM REPORTS, Association for Computing Machinery.

COMPUTER GRAPHICS AND IMAGE PROCESSING, (monatlich), Academic Press.

COMPUTER-AIDED DESIGN, IPC Science and Technology Press Ltd., IPC House, 32 High Street, Guildford, Surrey, England.

IEEE TRANS. COMPUTERS, IEEE Computer Society.

COMM. ACM, Association for Computing Machinery, New York.

COMPUTERS AND GRAPHICS, (vierteljährlich), Pergamon Press, Ltd., Headington Hill Hall, Oxford OX3 OBW, England.

PROC. SPRING JOINT, FALL JOINT, und (seit 1973) NATIONAL COMPUTER CONFERENCES, American Federation of Information Processing Societies.

APPLICATIONS OF COMPUTER GRAPHICS IN ENGINEERING, erhältlich als Publikation NASA SP-390, vom NTIS, US Dept. Commerce.

Bibliographien

H.M. Abbott: COMPUTER GRAPHICS, VOLUME II. Eine mit Anmerkungen versehene Bibliographie der Periode 1960-67 (276 Eingänge). Lockheed Missiles and Space Company, erhältlich als N68-17113 vom NTIS, US Dept. Commerce.

A.H. Agajanian: A BIBLIOGRAPHY ON DISPLAY TECHNOLOGIES, Proc. SID, Vol. 14, No. 2, 1973.

J.C. Griffiths: BIBLIOGRAPHY OF HIDDEN-LINE AND HIDDEN-SURFACE ALGORITHMS, Computer-Aided Design, Vol. 10, No. 3, May 1978.

U.W. Pooch: COMPUTER GRAPHICS, INTERACTIVE TECHNIQUES, AND IMAGE PROCESSING 1970-75: A BIBLIOGRAPHY, Computer, August 1976.

L. Mezei: COMPUTER ARTS, A BIBLIOGRAPHY, Computer Studies in the Humanities I, 1.

Einige Filme

Marc Adrian: RANDOM (1963), 35 mm, s/w, 285 Sek.

WALKING MAN, University of Utah.

NASA SPACE SHUTTLE, General Electric.

SPHERE EVERSION, N. Max, 1975.

K.C. Knowlton: A COMPUTER TECHNIQUE FOR THE PRODUCTION OF ANIMATED MOVIES, Bell Telephone Laboratories, 16 mm, 17 Min., 1964.

Knowlton, Sinden, Zajac: COMPUTER ANIMATION EXAMPLES, Bell Telephone Laboratories, 16 mm, 10 Min., 1965.

M. Noll: COMPUTER GENERATED BALLET, Bell Telephone Laboratories, 16 mm, 3 Min., 1966.

F.W. Sinden: FORCE, MASS, AND MOTION, Bell Telephone Laboratories, 16 mm, 10 Min., 1965.

M.I.T. Science Teaching Center: SCATTERING IN ONE DIMENSION, Film erhältlich von der Atomic Energy Commission.

Ronald Resch, A.M. Noll, Charles A. Csuri, James P. Shaffer: HUMMINGBRID, (1967).

R. Baecker: GENESYS, mit Lincoln Lab., 16 mm, 20 Min.

John Whitney: PERMUTATIONS, IBM, 16 mm, Farbe, 10 Min., 1968.

John Whitney: ARABESQUE, Sr. 1975, 6 min., 35 mm film, programming assistance: Larry Cuba: Computer graphics: Information International, Inc.

Ed Emshwiller: SUNSTONE, 1979, 3 min., New York Institute of Technology, programming assistance: Alvy Ray Smith, Lance Williams, und Garland Stern

Jane Veeder: MONTANA, 1982, 3:38 min.

FLOATER von Jane Veeder. 6/12, 1983.

Jo Ann Gillerman: AURORA SYSTEMS, 1982, 2:48 min., (silent) Chuck Kozak, Assistant

Jo Ann Gillerman: CLONE BABY, 3:31 min., 1982. Hardware: Aurora Paint System, Sandin Image Processor.

Steina and Woody Vasulka mit Bradford Smith: PROGENY, 1981, 17 min.

Frank Dietrich mit John Goss und Debbie Gorchos: DIGITAL REFLECTIONS, 1981, 4:50 min.

P.T.L.: SPIRAL 5, Dan Sandin, Tom DeFanti, und Mimi Shevitz, 1981, 6:30 min.

Frank Dietrich und Zsazsa Molnar: SNAKE, RATTLE & ROLL, 1982, 2:17 min., Musik von Eugene X Rator und Joe Pinzarrone

Dean Winkler, Tom DeWitt, und Vibeke Sorrensen: TEMPEST BY WTV, 1980-82, 4 min.

CALYPSO CAMEO von Vibeke Sorensen und Tom DeWitt. 2:07, 1983.

Stephen Beck: VOODOO CHILD, 1982, 6:55 min., Auszug aus: Jimi Hendrix Videogram, producer: Stuart Shapiro; assistant producer: Eric Trigg;

SIGGRAPH VIDEO REVIEW Ausgabe Nr. 7 vom 11/7/82

1. Triple-I Digital Scene Simulation Rolle
2. TRON Walt Disney Produktions
3. Synthavision Clips-MAGI
4. VideoCel '82-Computer Creations, Inc.
5. Cranston-Csuri Demonstrationsrolle
6. Four Seasons of Japan/Expo. '85-NHK
7. Acme Cartoon Company Sampler '82
8. ADAM-Arthur Olson und T. J. O'Donnell
9. 1982 Experimental Works-Texnai C.G.L.

A. Sorting Out Sorting Excerpt-U. Toronto

SIGGRAPH VIDEO REVIEW Ausgabe Nr. 11 vom 10/27/83

1. Star Trek II Genesis-Paramount/Lucasfilm
2. Non-Edge CIG-Grumman
3. Digital Effects Demo Rolle
4. The Cube CUBE-Gerhard
5. SPN-SEIBU Productions Network
6. Symmetry Test 11A-Newell
7. Composite News-Burson
8. A/V Tour at SIGGRAPH '83-Veeder & Morton
9. Shirogumi Sampler
10. Movie Maker-IPS, Inc.
11. Pixel Play-Nakajima
12. Growth/Mysterious Galaxy-Kawaguchi
13. Digital Harmony-Whitney Sr., et. al.

TRIM SUBDIVISIONS von Bob Snyder. 5:46, 1983.

DIGITAL DANCER von Ed Tannenbaum. 4:46, 1983.

OUA, OUA von Ed Tannenbaum. 2:50, 1983.

DOTS von Guenther Tetz. 8:22, 1983.

V von Guenther Tetz. 9:50, 1983.

SPECTRUM 6 von Stan Van Der Beek. 3:27, 1983.

BIG ELECTRIC CAT von Dean Winkler, John Sanborn und Kit Fitzgerald. 6:30, 1983.

MARKS & MARKS SAMPLE ROLLE, Technik von George Joblove und Doug Kay; creative director Harry Marks, Mark Peterson, Ron Saks und Jon Lee. Produktion Marks & Marks Novocom. 2:00, Farbe, 1983.

PACIFIC DATA IMAGES DEMO ROLLE, Produktion Pacific Data Images. 4:00, Farbe, 1983.

RETURN OF THE JEDI: COMPUTER GRAPHICS von Bill Reeves und Tom Duff. Computer Research and Development, Lucasfilm, Ltd. 6:00, Farbe, 1983.

SNOW WHITE AND THE SEVEN PIXELS von David Em; Ton: Steve Roach; Produktion James Seligman. 2:00, Farbe, 1983.

SUPERMAN III, LET THE GAMES BEGIN von Paul Hughett, Vicki Parish, Steve Wright, Pat Cole und Mike Marshall. Produktion Atari Special Programs. 2:00, Farbe, 1983.

DIGITAL EFFECTS DEMO ROLLE, Technischer Direktor und Animation Mark Lindquist, Alan Green, Donald Leich, Andy Koplo und D.L. Dias. Regie: George Parker, Jeffrey Kleiser und Judson Rosebush. Produktion: Judson Rosebush. 6:40, Farbe, 1983.

PETER WEIBEL ON THE HISTORY AND AESTHETICS OF THE DIGITAL IMAGE

I

Probably the most significant event since the very invention of the image are the changes in man's conception of the image that the advent of the digital image is entailing. However trenchant and decisive this may be, the history of the image already prepared the ground for it.

