

ARSELECTRONICA

PETER WEIBEL
ZUR GESCHICHTE UND ÄSTHETIK
DER DIGITALEN KUNST

SUPPLEMENTBAND

87
6043
:Suppl.

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

PETER WEIBEL ZUR GESCHICHTE UND ÄSTHETIK DER DIGITALEN KUNST (1984)

Peter Weibel
Zur Geschichte und Ästhetik des digitalen Bildes.

Supplement zum Katalog
ARS ELECTRONICA '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, Landes-
studio 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 Kontinuität arbeitet, und die elektronische Abbildungstätigkeit eben digitaler Natur ist, also mit kleinsten, diskontinuierlichen, nicht-homologen 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.

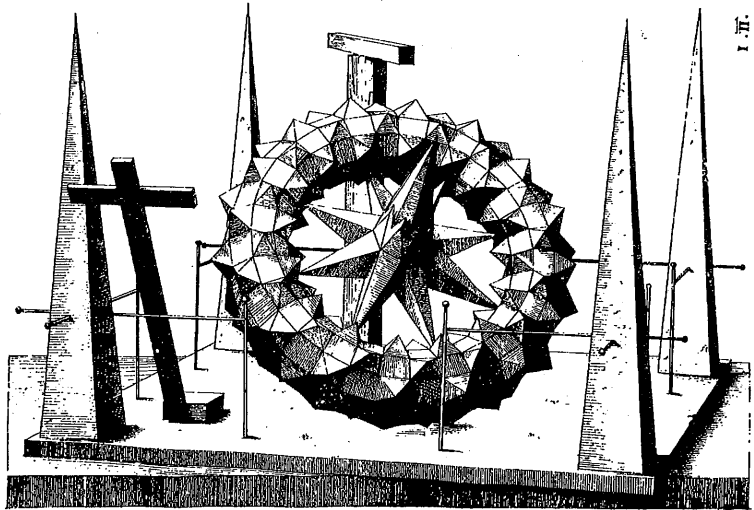
DIGITALE KUNST

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.

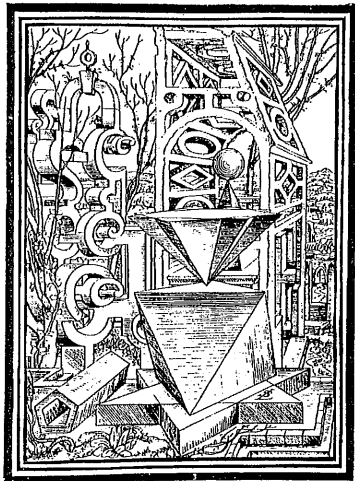
Und genau das macht ja die digitale Kunst, analoge Vorgänge der Natur digital darzustellen bzw. aus Ziffern analoge Bilder zu erzeugen. Ein Computer kann eben aus Punkten, die einer Zahl entsprechen, auf dem angeschlossenen Bildschirm eine Linie erzeugen. Der Bildschirm ist dabei eine Art Zahlenfeld, wo jede Zahl, die aus einer Ziffer (= digit, engl.) oder einem Ziffern paar 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, schauen beiläufig 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.

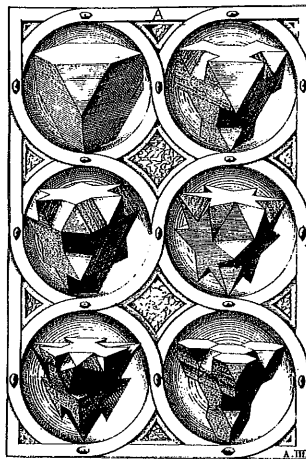
Wenn Sie sich nun vorstellen, daß diese Zahlen- bzw. Punktmenge nicht einfach durch die Abtastung mit einem Strahl aktiviert wird, der einem eingegebenen Bild folgt wie es beim Fernsehen der Fall ist, sondern einem Computer zur Berechnung gegeben wird, kann man sich ausmalen, welche große Zahl von Rechenoperationen 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, wie 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 Bewegungsimulierung und Repräsentanztreue so niedrig, weil die in den Mikrochips implementierten Rechenvorgänge nicht mehr zu leisten vermögen. Das gleiche gilt natürlich auch für die Personalcomputer.

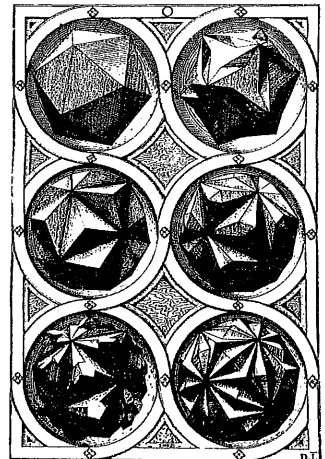
Bei den digitalen bewegten Bildern, der digitalen Computeranimation, wird also nicht nur nach Monitoren mit immer größerer Auflösung gedrängt, sondern auch nach immer größeren und schnelleren Supercomputern, denn nur diese können die riesigen Rechenoperationen durchführen, die notwendig sind, damit die vom Computer ziffernmäßig (digital) hergestellten Formen, Farben und Bewegungen auf dem Bildschirm oder (durch Laser übertragen) auf dem Filmstreifen so anschauen, 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 ultimative 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 vereint 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