If we assume that the major distinction between the traditional image and the digital one is that the classical form of depiction is analogous, that is, it follows the principles of similarity, congruency and continuity, and that the electronic form of depiction is digital, that is, it uses the smallest, discontinuous, non-homogeneous elements, we can depart our reflections to this topic from those movements in art which advanced the rupture in the traditional conception of the image. This extends from the insurrection of the abstract at the beginning of this century to kinetic art.

In accepting this distintion (from the concept of "digital art" evolves dialectically the concept of "analog art" which per definitionem signifies nothing else than classical art), we must overlook certain philosophical incongruencies. So, for instance, the fact that there are of course analogous elements in digital art and digital elements in analog art, since in the last analysis, any continuous anlogous process can be reduced to small discontinuous pieces, in the same way a continuous line can be constructed from discontinuous dots. In the latter case, the distance between the adjacent dots is so small that it can no longer be discerned by the human eye. This awakens the illusion of a continuous line when in fact the distance exists numericallly and can be represented. Digital art does exactly this: it allows analogous processes in nature to be represented digitally.

By means of dots that correspond to a specific number, the computer is able to generate a line on a connecting monitor. The monitor screen is a sort of number field in which each number which consists either of a digit, digit pair or a sequence of digits, (eg. 00101) can be matched with a dot. The representation of numbers is generally performed with two digits (0/1), so-called binary digits, since this is the only way numbers can be represented electrically, that is, by means of electrical impulses for one and no impulses for 0. Thus we can say that digital representation and binary representation are linked to each other.

The computer then computes the number sequence, that is, the sequence of dots which on the connecting monitor create the impression of a line. This, of course, is only possible when the resolution capacity of the monitor screen is so great that the distances between the dots can be made so small that this distance and the size of the dots can no longer be discerned by the eye, although they actually exist numerically.

For greater clarity, I will retrack some ground and go into further detail. When a monitor screen has only a small resolution capacity, this means that it is a field of numbers comprising only few numbers. So that the small amount of numbers (=dots) can fill the field they must be large enough since of course it is only possible to fill this field with smaller number dots when there are more of them. 8 large dots, however, placed next to each other linearly over the surface of the monitor screen by no means must appear as a line. Rather, one needs a great number of dots in such quantity and so minute that they seem continuous as a line does. A display the size of a normal TV-screen with about 600 rows à 800 dots is a number field consisting of 480,000 dots. It is easy to imagine how small these 480,000 dots have to be to fit in the screen and thus how easily the illusion of a line can be awakened. Since these dots can also have a different color, it is possible not only to produce forms but also color surfaces, so that the colored forms awaken the impression of motion and authenticity when they are changed, or rather, moved 25 times a second. The greater the resolution capacity is, the greater the number of dots or numbers available for depiction is, the greater the representation's authenticity, the better the illusion of realness and the more realistic the depiction actually appears. The efforts to obtain a greater resolution (e.g. 1000 rows) are born of the wish to achieve greater visual realism.

If one considers that this amount of numbers and dots is not activated by simply tracing the image input with a beam as in television but rather entered into a computer for computation, one can imagine the great number of calculating operations and algorithms (commands defining the steps) needed for creating the line of a human profile on the monitor screen. Here there are no images or a reality to serve as a model but only numbers and calculating operations which through electronic transformations create forms that then appear on the monitor screen as forms. This is called artificial image generation, synthetic imagery, the basis of which is the number. If one considers that numbers not only correspond to the dots but also to their colors and intensity, meaning that the computer monitor must deal with millions of numbers for a simple color image for which the programmer has to come up with an algorithm (a sequence of commands for the calculating steps), one can easily conceive how much calculating work is needed to make just one non-moving digital image. If these images are supposed to move in a natural way too, needing to be changed 25 times per second, the amount of calculating operations becomes excessive, posing great demands on the rapidness and complexity of the computer's calculating power.

If we strain our imagination a bit more, we would expect the line drawn on a tablet with a light pen (joystick) to appear immediately and not only after lengthy calculating operations on the computer monitor screen and the movements on the tablet to be simultaneously followed by the line appearing on the monitor screen. By the same token, one would expect the sounds a pianist produces by hitting the keys to resound right away – and not later. This must take place in "real time"; thus the piano can said to be a "real-time display".

The enormous amount of calculating that the computer must surmount within a second of time can, of course, only be accomplished by super computers. For this reason, the motion and forms of figures on the screens of video games are clumsy, the low level of their motion and representation hardly awakening the illusion of realness. The calculation procedures required for higher levels implemented in microchips simply cannot be performed. The same holds true for personal computers.

In the field of digitally moved images, digital computer animation, there is not only a demand for monitors with greater resolution but also for super-computers that are increasingly rapid and large, since only these computers are able to perform the enormous amount of calculations required for the forms, colors and movements created numerically by the computer to appear on the monitor screen or (transmitted by laser) to appear on the film strip with an impression of realness. If one could buy the world's most rapid computer, one would come closer to the goal of generating, metaphorically speak-

ing, colorful moving forms corresponding to natural objects in the real world by means of comprehensive calculating operations across the number field of the monitor screen. This means not only processing huge amounts of data regarding position, intensity, color, etc. of hundreds of thousands of dots within fractions of a second, but also computing the calculating operations needed for their control (=formation) which can only be done numerically as well. Such digitally generated images can, given the optimal resolution and calculating capacity of supercomputers, produce increasingly realistic simulations of 3-D objects and events.

DIGITAL PRODUCTIONS in Los Angeles has the most rapid computer in the world, CRAY-1 of which only about 25 exist running 24 hours a day. The digital image is supposed to simulate 3-D objects and events realistically by means of "digital scene simulation" as the company calls this method on the basis of computer-generated moving images: A film-design studio creates reality by computer" – this is the ultimate goal of the digital image. Is it this? The contrary, I would say, since it is the essence of the digital image rather to create more than reality by computer, but this more looks more real. The basic principle (in the sense of the idealistic German ontology) of the digital image is precisely to make irreality realistic by computer. We don't need any moving photographs but rather the digital image to move beyond these, transforming the depiction (of reality) into a generation of images (of a new reality).

The digital image unites the possibilities of painting (subjectivity, freedom, irreality) and of photography (objectivity, mechanics, reality). Reproduction and phantasy, the two excluded sisters, are reconciled in the digital image. In the future it may be possible to speak of digital film or digital video, since the digital image can be realized in any medium.

The digital image which allows one to intervene in each section of the picture surface as freely as the artist can in the canvas to form each portion of the picture as I wish does not just emancipate the apparative art from its tortuous and constricting mechanics but also liberates our thinking in images par excellence from its many constraints. Thus the digital image is the first real foreboding of the "liberated image" like the digital sound of "liberated sound" the program of which was set down at the turn of the century. The art of the twentieth century has undertaken the emancipation of the image in two phases. In the first half of the century with Futurism, Cubism, Cubofuturism, Suprematism, Dadaism, Surrealism, etc. In the second phase, with Action Painting, Fluxus, Happening, Pop Art, Kinetism, Op-Art, Ambiente, Arte Povera, actions, performances, etc.

Aspects of this emancipation are visible as features of the digital image. I mention only the color forms of the abstract up to the Informel, the machine iconography of Dadaism (from Hausmann to Picabia), synthetic image findings and object transformations of Surrealism (from Dali to Magritte), the interaction and participation present in Happenings, etc. In the visual music films, or videos, abstract color impressions appear once again; also Surrealist collages, since the digital image is a collage expanded in terms of time and the number of spatial layers, as well. This collage is a composition in time and, similar to music, has left the two-dimensionality of the surface for the fourth dimension. The raster-technique (Lichtenstein, Warhol, Dieter Rot, Sigmar Polke, etc.) is still another tacit characteristic of the digital image, like the participation of the audience in videoart (from installations to video games).

Many of the aesthetic aspects of earlier forms of art are directive for digital art, which, however, transcends these. The examples one could still name for this are too numerous. The plotted line of some drawings by Matisse up to Warhol have ended in the plotter (a drawing device of the computer). From Pointillism to Divisionism all the way up to the raster-technique, there are dot-techniques that call painting as an analog art into question. The synaesthetic concepts of the total artwork from the turn of the century already formulated the program of music videos: to make visible what is audible. The actual development of electrical and electronic art began in the mid-sixties: on the one hand, in popular music: light shows, slide projections, films, pulsing fluid elements, experiments with the electrical guitar. On the other hand, in avantgarde: video art which could reach back to the great tradition of the abstract film; neonworks, installations, etc. In the media art of today, one mainly finds mixed forms, in art as well as in popular culture. Lucas' superproductions as well as Laurie Anderson's music videos use film, video techniques and digital technology to an equal extent. We are standing before the quantum leap: digital image-works are becoming independent of other artistic forms, digital art is becoming autonomous. The most noticeable transformation of the digital image with respect to the phenomenology of its aesthetics and its relation to the classical analogous image (inspite of all genealogy) is best illustrated in the transition of the monitor screen of TV to the computer screen.

To the extent that the picture surface of the TV has become a familiar source of imagery, the computer monitor screen seems alienating and disturbing.

This, because the first, TV, carries on with the passive consumption of conventional picture codes where as the computer demands an interaction with new pictorial codes. The transformation of the TV-screen into a computer screen through the connecting video displays, which make a computer out of a static object, also signifies another change: the monitor suddenly assumes a new aesthetics of information and communication.

If it is the special feature and advantage of digital art that it is ideally suited for digitally depicting analogous processes in nature, if, in other words, a pictorial technique perfectly matches its object as digital scene simulation (the digital realistic simulation of 3-D objects and events in time) does, then this can only mean that the world itself is digitally organized, that everything analogous is also expressible in digital form. Thus digital art is becoming a more and more adequate expression of our world.

II

Computer graphics can be said to have formally begun with the work of Ivan E. Sutherland in 1963.[1]. Sutherland is a disciple of the pioneers of information and image processing machines at M.I.T., Claude Shannon, Marvin Minsky and Steven A. Coons. Sutherland works now at the University of Utah, Salt Lake City, a center of computer animation and digital images in the United States. In his now classic thesis, he showed how a computer could be employed for interactive design of line drawings using a simple cathode-ray tube display and a few auxiliary input controls. Others had already connected CRTs to computers in the early fifties to generate simple output displays. But it was not until Sutherland developed his system for man-machine interactive picture generation that people became aware of the full potential offered by computer graphics.

The realization of this potential, however, was slow to develop. Three major barriers were encountered. The first was the then high cost of computing. It was quickly discovered that computer graphics, especially if it were to be interactive, imposed inordinate demands on the computer in terms of both processing requirements and memory size. During the sixties, the cost of meeting these demands could be justified only for research purposes in a few universities and some large industrial

research laboratories.

The second barrier was a lack of understanding of the intricacies of the picture-generating software that would be needed for an effective computer graphics system. It was soon learned that one had to develop a data structure that in some sense would mirror the often barely realized but visually obvious relationships inherent in a two-dimensional picture. (In fact, the origin of much of today's data management theory can be traced to early work in computer graphics). Algorithms for hidden-line removal, shading, and scan conversion were needed and generally proved far more complex than was first anticipated. Even as ostensibly simple a task as drawing a straight line segment or arc of a circle on a digitally- oriented display turned out to require algorithms which were by no means trivial.

Fortuanately, as it has many other technological innovations, time favored computer graphics. The cost of computer equipment kept dropping year after year, while that of labor kept increasing. Operating systems were improved, and our ability to cope with complex software became more sophisticated. Impressive progress was made in the development of algorithms for generating pictures, specially those intended to represent views of three-dimensional objects. The progress, though slow, has been sufficient that now, at the beginning of the eighties, computer graphics is finally becoming accepted as an effective, powerful, and economically sound tool of the engineer, scientist, designer, manager, illustrator, and artist.

Computer graphics entails both hardware and software technology. As with conventional numerical computing, we may have both batch and interactive modes. In the batch (or "passive") mode, the speed with which pictures are generated is of secondary importance, and they may appear on a digitally controlled pen plotter, or a CRT. For the interactive (or "active") mode, the time of picture generation is critical, and the display must appear on a CRT, or a plasma panel.

In the early days of computer graphics, primary attention had to be given to the hardware. This is much less true today, since excellent high-performance hardware has become available from many manufacturers. Instead, the emphasis has now shifted to the algorithms for generating the various kinds of pictures that are desired (line drawings, grayscale shaded pictures, color pictures, perspective projections of three-dimensional objects, etc.) and to the software for conveniently programming (i.e. "drawing") the pictures.

GRAPHICS SYSTEMS

Timothy' Johnson's paper[2] may be considered an extension of Sutherland's work from two to three dimensions. In a simple, straightforward manner, it guides the reader through the techniques needed to design three-dimensional, planar-faced solids using the orthographic and perspective two-dimensional projections familiar to every engineer and designer. Homogeneous coordinates are introduced to permit 3-D translation, rotation, and scaling to be accomplished with a single matrix multiplication. Johnson adopted this technique from Roberts' work[3] relating to this description of three-demensional solids. The paper addresses many of the subtle problems encountered in trying to design a three-dimensional plane. In a real sense, this paper is as much the forerunner of 3-D graphics as Sutherland's first paper is the forerunner of computer graphics in general.

Already in Sutherland's paper, the need is pointed out for structuring the image-defining data in a way that will facilitate the various manipulations one needs to perform on the data in an interactive computer environment. In succeeding years, this realization was strongly reinforced as more researchers took up the challenge offered by computer graphics. Data transformations known to be conceptually simple could become horrendously costly in computer time without careful attention to data structure. Indirectly, in the progress of studying how to do graphics with a computer, much insight was gained in howwe humans perceive 2-D and 3-D structures and subconsciously draw on much "world knowledge" available to us. The development of effective data structures was recognized as one of the key challenges facing computer graphics; and much attention was devoted to it.

GRAPHICS FACILITIES

Interactive computer graphics – the word "interactive" is almost always assumed when one refers to computer graphics – requires the availability of a display medium in which a picture can appear within a fraction of a second after all the necessary data for it have been generated by the computer.

The "third-generation" graphics terminals, rather than relying on software to perform the transformations of scaling, translating and rotating, are equipped with special high-speed hardware which is used to perform these transformations "on the fly" – that is, in a continuous manner as the image-describing data list ist converted by the display processor to electrical analog signals which cause the desired deflections of the CRT beam. As a result, the transformations are accomplished essentially without any loss of time. Previous graphics terminals permitted the display of "moving" images by having the display processor transform (scale, translate and rotate) slightly the images from one display frame to the next. This worked well for simple images (generated by small image lists). For larger images, even the most powerful computers proved unable to compute the required transformations fast enough to permit refreshing the image at the required 30 frames per second. Unpleasant flicker of the image was the inevitable result. Also, recognizing the importance of fast transformation for 3-D graphics, Hagan and his associates[4] extended the hardware transformation capability at once to three dimensions. The ready facility for modeling 3-D objects IN MOTION represented an important advance in the field. In more recent years, high-speed digital transformation has replaced the analog circuitry. However, the general design concepts described in this paper still govern the architecture of high-performance graphics terminals.

In recent years there has been an increasing interest in raster displays over vector displays. Raster CRT displays offer the potential avantages of permitting the use of inexpensive black-and-white or color commercial television monitors, of simplifying the refresh problem, and permitting selective erasure. Their main disadvantage is the need for a relatively costly refresh memory, although with the cost of computer memory dropping steadily in recent years, this disadvantage is becoming progressively less important. A second disadvantage is that line drawing data is normally SPECIFIED in vector form, that is, as a sequence of line segments defined in a display file in terms of the coordinates of the lines' endpoints. To display a line drawing on a raster display requires an operation known as scan conversion, in which the original line-segment-defining data is converted to appropriately positioned dots in the bit patterns of sequential scan lines.

Scan conversion is important not only for CRT raster display, but also, of course, for the various raster-scan hardcopy devices such as electrostatic plotters and line printers.

Although line printers were never intended to serve as graphical output devices, their ready availability makes

them appealing for both line-drawing and halftone graphics.

COMPUTER GRAPHIC TERMINALS

It is generally accepted that a computer graphic terminal is defined as one which contains means for graphic output (particularly in the form of a cathode-ray tube display) and means for graphic input (particularly in the form of a hand-operated electronic device for the input of pictorial information and for user interaction with the display). There are innumerable additional features normally associated with such terminals, the most common one being the inclusion of a conventional keyboard, often augmented by a set of special "function buttons", in the user's console. The more sophisticated terminal systems may also include means for quickly generating hard copies of displayed pictures, means for optically scanning hardcopy input drawings, and conventional printers of various types.