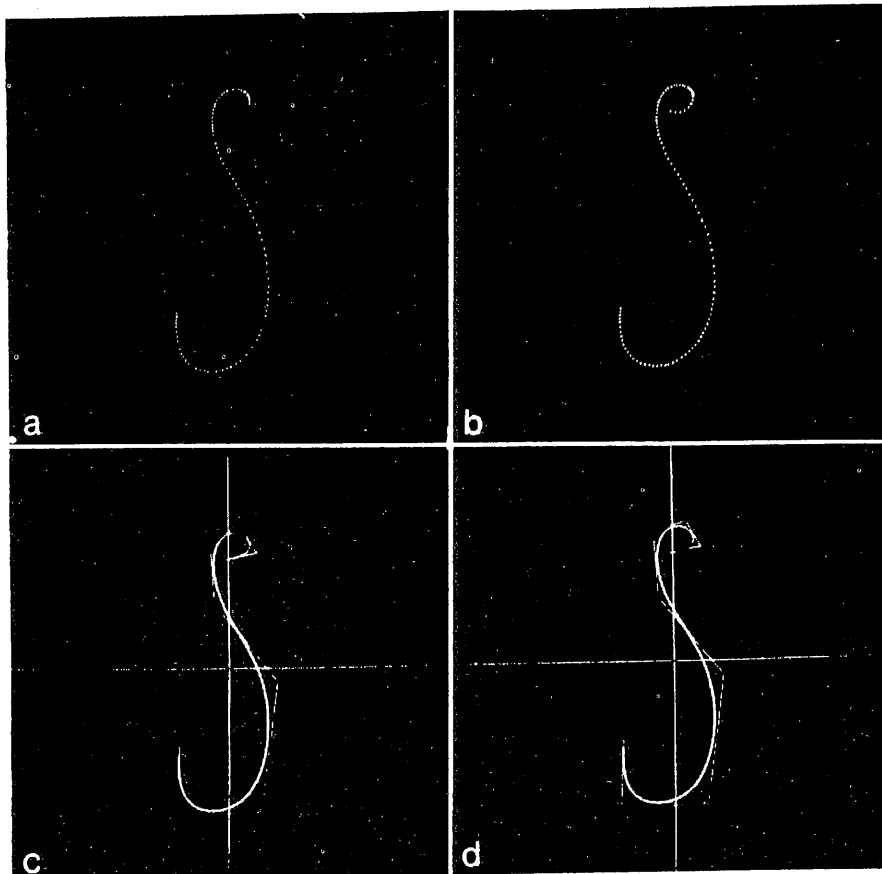


Kunst von ihrer quälenden und beengenden Mechanik, sondern befreit das Bilddenken schlechthin von vielen Zwängen, ist also der erste reale Vorschein des "befreiten Bildes" (sowie der digitale Klang des "befreiten Klanges"), dessen Programm um die Jahrhundertwende angeschlagen wurde.

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, flüssi-

gen Elementen. Andererseits 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.