Although computer-driven CRT displays were used, particularly for debugging purposes, in some of the earliest digital computer systems, widespread interest in graphic consoles is relatively recent and is due to the great emphasis presently placed on improving man-machine communication. It is clear that the present state-of-the-art in graphic terminals has been reached as a result of 1)efforts to satisfy requirements for military terminal systems to allow machine operations to quickly comprehend and respond to real-time tactical situations, 2) recent improvements in display hardware (e.g. digital-to-analog and analog-to-digital convertors, vector and character generators, etc.); and 3) the development of real-time computer systems which can efficiently handle large numbers of interrupts from peripheral devices.

ALGORITHMS FOR LINE AND CURVE GENERATION

A subject of considerable importance to both designers and users of computer graphics systems is the development of efficient algorithms for generating lines and curves. Since a refresh vector display image must be redrawn at least 30 times per second, the amount of picture data that can be displayed depends critically on the speed with which the data can be generated. Much effort has gone into the development of fast, hardware algorithms for generating vectors, characters, circles, and free-from curves. The problem is equally important when display output is to appear in hard copy on a digitally controlled pen plotter or a raster-line plotter.

The paper by Bresenham[5] is generally recognized as the first in which the generation of a digital line segment was methodically examined. The paper addresses the problem of finding the best digital approximation to a line segment specified by the coordinates of its endpoints. In a sense, it describes a "software vector generator" for a digital plotter.

A digital plotter consists of a pen that can be controlled to move stepwise in a unit distance forward or backward in the x direction, a unit distance (forward or backward) in the y direction, or any combination of both simultaneously. In effect, the pen is constrained to move from one node of an implicitly defined square mesh to one of the neighboring modes. It is thus not possible to draw a true straight line segment at any arbitrary angle. Instead every "straight" line segment – and, in fact, every curve – must be approximated by a chain of tiny, fixed-length line segments. The result is what is called a DIGITAL STRAIGHT LINE. Exactly the same effect is obtained if a line or curve is to be drawn with an electrostatic plotter (or simply with a line printer). However, in this case the curve is approximated by a chain of dots (characters, in the case of the line printer) located at the mesh nodes, rather than by tiny line segments connecting mesh nodes.

The problem of finding the "best" such digital approximation to a curve has interested a number of investigators. Some have concentrated on algorithms for which the approximation deviates a minimum from the true curve; others have shown a willingness to accept greater deviation in exchange for more rapid (or simpler) computation.

Efficient algorithms for generating good-quality digital approximations for a large class of mathematically defined curves, for the generation of digital "circles" and "free form" curves have been developed in the seventies.

GRAPHICS LANGUAGES

The usefulness of a computer graphics system is strongly dependent on the effectiveness of the language available for creating the required abstract geometric structures and for displaying them on a CRT or plotter. Languages for computer graphics – just like computer languages in general – can be grouped into 1) low-level, assembly-type languages, 2) high-level, procedure-oriented languages, or 3) high-level, process-oriented (application-oriented) languages. During the early and middle sixties, researchers developed a variety of graphics systems in striving to facilitate the application of computer graphics in a broad range of problems. In general, the early attempts at designing graphics languages emphasized the generation of line-drawing output and were confined to the use of graphical primitives in what were essentially assembly-type languages.

GENERATION OF HALFTONE IMAGES

Almost the early work in computer graphics was concerned with vector-type graphics – that is, output was displayed on a CRT whose beam was made to trace out the actual lines of the generated line drawing. This was fully satisfactory for all forms of engineering drawings and most architectural drawings. However, it did not readily lend itself to generating halftone images that could be used for displaying an object in terms of shaded or textured surfaces. Interest in generating halftone images finally developed in the late sixties. One of the first dealing with this topic was Bouknight[6] from the University of Illinois at Urbana. The algorithm he describes can be regarded as an extension of the Warnock[7] algorithm over which it achieved a considerable speed improvement by scanning the image in raster fashion. It thus not only generated a halftone picture but simultaneously was able to remove hidden surfaces. Its use, however, was limited to planar-faced objects.

A major advance in the rendering of halftone images was made by Gouraud[8]. Gouraud approximated curved surfaces by means of small polygons so that discontinuities in shading at the boundaries would be eliminated. He was able to generate pictures of curved surfaces having remarkably smooth textures. The application of Watkins' algorithm readlily permitted the elimination of hidden surfaces.

Catmull[9] of the New York Institute of Technology found

a method for producing shaded images of curved surfaces based on the use of curved (bicubic) patches rather than polygons. The patches are as small as a raster element. Pictures of unusual realism were obtained, including pictures of "transparent" objects. The work in many ways represents the achievement of truly quality-textured pictures.

A careful study of the problem of computing the intensity for each pixel of a shaded raster-display picture was made by Blinn [10] of the University of Utah.

COMPUTER ANIMATION

Interest in the use of computers to generate motion pictures developed almost immediately with the advent of computer graphics. As early as 1964, Knowlton[11] published a paper describing the computer production of animated movies. This was rapidly by a virtual explosion of activity in this field. Initial efforts were concerned primarily with simulated motion of fairly simple objects. The images were line drawings, and the objects were limited to polygons or 2-D projections of polyhedra. In all but the most trivial cases, no provision for hidden-line elemination was included.

A major advance in computer animation occurred with the publication of Ronald M. Baecker's 1969 paper which is based on his doctorate thesis for his PhD at the Department of Electrical Engineering at M.I.T Baecker carefully examines the requirements for an interactive computer animation system, and then, in a step-by-step manner, traces through the various tasks necessary to obtain a computer-generated movie. The paper provides an excellent introduction into all aspects of computer animation and should be regarded as "must" reading for anyone interested in this field.

Animation is the graphic art which occurs in time. Whereas a static image may convey complex information through a single picture, animation convey equivalently complex information through a sequence of images seen in time. It is characteristic of this medium, as opposed to static imagery, that the actual graphical information at any given instant is relatively slight. The source of information for the viewer of animation is implicit in picture change; change in relative position, shape, and dynamics. Therefore, a computer is ideally suited to making animation "possible" through the fluid refinement of these changes.

Mc Laren's description of animation:

Animation is not the art of DRAWING-that-move but the art of MOVEMENTS-that-are-drawn.

What happens BETWEEN each frame is more important than what exists ON each frame.

Animation is therefore the art of manipulating the invisible interstices that lie between the frames. The interstices are the bones, flesh and blood of the movie; what is on each frame, merely the clothing".

Although the computer's entrance into animation has been a recent one (1964),[11] the growth of interest and activity has been phenomenal. Experience to date strongly suggests that the following statements are true:

1) The animated display is a natural medium for the recording and analysis of computer output from simulations and data reduction, and for the modeling, presentation, and elucidation of phenomena of physics, biology, and engineering [12-15]. Depiction through animation is particularly appropriate where simultaneous actions in some system must be represented. If the animation is the pictorial simulation of a complex, mathematically-expressed physical theory, then the film can only be made with the aid of a computer.
2) The computer is an ARTISTIC AND ANIMATION MEDIUM, a powerful aid in the creation of beautiful visual phenomena, and not merely a tool for the drafting of regular or repetitive pictures [16-19].

Three aspects of the role of direct graphical interaction in computer graphics are particularly relevant to computer animation:

1) The availability of immediate visual feedback of results, final or intermediate;
2) The ability to factor picture construction into stages, and to view the results after each stage; and,
3) The ability to sketch pictures directly into the computer.

The power of immediate visual feedback in animation is striking. The computer calculates, from its representation of a dynamic sequence, the individual frames of the corresponding "movie". Like a video tapoe recorder, it plays it back for direct evaluation. A small change may be made, the sequence recalculated, and the result viewed again. The cycle of designation of commands and sketching by the animator, followed by calculation and playback by the computer, is repeated until a suitable result is achieved. The time to go once around the feedback loop is reduced to a few seconds or minutes. In most traditional and computer animation environments, the time is a few hours or days. The difference is significant, for now the animator can see and not merely imagine the result of varying in movement and the rhythm of a dynamic display. Thus he will be led to perfect that aspect of animation that is its core: control of the changing spatial and temporal relationships of graphic information.