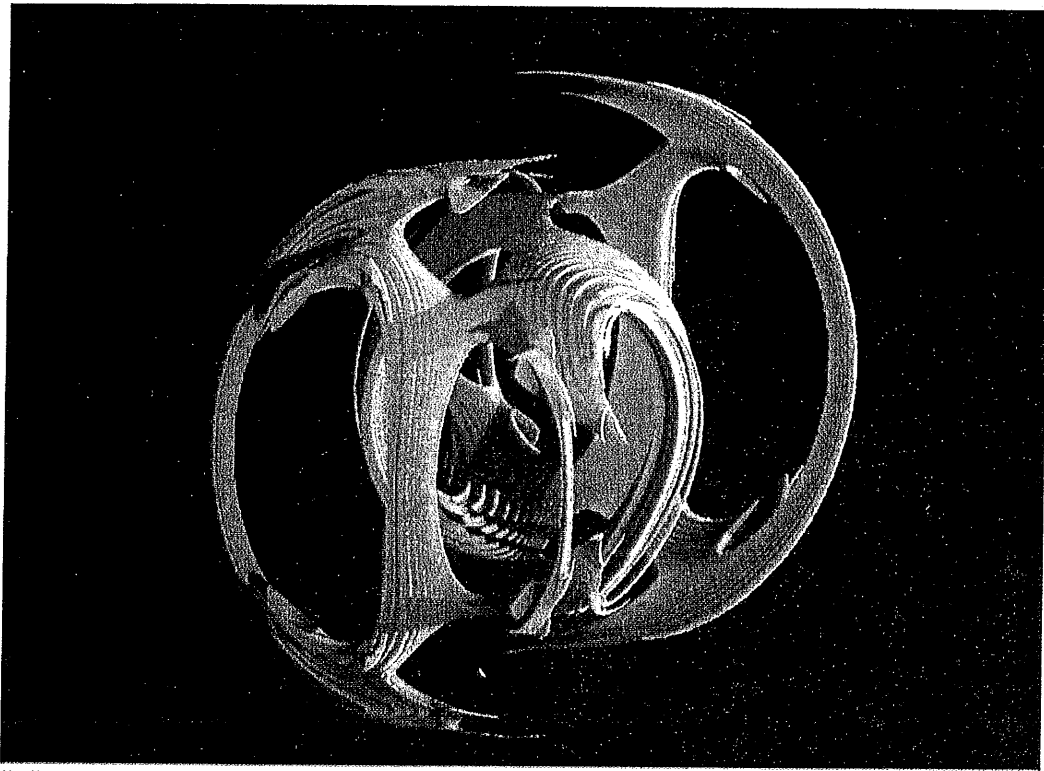
DIGITALE ÄSTHETIK

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

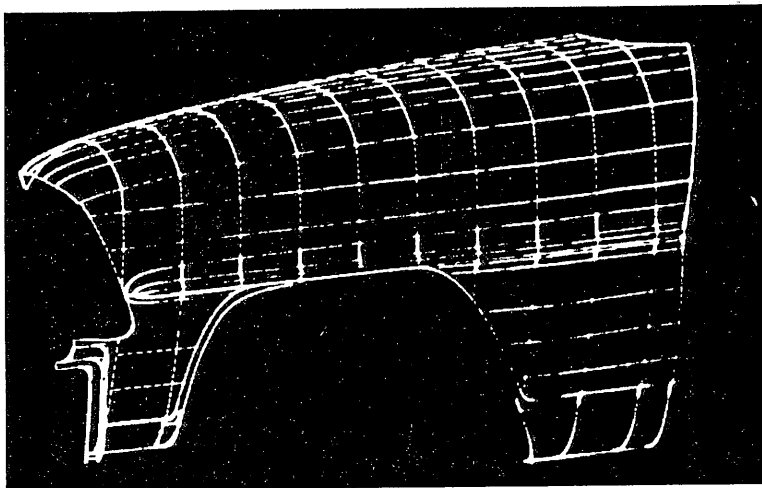
der eine pflanzt den passiven Konsum konventioneller Bildcodes fort, während der andre Interaktion mit neuen Bildcodes abverlangt. Die Transformation des TV-Schirms zum Computer-Schirm durch die an den TV-Apparat angeschlossenen Videogames-Displays, die aus einem traditionellen statischen Bildobjekt ein Computergerät machen, bedeutet auch eine andere Verwandlung: der Bildschirm erhält plötzlich eine neue Ästhetik der Information und Kommunikation, eine Ästhetik 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,

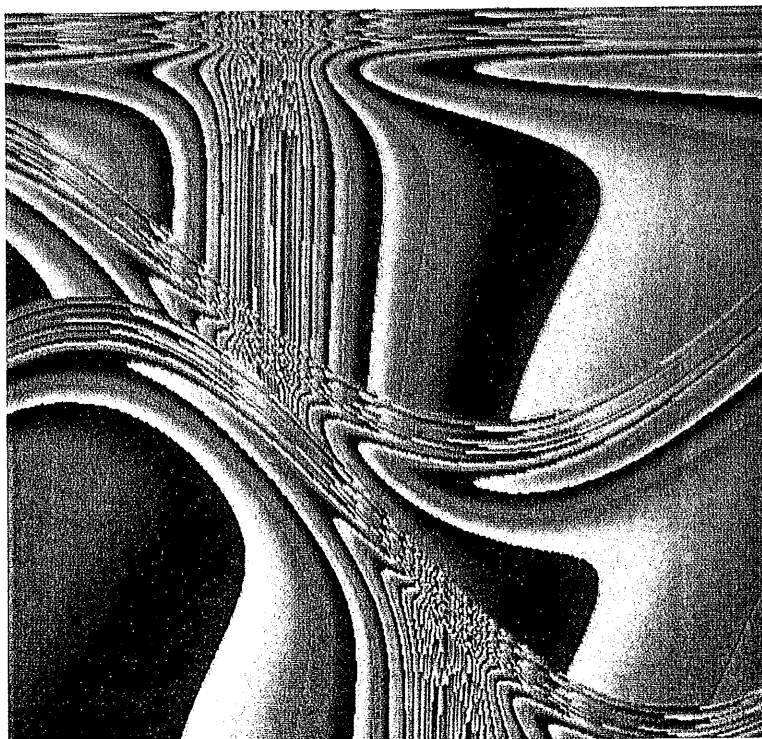
wenn also eine Bildtechnik seinem Gegenstand anscheinend so adäquat ist, wie es die Digital Scene Simulation (die realistische Simulation 3-dimensionaler Objekte und Ereignisse in der Zeit) nahelegt, so ist die Vermutung bzw. Hypothese nicht ohne Gründe, daß letztlich alles Analoge digitalisierbar ist, 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-Verarbeitungs-maschinen 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 einigewenige Universitäten und Forschungslabors einiger großen Firmen den hohen Kostenaufwand mit Forschungszielen rechtfertigen.