Interactive computer-mediated animation is the process of constructing animated visual displays using a system containing, in one form or another, at least the following eight components:

Hardware:

1) A general-purpose digital computer.
2) A hierarchy of auxiliary storage. This is listed separately to emphasize the magnitude of storage required for the data structures from which an animation sequence is derived and for the visual images of which it is composed.
3) An input device such as a light pen, tablet plus stylus, or wand, which allows direct drawing to the computer in at least two spatial dimensions. The operating environment must, upon user demand, provide at least brief intervals during which the sketch may be made in real time. The animator must then be able to draw a picture without any interruption. Furthermore, the computer must record the "essential temporal information" from the act of sketching. Sampling the state of the stylus 24 times per second often suffices for our purposes.
4) An output device, such as a standard computer display scope or a suitably modified TV monitor, which allows the direct viewing of animated displays at a rate such as 24 frames per second. This is essential to enable the interactive editing of animation subsequences. The final transmission of a "movie" to the medium of photographic film or video tape can but need not use the same mechanisms.

Software:

5) A "language" for the construction and manipulation of static pictures.
6) A "language" for the representation and specification of picture change and the dynamics of picture change. We shall introduce in this paper methods of specifying dynamics not possible with traditional animation media and not yet attempted in the brief history of computer animation.

7) A set of programs that transforms the specifications of picture structure and picture dynamics into a sequence of visual images.
8) A set of programs that stores into and retrieves from auxiliary memory this sequence of visual images, and facilitates both its real time playback for immediate viewing and its transmission to and from permanent recording media.

With the development of raster graphics in the early seventies, efforts were soon made to generate moving raster images. The work of Wylie, et.al. (1967), Gouraud (1971), Warnock (1969), and Watkins (1970) provided an excellent background for the human-face animation developed by Parke[20] of the University of Utah, Computer Division (1972).

Parke's paper describes the representation, animation and data collection techniques that have been used to produce "realistic" computer generated half-tone animated sequences of a human face changing expression. It was determined that approximating the surface of a face with a polygonal skin containing approximately 250 polygons defined by about 400 vertices is sufficient to achieve a realistic face. Animation was accomplished using a cosine interpolation scheme to fill in the intermediate frames between expressions. This approach is good enough to produce realistic facial motion. The three-dimensional data used to describe the expressions of the face was obtained photogrammetrically using pairs of photographs.

The human face is a challenge for computer animation for at least two reasons. First the face is not a rigid structure but is a complex flexible surface. How is the motion of such a surface specified? Secondly faces are very familiar to us, we have a well developed sense of what expressions and motions are natural for a face. We notice small deviations from our concept of how a face should appear.

Activities in computer animation have become so vast and widespread that it is impossible even to summarize them. A large collection of computer-generated films – some of outstanding quality – exists, and representative samples can usually be seen at the various annual computer conferences. Of particular interest to a reader seeking insight into this early stage should be the works of Whitney (1968), Max (1975), Csuri (1975) and others still to be named.

The refinement of computer animation systems to permit persons with minimal computer knowhow to generate animated films in described in the paper by Hackathorn [20] of the Computer Graphics Research Group at the Ohio State University under the direction of Charles Csuri. A powerful, full-color 3-D animation system is described. The system utilizes a sophisticated animation language. The entire system was implemented on a relatively modest-size minicomputer.

An animation software system has been developed at the The Computer Graphics Research Group which allows a person with no computer background to develop an animation idea into a finished color video product which may be seen and recorded in real time. The animation may include complex polyhedra forming words, sentences, plants, animals, and other creatures. The animation system called Anima II, has as its three basic parts: a data generation routine used to make colored, three-dimensional objects, an animation language with a simple script-like syntax used to describe parallel motion and display transformations in a flexible, scheduled environment, the Myers algorithm used in the visible surface and raster scan calculations for the color display.

The development of computer generated „solid" object animation is changing the way an animator approaches the documentation of an idea. Conversational animation involves drawing and redrawing planar images on each frame throughout the entire sequence. Image creation and image animation are very often the same process. But in a 3-D computer animation environment, the user first builds a colored object then animates it and these processes are separate. The approach of 3-D color animation is similar to that found in other disciplines such as cinematography, theatre and choreography.

In the mid seventies a trend begun in which computer animation began moving away from the domain of the computer engineer and entering that of the professionals filmmaker, a sign that the field has truly matured. By the second half of the seventies, extensive use of computer animation was being made to create the educational and entertainment films of commercial quality for both the movie and television industries.

III

DIGITAL IMAGES AND THE COMPUTER COMMUNITY

The use of computers is proliferating in the arts of film and video. Computers are used for all aspects of the production process. In the form of microprocessors they are internal to virtually every device, and in the area of machine control, computers are fundamental to every procedure. Computers are integral to the very language and notation of these kinetic art forms which deal with the concepts of light, color and motion in time and space.

The advent of computer graphics in popular culture, such as special effects for film and commercial advertising, has resulted in the emergence of facilities where artists have helped to direct the focus of research and exploration in image generation and synthesis. Their input has also affected the development of hardware and software systems.

Concurrently, the tremendous effect of personal computers and video game technology on the creative process and art is just beginning to be ascertained and acknowledged. While practitioners of more traditional art forms such as painting, sculpture and printmaking are now questioning the validity of the computer in their media, film and video artists have always struggled with such concepts as the human/machine interface and the collaboration of the artist/technologist. These artists' achievements, and the resounding acceptance of their art form in major museums and art institutions around the world (as evidenced by this festival), has served to free these artists from questioning the validity of technological art.

It is therefore not surprising that these artists are responsible for some of the most remarkable achievements in the field of computer art. They are artists who have embraced computers as tools of artistic expression to either modify imagery or create entirely new visual realities.

The digital image, computer animation and graphics are the most significant technological advances in the moving image since the very invention of film. At present, advances in computer animation (cartoon trick films produced by computers) are being made in the following areas: universities, industry and art. A particularly interesting aspect of this development are the cross-connections between these three areas which are representative of individual work as well as of the whole

state-of-the-art.
Researchers are leaving the university for industry, artists are moving into the university and commercial areas, engineers are switching over to art.
In the process, encounters occur between the three, involving joint work.

The following universities are leading in the theoretical research basic for both hardware and software in computer culture and technology as well as in the practical implementation of this: New York Institute of Technology, the Harvard Computation Laboratory of Harvard University, Carnegie-Mellon University, the Universityof Utah in Salt Lake City, the Massachusetts Institute of Technology, the Berkeley Computer Graphics Lab of the Computer Graphics Lab of the Computer Science Division, the Xerox Palo Alto Research Center, the University of Illinois in Chicago, the California Institute of Technology, etc.

Influential in computer industry are not only military institutions such as NASA which receive exorbitant sums and have thus been able to make great advances, in computer animation, but also film and commercial firms such as George Lucas Ltd., Robert Abel Associates, Cranston-Csuri, Digital Effects, Digital Production. These firms produce special effects with computer graphics for movies and commercials. etc. Also firms such as Atari, Apple etc., which manufacture personal computers and video games, as well as Bell Telephone Laboratories, IBM, etc. deserve mention when one speaks of the computer communication revolution. Third, there exists a group of artists who in part depend on institutions and industry for support. Before I proceed to describe some of the most important examples of the cooperation between computer and art, I would first like to deal with some of the crossconnections existing between research, industry and art which are typical ofthe advent of computer culture. Additional useful information on this topic can also be found in the bibliography.
Tom A. DeFanti is professor at the Department of Electrical Engineering & Computer Science of the University of Illinois in Chicago. He is a computer specialist and computer artist and is presently serving as chair of the SIGGRAPH group. Together with Dan Sandin, Bob Snyder and Jane Veeder (on whom Gene Youngblood has written an article, so that it isn't necessary to go into detail here) and others, he belongs to the Chicago Circle of Computer Art. His computer graphics language ZGRASS, designed for real-time interaction has been used by both Jane Veeder and Larry Cuba (Santa Cruz). Dan Sandin's Digital Image Processor as well as Woody Vasulka' Digital Image Articulator are among the best tools for the further processing of images. Ed Emshwiller can be named along with Veeder and Cuba as one of the leading computer artists. His famous production SUNSTONE (1979) – 3 minutes produced in 3 months at the New York Institute of Technology directed by Alexander Schure – was programmed by Lance Williams and Alvy Ray Smith who works today for Lucas Film. Frederic I.Parke (see his article on the computer animation of faces, 1972) did his doctoral work at the University of Utah. He now works as professor of computer science at the New York Institue of Technology and runs its Computer Graphics Laboratory where also Paul S. Heckbert works on the subject of "Beam Tracing Polygonal Objects".