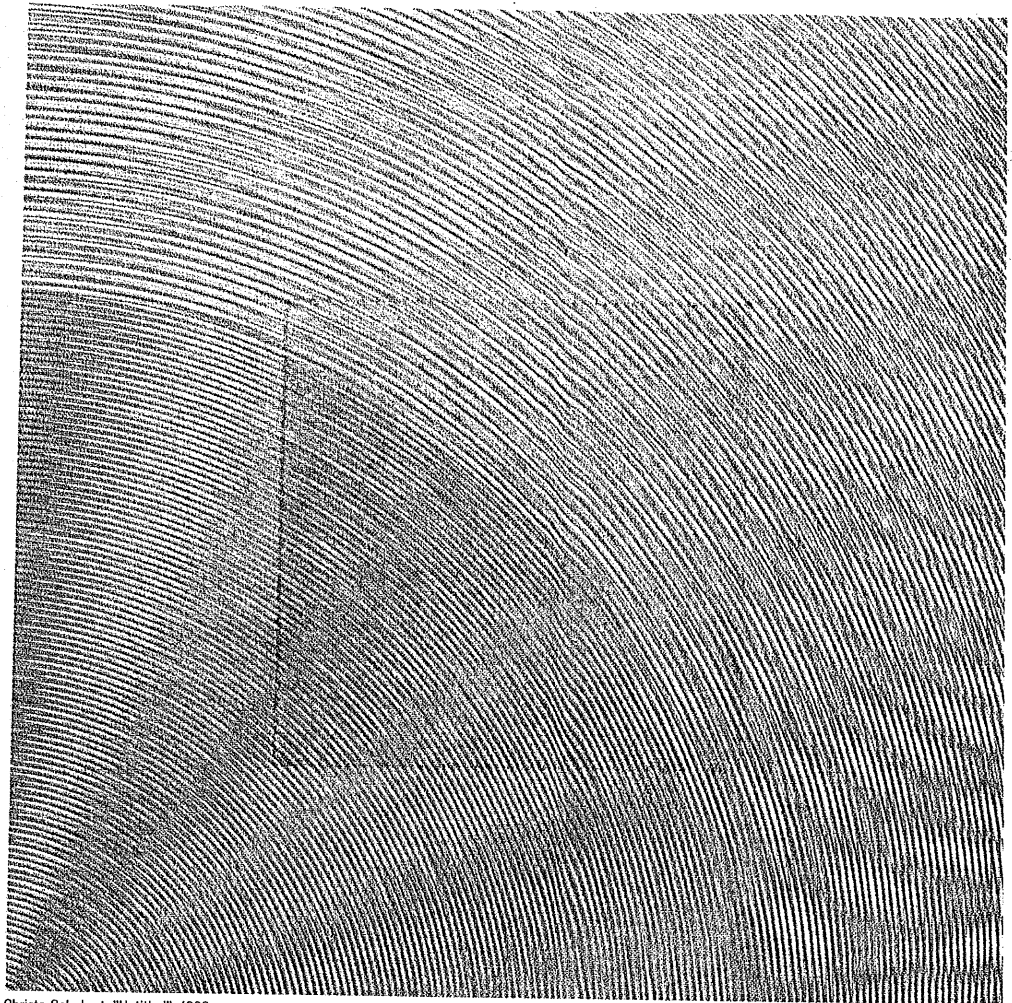
Das zweite große Hindernis war das mangelnde Verständnis für die Feinheiten der Software für Bilderzeugung, die für ein effektives Computergrafiksystem Voraussetzung sind. Man hat bald die Notwendigkeit erkannt, Daten so zu erstellen, daß diese den oft kaum erkennbaren, doch offensichtlich vorhandenen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

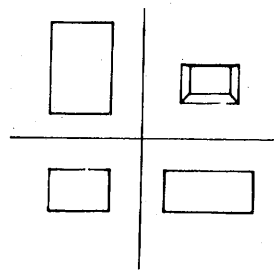
schirm wandelt, oder das Bild wird nach seiner Digitalisierung zum Ausgangspunkt einer Handlung wie bei der Robotersteuerung, wo ein Roboter mit bestimmten Werkzeugen und Gegenständen hantiert. Eine andere Richtung in der Computergrafik ist die Erzeugung von Bildern auf digitaler Basis (im Computer gespeicherte 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.

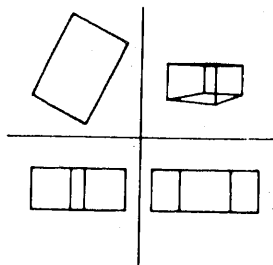
Die Computergrafik ist sowohl aus der Hardware wie aus der Softwaretechnologie entstanden. Wie bei konventionellen numerischen Berechnungen gibt es die Möglichkeit der Interaktion sowie die einer Stapelverarbeitung. Stapelverarbeitung ist jene fixierte, von vornherein genau festgelegte, nicht mehr steuer- 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 Bild-

erzeugung 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.

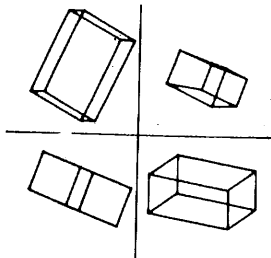
In den Anfängen der Entwicklung der Computergrafik befaßte man sich in erster Linie mit Hardware. Dies ist heute nicht mehr so notwendig, da erstklassige Hochleistungshardware von zahlreichen Firmen angeboten wird. Derzeit bemüht man sich vielmehr, Algorithmen auszuarbeiten, welche die Erzeugung von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



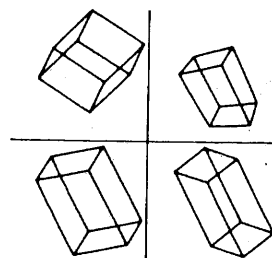
(a) Viewed orthogonally



(b) Rotated about 2nd quadrant axis

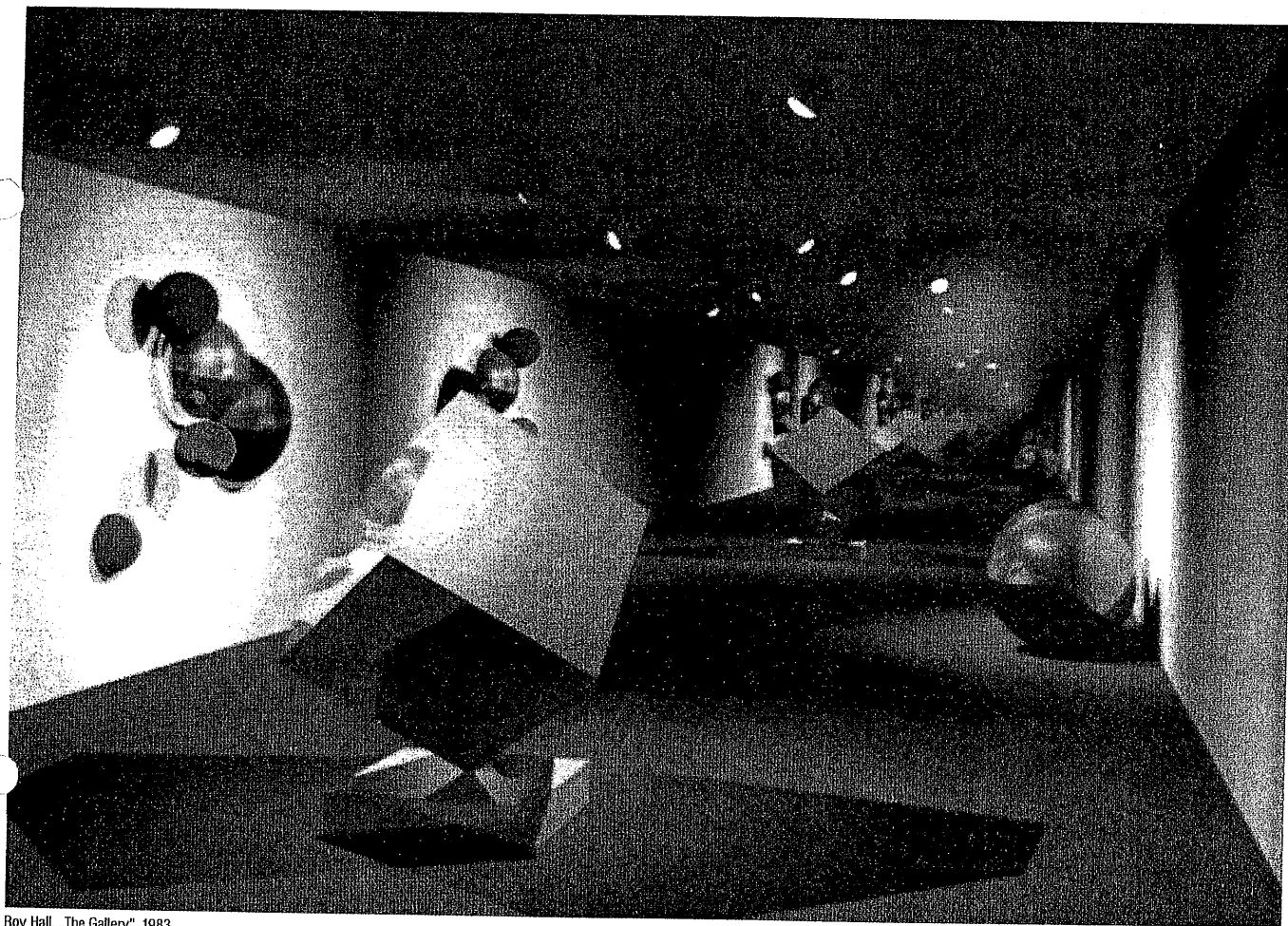


(c) Rotated about 3rd quadrant axis



(d) Rotated 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.

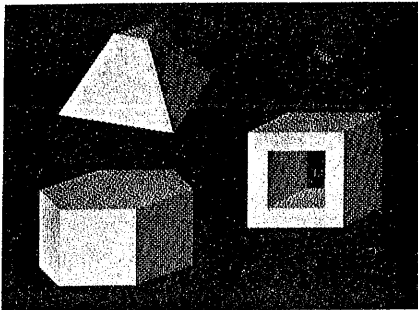
Man geht im allgemeinen davon aus, daß ein Terminal in der Computergrafik sowohl für die grafische Eingabe als auch für die grafische Ausgabe ausgestattet ist. Die Ausgabe erfolgt zumeist über ein Kathodenröhredisplay, die Eingabe zumeist mittels eines manuell betriebenen Geräts, welches die Eingabe 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

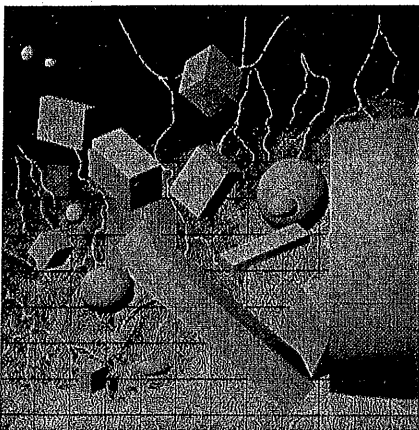
- 1) Bemühungen bei vom Militär eingesetzten Computern, die in strategischen Situationen möglichst schnell erfassen und reagieren sollen.
- 2) Verbesserungen in Displayhardware, die in jüngerer Zeit erzielt wurden, (z.B. Convertors und Scanners, die digitale Signale zu analogen und vice versa umwandeln; 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-Display-Systemen 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 üblicherweise 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 punktwisen Darstellung (dem Raster) der ursprünglichen Linie entsprechen.