George Lucas Film Ltd. in San Rafael, California appears to be the major center of advanced computer graphics, digital image synthesis and computer animation. Ed Catmull, who was formerly at the University of Utah and has written important articles on computer graphics, also works for Lucas Film. There, he is developing "an analytical visible surface algorithm for independent pixel processing" which is so important for Pixar. Loren Carpenter, whose film VOL LIBRE (2 min.), a computer-simulated trip through a mountain landscape, is a classic of visual work, is now working at Lucas Film on the development of algorithms for hidden surfaces (the A-Buffer, An Antialiased Hidden Surface Method). Adam Levinthal is working at Lucas Film on a "Chap – a SMID Processor"; Rob Cook is concentrating on "distributed ray tracing", one of the newest techniques with which realistic images can be generated on the basis of reflections and shadows. Curtis Abbott, also at Lucas Film, is working with digital sound. Others working at Lucas Film are Rodney Stock, Thomas Porter, Tom Smith, and William Reeves. Stock is the Graphics Engineering Manager and together with the above-named, participated in the project PIXAR. Apart from his film productions (e.g. STAR WARS), George Lucas' major concern is developing a special technique for digital filmprinting and for the synthetic generation of images for film, which allow an interactive playing with the monitor producing the imagery that I want to see, such as pictures from the air. These pictures obey my input and control mechanisms (e.g. a flight around a rock in a canyon).

Stock used to work as graphics designer at Adage Inc., which developed a graphiccs terminal (Stock did the vector generation). He went on to work for Evans & Sutherland Corporation, where he did hardware for flight simulation and contributed to the development of hardware for the Ampex Video Art Paint System[6].
As you see, also the pioneer of computer graphics, I.E.Sutherland of University of Utah (see his work from 1963) runs his own computer firm where also Robert Schumacker, Michael Cosman and, of course, David Evans work. Like Atari, Real Time Design in Chicago, etc. it develops interactive computer graphics systems. James T. Kajiya did his doctorate work at the University of Utah, then worked for Evans & Sutherland Computer Corporation and today is professor at the California Institute of Technology.

In the late seventies, important articles on computer graphics were written by James F. Blinn who is also a graduate of the University of Utah and is now working at the Jet Propulsion Laboratory of the California Institute of Technology which has produced computer-generated animations for NASA and the famous TV-series COSMOS. Thomas Spencer and Richard R. Riesenfeld are also from the University of Utah. Riesenfeld has written important articles and is head of the Computer Science and Computer-Aided Geometric Design Group. The University of Utah, the New York Institute of Technology and Lucas Film Ltd. seem to be the strongholds in the development of the digital image and interactive computer graphics systems.

Computer commercials or High Tech commercials are commercials that are actually produced with computers or have a neon-like computer look. Such high technology commercials and special effects for movies are produced by firms such as Robert Abel Associates, Hollywood or Digital Effects Inc., New York or Cranston-Csuri Productions in Columbus, Ohio or the Entertainment Effects Group from Douglas Trumball, Adrian Malone Production or Digital Productions, both in Los Angeles. Judson Rosebush who has written much on this topic is the founder and president of Digital Effects Inc. Jeffrey Kleiser and Donald Leich work there in the computer animation division. Donald L. Stredney and Wayne Carlson are computer animators at Canston-Csuri. Charles A.Csuri not only produced a famous computer film in 1967, but also wrote important articles on computer animation during the seventies. Robert Abel studied under John Whitney Sr., the pioneer of the digital image and computer film and visual music at the University of California, Los Angeles. His best co-worker is Bill Kovacs. Pat O'Neill, the famous avantgarde filmma-

ker on the west coast in the sixties, has worked sporadicially for Robert Abel as well as for Larry Cuba, in addition to his production of abstract psychedelic films in the seventies.

High Tech Videos for the general public, such as rock videos, are made by Todd Rundgreen (UTOPIA VIDEO, WOODSTOCK IN NEW YORK) – see his project WILL POWERS produced in 1983 with Lynn Goldsmith for Island Rec. – or Michael Nesmith, Bill Etra (DIGITAL IMAGE), Steve Rutt (LASER TV) etc. Artistic laser TV, laser disc programs, satellite TV projects are produced by Mobile Image (Kit Galloway/Sherry Rabinowitz).

The most interesting example of the interrelationships between art and High Tech businness is Digital Productions in Los Angeles, which was founded by John Whitney Jr., the son and former co-worker of John Whitney Sr., the artistic pioneer of computer film, and Gary Demos.

Two further co-workers under 60 are Craig Upson who worked together with the computer pioneer, Nelson Max on developing cloud movements in computer animation, and Sherry McKenna who worked with Robert Abel on his famous "7-Up Bubble Commercial". Gary Demos, 32, worked as assistant for Whitney Sr., who produced his first computer film CATALOG in 1962. Larry Cuba contributed to the programming of ARABESQUE (1975), 6 min.

The technique was developed by Information Internation Inc. (Triple) in 1974, the foreruner of Digital Productions. Digital Productions specializes in digital scene simulation, that is, computer-generated images that realistically simulate 3-D objects and events. With the help of the super computer Cray-1 and other new techniques Gary Demos developed the sophisticated software program at Digital Productions.

John Whitney, Jr., 37, the son of John Whitney Sr., produced TERMINAL SELF in 1971. In this project he departed from the geometrically rigid computer films and achieved a spatial effect with figurative means. He has also sporadically worked together with the concept artist Micheal Asher in a film by the latter. Whitney Jr. has worked together with his father since he was 15, produced his own abstract film and designed a number of computer systems such as the Hybrid Optical Printer. In 1973 he was nominated for an Oscar for his contribution to WESTWORLD. Presently, the firm is working on a 20-30 minute long digital scene simulation for the movie THE LAST STARFIGHTER. Also in preparation are digital scene simulations for the film 2010, the follow-up of 2001. Sensational about digital scene simulation is that it aims at creating computer scenes that are indistinguishable from nature as well as realistic scenes non-existant in nature. For this purpose, the firm owns the world's most rapid super-computer CRAY 1 (costs 12 million Dollars), a number of VAX and IBM small computers, 4 machines for transforming video into 35 mm film, 2 film scanners, 3 Evans & Sutherland image systems and 3 IMI motion systems for attuning the interactions with the objects. This is ushering in the future of electronic film: a movie simulated 100 %, with scenes that are still photographically so realistic that the audience is not ableto distinguish real live action from the simulated one. Digital scene simulation is the future of the digital image, of digital art. The example of Digital Productions and the relationship of father to son shows how a formerly marginalized form of art as the abstract graphic film can become the centerpoint of a new industry. Also, it becomes clear that the experience and efforts over many years in avantgarde-film, in particular, in abstract film (from V. Eggeling and C. Fischinger in the twenties to the Whitney brothers, James and John, in the forties) pointed in the future and laid the foundations for a technological revolution of industry. From abstract film to simulation computer film, a new form of film is evolving, a new form of visions and unlimited manipulation of visual data. Since the computer-generated imagery can be storaged on both video and film and also be mixed with real scenes, computer animation incorporates the future, the future can be named digital image.

DIGITAL VIDEO

A preliminary stage of this development is the integration of video and computer technology: the digital video. This amalgam is inherent to video itself. In film the picture frame remains untouched; only from the collision of two frames, from the interval of two frames was it possible to construct meaning, motion, action. By contrast, in video, it is possible through computer technology to manipulate each single pixel's color and form by means of a computer. The access to each of the 1000 pixels of 1000 video lines by means of the computer and the possibility to change each single pixel as one pleases, allow for individual, subjective manipulation of the image as in painting and an authentic representation as in photography. After fire and electricity, the digital image stands for the third prometheic instrument of artistic representation, that is, simulation. The highly advanced technology of the digital image, its potential for simulation through computer technology, give the individual unlimited access, unlimited possibilities to construct a new visual culture, a new democratic Renaissance.