Die Scan Conversion spielt nicht nur bei CRT-Rasterdisplays eine wichtige Rolle, sondern natür-

lich bei allen anderen Ausgabegeräten, wie z.B. elektrostatischen Plotters und Zeichendruckern (der Zeile für Zeile druckt). Obwohl Zeichendruckern 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

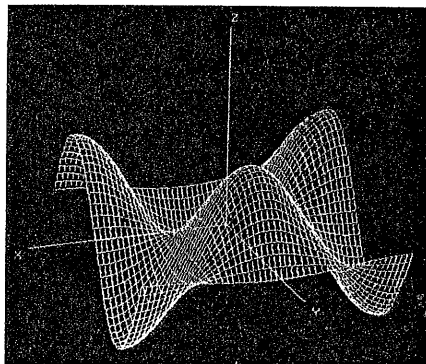
Die Leistungsfähigkeit eines Computergrafiksystems hängt im entscheidenden Maße von der Computersprache ab, die verwendet wird, um abstrakte geometrische Strukturen darzustellen und diese am CRT oder am Plotter aufzuzeigen. Grafische Computersprachen lassen sich wie die herkömmlichen Computersprachen 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 grundlegenden einfachen 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



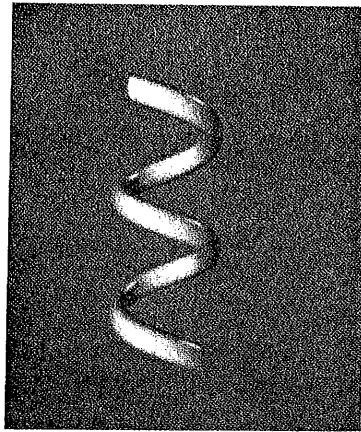
Richard Voss "Mount Mandelbrot", 1983

DIE ERZEUGUNG VON HALBTONBILDERN

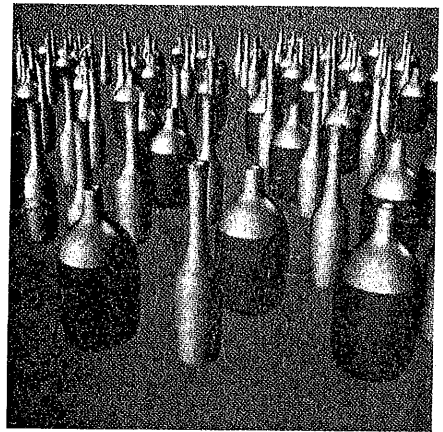
In fast allen frühen Arbeiten in der Computergrafik hat man sich vor allem mit Vektor-Grafiken beschäftigt, d.h. mit Grafiken, wo die Ausgabe auf einem CRT-Display aufscheint, dessen Strahlen die eigentlichen Linien der so erzeugten Zeichnung zum Vorschein bringen. Dies war für alle Formen von Zeichnungen 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.

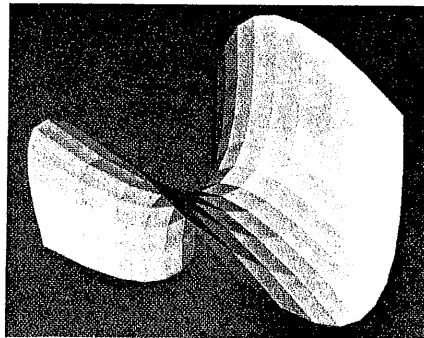
Bilder, die ungewöhnlich realistisch wirken, konnten dadurch erzeugt werden, darunter auch Bilder von "transparenten" Objekten. Blinn⁽¹⁰⁾, damals an der University of Utah, hat die Berechnung der Intensität von jedem einzelnen Rasterelement (pixel) eines am Display aufscheinenden Rasterbildes eingehend untersucht.



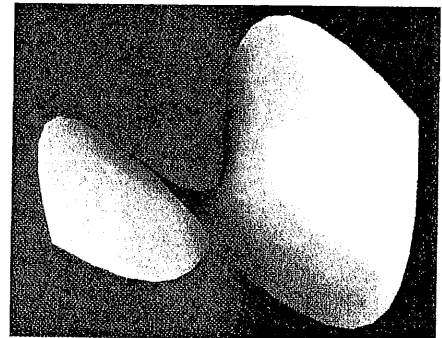
A spiral tube, 1975



142 bottles and glasses, 1975

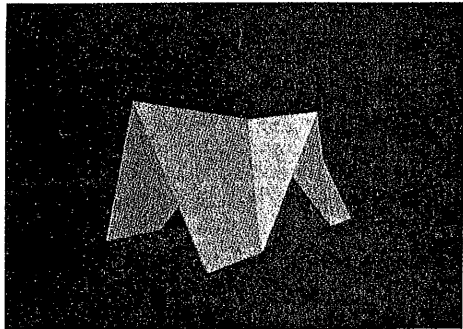


Curved surface presented with Watkins algorithm. Computation time: 1 min 30 sec.