SOME ARTISTS AND THE COMPUTER

LARRY CUBA

When Luke Skywalker in George Lucas' STAR WARS flew with his warplane across the canyon of DEATH STAR to attack the thermic target of annihilation, it was not force that was guiding him, but rather Larry Cuba, the young computer animator who was showing him the way. The digital animation developed by Cuba showed diagrams on the screen: mathematical models of the canyon's forms, computer diagrams of the canyon's forms, computer diagrams of the canyon's physical structure. The computer then drew a series of perspective projections of the canyon as seen through the eyes of the pilot flying through it.

In Cuba's own films, the synthesis of art and technology results in visually surprising and convincing forms. Cuba's forms and rhythms, his exploration of the perception of motion, the metamorphosis of forms are based on mathematical formulas. He uses computer programs (an ordered series of commands for a data processing machine) as an "ELECTRIC PAINTBRUSH". "THE PROGRAM ITSELF IS THE TOOL FOR GENERATION IMAGES. It is more a linguistic tool than a physical one. I concentrate more on howto create programs than on using old technical instruments as for instance the optical printer. It is not the individual frame, the single image that interests me as much as the motion, the rhythms, the timing which are the basis of a film, of form in motion."

Larry Cuba became interested in computer graphics as a student of architecture at the Washington University in St. Louis. From 1972 on, he studied at the California Institute of the Arts (Cal Arts). It was here that he created his first computer-animated film, FIRST FIG (1974). He also worked together with John Whitney Sr., the pioneer of computer animation. For Whitney, he did the programming for the film, ARABESQUE (1975). The program for FIRST FIG was in Fortran, a computer language not exactly suited able for computer graphics. But at the time, it was the only one that he could have access to on weekends at a firm. Through this experience, however, he gained the computer and mathematics background that he needed for his further artwork. In this system of programming he never could see the graphic results right away but always had to wait several days. This might be compared to a composer who hits a key on the piano and has to wait a week until he actually hears a sound. Cuba then moved to Chicago where he worked in the art department at the University of Illinois, the homebase OF THE CHICAGO CIRCLE OF COMPUTER ART (Jane Veeder, Tom DeFanti, etc.) Here he began experimenting with Tom DeFanti's computer language, GRASS (Graphic Symbiosis System). New in this system was that the computer draws the results of the programming commands in real-time. Cuba went on to work for the renowned high technology commercial company, ABEL AND ASSOCIATES in Los Angeles. He programmed the brilliant zooms which can be seen nowadays in many TV commercials. At the end of 1975 he was asked to make a short computer animation sequence for the movie STAR WARS by George Lucas. In 1976 Cuba returned to Chicago for this purpose to work with the GRASS system again. It took him 3 months to make the two minute sequence a computer animation, only the second one to appear in a movie. Cuba could have made a much more accomplished computer graphics, one looking more like photography than diagrams, but Lucas wanted the simulation to have a computerish look. Thus the viewer sees the simulation of a computer diagram of Death Star on Artoo Detoo's Memory Bank in the rebel's information room.

Back in Los Angeles in 1977, Cuba worked with the programming language, RAP at Information International Inc., which later became John Whitney Jr.'s DIGITAL PRODUCTION. He used RAP to create the picture material for TWO SPACE. After he no longer had access to RAP, Cuba became a research associate at the University of Illinois' art department in 1977. Once the language GRASS had been refined and modified to meet the demands of STAR WARS, Cuba used it to make the film "3/78".

GRASS was created for artists who are not familiar with programming, since the designers of computer languages generally have little confidence in the mathematical background of the users. Cuba believes this to be a misconception. He himself prefers computer languages with implemented mathematical models, since he wants to be able to control the image through the programs.

On the move beween L.A and Chicago, Cuba returned to California in 1978 and resumed work on TWO SPACE, an abbreviation for two-dimensional space, which actually signifies surface, since a surface is characterized by both length and width, that is, two dimensions. TWO SPACE is built on the basis of the symmetric properties of a surface, as specified in mathematic terms in group theory. 17 different kinds of patterns can be constructed out of one single figure, something already discovered by Islamic artists. Cuba believes that the mathematical transformation of patterns in Islamic ornamentalism is an indication that "in the Arabic civilization, THE ARTIST AND THE MATHEMATICAN WERE ONE" (J. Bronowski, The Ascent of Man).

After he completed TWO SPACE in 1979, Cuba worked as a computer graphics consultant for Rand Corporation and began developing his own more flexible programming language with which he could work frame by frame. Each of Cuba's films is made with a different programming language allowing him to express some ideas and at the same time limiting the expression of other ideas. The tactile interaction with the computer by means of keys, joy sticks and light pens is unsatisfying for him, since his work also involves the exploration of mathematical and theoretical ideas. He views his films as a sort of discovery. He doesn't use the computer to perform a ready-made storyboard, but rather seeks to find pictures with the computerthat transcend his visual capabilities. "I enjoy not knowing what the final images will look like. The whole purpose is to discover something that you normally don't get a chance to see!"

Cuba's DIGITAL COMPUTER ANIMATION which constructs images using mathematical structures and programs them by means of computer languages is a legitimate legacy of the great tradition of the abstract film (from Viking Eggeling to John Whitney Sr.). His computer animation creates an analogy between visual perception and the structure of a linguistic or mathematical system. This is a new field for organizing aesthetic material.

Cuba is especially enthusiastic about THE FUTURE OF COMPUTER ART which, as he believes, lies in the personal computer. As the personal computer becomes cheaper, easier accessible and more popular all the time, computer animation will become accepted as a standard form of communication: PICTORIAL CONVERSATION. Through the personal computer, computer graphics will become a popular means of expression and no longer be limited to artists, as photography also once was. At its beginning in the 19th century, photography was also a very complicated, expensive, semi-scientific medium only accessible to a few artists, professionals and rich amateurs. Nowadays everyone photographs and the exchange of photographs is a normal form of communication. Photography has become a sort of universal picture language. Something similar will take place in computer animation. Home computers will

become as familiar to us as cars, telephones, cameras – sometimes maybe frustrating for us when they don't function the way we want them to, but basically nothing to be opposed to.

ED EMSHWILLER

Ed Emshwiller began his artistic career as a painter and science fiction illustrator. After a decade of experimental filmmaking, he began working on video in the early seventies. In his first videotapes he explored synthesized imagery combining fantasy and dance. Computer animation, in which he "paints with a digital palette", is culmination of his experience as a painter and filmmaker, and is the ideal medium for his fantastic and surreal imagery. The most recent and technically advanced of his animated films is SUNSTONE, which was made over a period of eight months at the New York Institute of Technology (NYIT), where one of the world's most advanced computer-animation systems is housed. SUNSTONE is a pivotal work in computer-generated video and a highly sophisticated exploration of the three-dimensionality possible on the video screen. The tape begins with a gray, rocklike surface on which a round sun face emerges. It opens very realistic eyes, and smiles. The suns facade cracks, and brilliant colors radiate from its head with extraordinary intensity. In a surrealistically stunning display of high technology, this face then appears on one side of a rotating cube whose other surfaces feature moving or still video images. Zooming in on one of the stills, Emshwiller presents an electronic landscape in which a walking figure becomes a rainbow-colored series of outlines.

SUNSTONE, however goes beyond technology as an end in itself. Emshwiller's imagery evokes Marshall McLuhan's theory of "cool" (the cool gray rock surface) and "hot" media (the bright, pulsing orb). By using the universal image of the sun, initally etched in stone and then a cubelike satellite revolving in space, he recapitulates a variety of artistic mediums. Emshwiller's walking figure, frozen in a series of stills, is subtly reminiscent of Eadward Muybridge's photographic motion studies, and by extension, Marcel Duchamp's painting NUDE DESCENDING A STAIRCASE. SUNSTONE'S multidimensional palette fondly refers to earlier art and celebrates the future of electronic art. SCAPEMATES is a unique video – a choreography of images in which electronic forms dance with live figures. A rich imagery in an electronic framework is produced by means of computer graphics and a video synthesizer.

STEINA AND WOODY VASULKA

These two artists are pioneers of computer-generated video art. Steina, who is from Iceland, trained to be a violinist; Czechosolvakian-born Woody studied engineering and worked in film. In 1971 the Vasulkas founded the Kitchen, a small electronic-media theater in New York that has since become a major avant-garde center for video, performance, music, and dance. Several years later they developed the Digital Image Articulator, a complex digital computer that is central to the production of their work. The primary aspect of the Vasulka's work is its technical innovation. Many of their tapes serve as explanations of their pioneering techniques. While they have created many works together, they also work on their own separate productions. (Steina produces individual works under her first name). CANTALOUP is Steina's document/essay about the design, construction, and use of the Digital Image Articulator. The tape was made when the Vasulkas and Schier were eighteen months into the design of this device. Like the image processor designed by Dan Sandin (see SPIRAL PTL, 1981) the Digital Image Articulator was designed specifically for the purpose of studying "real-time" video image performance. Steina's explanations of the machine are heard as we see the digital effects she creates using the spherical shape of a cantaloup as an image source. She describes the varying sizes of pixels (picture elements), the possibilities of multiplying the images, the layers (slices) of color and tone can be derived from one image. ARTIFACTS, by Woody, continues defining the potential of the Imager. "Artifacts" refers to those images produced specifically by Woody, and those arrived at by chance through experimentation, establishing a collaboration between man and machine. He manipulates an image of a sphere into myriad colors, pixels, and grids, and transforms the image of his own hand until it takes on a magical, surreal quality.

Outside of the studio, their imagery takes on a startling dimension. IN SEARCH OF THE CASTLE is an essay on exploration that combines Steina's abstraction of real images and Woody's digital effects. The imagery was taped from a car reflected in a sphere – a recurring theme of her recent work – that provides a distorted, circular image. As they drive through the flat landscape, we see the Vasulkas in combination with their environment. Encapsulated in this computer globe, the Vasulka's imagery is revealed to us as an electronic journey. THE CONNECTION, their last, well-known piece, is about transaction between Paganini and Berlioz. Paganini and E. Gusella and Berlioz are played by Ashley.

TOM DEFANTI AND DAN SANDIN

Dan Sandin and Tom DeFanti have played a major role in the development of image processing and computer graphics in Chicago ever since the early 1970's. Sandin, who came to video and computers from nuclear physics in 1972, built his own image processor. DeFanti designed a computer graphics language, the Graphics Symbiosis System (GRASS), which he combined with Sandin's image processor. He then created ZRASS (see MONTANA, 1982), a computer language designed to allow artists direct access to complex computer graphics. Both Sandin and DeFanti teach at the University of Illinois at Chicago, and designed these systems as teaching tools. Sandin's image processor was designed to teach students about color. ZGRASS was designed to teach computer graphics to engineers and artists. Here an alliance between art and technology can be recognized as well as the importance of direct access to complex technology for artists and of "real-time" systems. The instant feedback of imagery and information encourages spontaneity. SPIRAL PTL is the fifth of a series of "real-time" performances in which Sandin and DeFanti along with other artists produced video synthesis. The "PTL" of the title refers to "probably the last" of the series. The spiral image has been central to their work for many years. Some performances were structured with music being added after the imagery was made and others in which sound dictated the images. SPIRAL PTL is tightly structured with Mimi Shevitz's audio, which varies from electronic buzzes and space-age voices to quieter sounds evocative of running water. Using the image processor like a musical instrument to perform variations on a linear spiral made of dots, DeFanti and Sandin transform this basic shape into an evermoving gyre. SPIRAL PTL is representative of the possibilites of alighning art and technology and of the strong collaboration between audio and video.

RICHARD TAYLOR:

creative director at Magi West Coast, L.A. He used to work for Information International, the company which later became Digital Productions. He is a specialist for Digital Scene Simulation. Also a member of VMA. He worked as special effects-designer for "Tron".

THE JIMI HENDRIX VIDEOGRAM

The Jimi Hendrix home cassette was produced from the VIDEO ARTIST SERIES which was presented by the cable TV program, NIGHTLIGHT. This program included SIGNOFF, a piece by Shalom Gorewitz in which Jimi Hendrix performs 'The Star-Spangled Banner'. The music of the Jimi Hendrix videogram is also available as a new LP that appeared in Juni of 1982 under the lable 'The Jimi Hendrix Concerts Album'. This LP features titles which until now could not be heard on record, such as FIRE, I DON'T LIVE TODAY, RED HOUSE, STONE FREE, HEARTS, HEY JOE, WILD THING, VOODOO, BLEEDING HEARTS, ARE YOU EXPERIENCED, LITTLE WING, HEAR MY TRAIN. The artists who participated in this video project were selected by EAI and VideoGram International under the criterium of their ability to work with imagery and sound. The artists had the possibility to choose the music pieces themselves.

STEPHEN BECK

he began working with light as an artistic medium while a student at the University of Chicago. He worked several years as light technician at the University's studio for experimental music 1971. As artist-in-residence at the San Francisco National Center for Experiments in Television, he designed the direct video synthesizer, an electronic device for generating images without a camera. At present, he is developing electronic systems in which he likes to include the video games and videos he has designed. He runs his own computer firm, Beck-Tech.

FRANK DIETRICH

received his M.A. in media studies from the Technische Universitaet Berlin, Germany and graduated with a M.F.A. from the Electronic Visulization Program at the University of Illinois at Chicago. He has collaborated on large scale video-computer installations and has exhibited and published his work throughout the United States, Japan and Germany. Dietrich has been teaching computer art at the School of the Art Institute of Chicago, West Coast University and Coast Orange College in California.

VISUAL MUSIC ALLIANCE (VMA)

unites those artists who are creating the future of the audiovisual media with electronic means. They work for industry (big film productions), for advertising, for record firms and for pure art. The three-year old organization has its own newspaper THE RELAY. It organizes exhibitions, meetings and conferences. Its members are a unique mixture of art and business: Jo Bergmann used to work together with D. Bowie and is now video director for Warner Bros. Rec. Robert Margouleff did productions for Stevie Wonder and Devo. John Allison, an Emmy awardwinner for special effects, works at "Cosmos". Gene Youngblood is the author of "Expanded Cinema", etc.

DREAM QUEST. INC.,

is the name of a company that does special effects: "Blue Thunder" (directed by J. Badham with Roy Scheider), "The Outsiders" by F.F. Coppola. Scott Squires also did the special effects for "Close Encounters of the Third Kind" (S. Spielberg). Belongs to VMA.

HOMER & ASSOCIATES

is a firm specializing in computer graphics and animation. It uses the computer language FORTH (programmed by Paul Rother) for computer-generated graphic effects and digital painting. The owner of Homer & Associates is Peter Conn, a member of the Visual Music Alliance, who has done a number of music videos; the famous "Abracadabra" (1982) by Steve Miller, among others. He represents a combination of avantgarde (Visual Music Alliance) and industry (rock videos).

BILL SEBASTIAN:

"the color and color genius of the 20th century" (Heavy Metal) developed a system of electronic finger painting, the Outerspace Visual Communicator, a visual synthesizer, in 1978. The artist's hand glides over 400 printing keys which in turn trigger color symmetries and movements. Through rotations, compression, zoom, etc., the video image can be manipulated any time.

JOHN WHITNEY, SR.

1917, born in Altadena, California

Studied at Pomona College in California.

1939, studied music composition and photography in Europe and began his experiments with 8 mm film in Paris. During this period he was strongly influenced by Schönberg, as he himself admits.

1941-45, worked with his brother, James, on abstract films. Developed a machine for producing synthetic light sounds for these films. Since 1966 work on the development of computer graphics sponsored by IBM. Apart from his other artistic activities he has produced a number of short films for CBS Television as well as title sequences for commercial films.

Lives today in Pacific Palisades.

1982, published a collection of essays on the subject of computer animation and visual music: "Digital Harmony".

For more information see the filmography in the German part of the catalogue.

SIGGRAPH

The organization:

SIGGRAPH is the association for computing machinery's special interest group on computer graphics. Its 11.000 plus members share an interest in the theory, design, implementation and application of computer-generated graphics and interactive techniques to facilitate man/machine communication and understanding.

SIGGRAPH publications, slide sets, videotapes and catalogs are a forum for the promotion and dissemination of current computer graphics research, technologies and applications. Its annual conference, complete with courses, technical presentations, exhibits, art show and film video showings, has established itself as the premier industry event.

Local groups of SIGGRAPH currently exist in eight United States areas: Washington, D.C., Princeton, San Francisco, Delaware Valley, New England, Los Angeles, Chicago and Chapel Hill, N.C.

Kunst:
Energie in ihrer
schönsten Form

Mobil