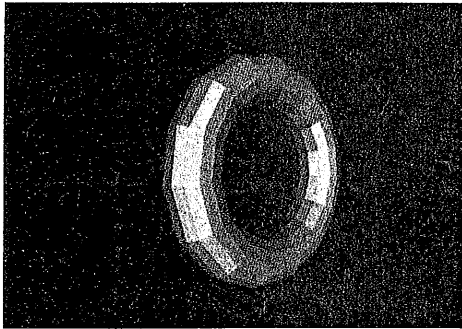


Curved surface presented with author's method. Computation time: 1 min 45 sec. 1971

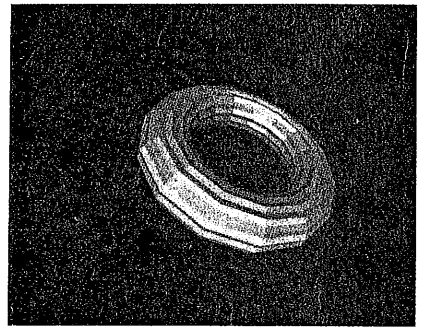
Ein großer Fortschritt bei der Wiedergabe von Halbtonbildern wurde von Gouraud⁽⁸⁾ erzielt. Gouraud hat eine Annäherung von kurvigen Flächen mittels kleiner Polygone erreicht, wodurch Diskontinuitäten in der Schattierung an den Rändern eliminiert wurden. Es gelang ihm ferner, Bilder mit kurvigen Flächen 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.



A-frame collage

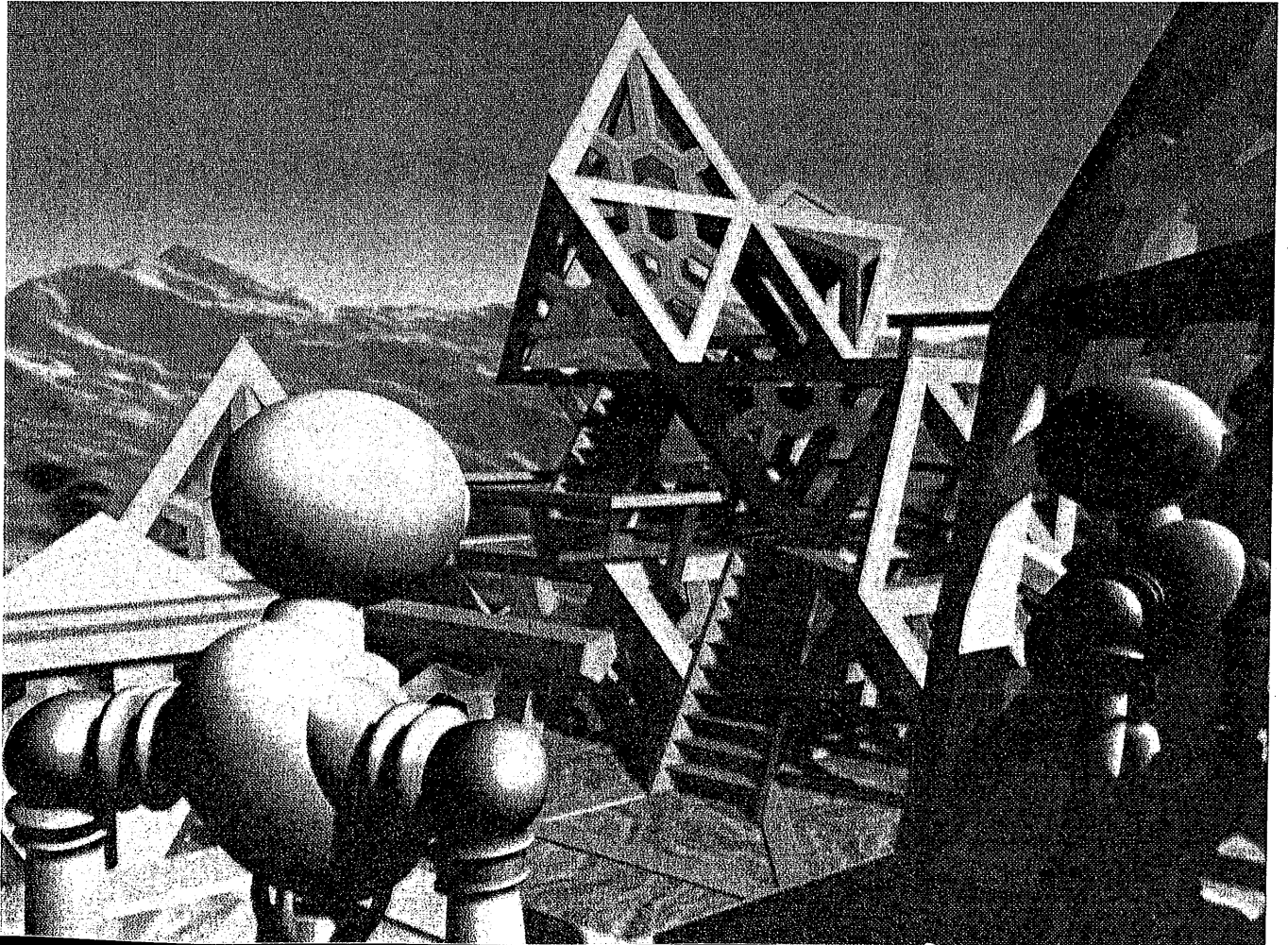


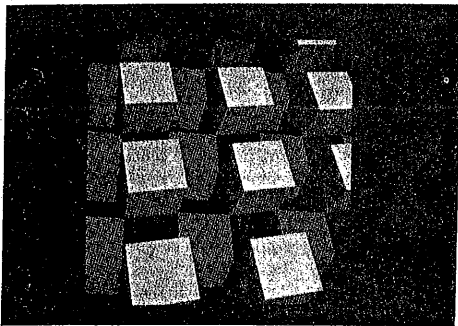
Torus



"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:

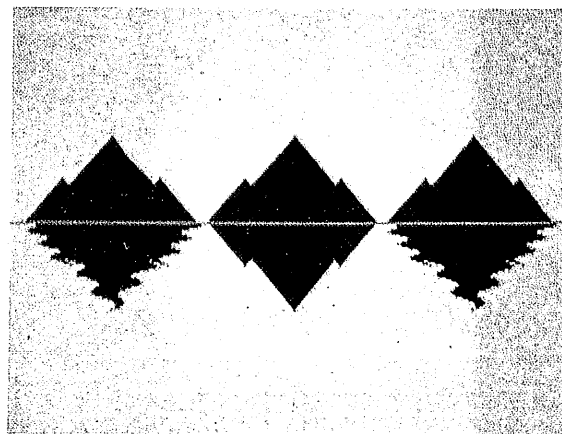
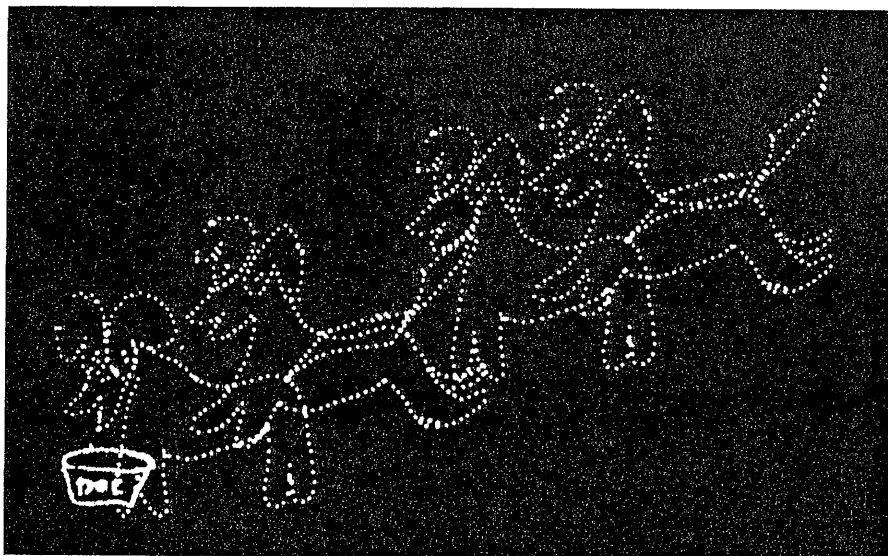
- 1) Die Verfügbarkeit eines unmittelbaren visuellen Feedbacks der Ergebnisse, seien diese nun endgültig oder auf einer Zwischenstufe.
- 2) Die Möglichkeit, die Bildkonstruktion in Stufen aufzuteilen und die Ergebnisse nach jeder Stufe zu betrachten.
- 3) Die Möglichkeit, die Bilder direkt am Computer 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.

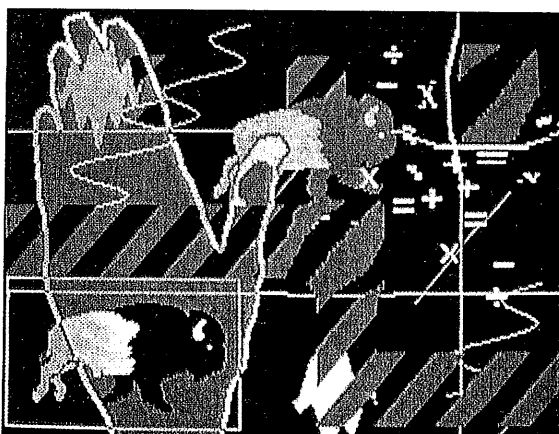
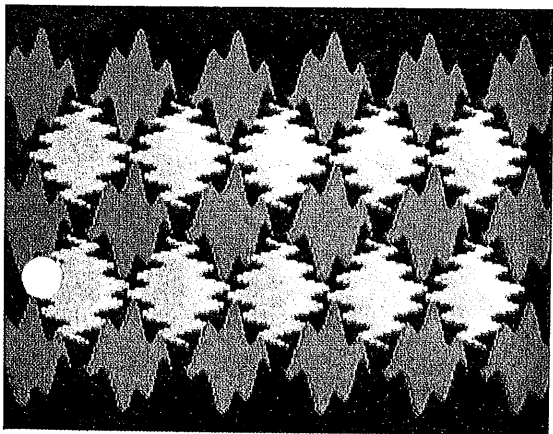
Diese Betrachtungsmöglichkeit spielt eine wichtige Rolle beim interaktiven Schnitt der Zeichentrickfilmsequenzen. Die endgültige Übertragung eines "Films" auf Foto, Film oder Videoband kann, muß aber nicht über dieselben Mechanismen erfolgen.

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) entwickelt 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 Gesichtsfäche 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.

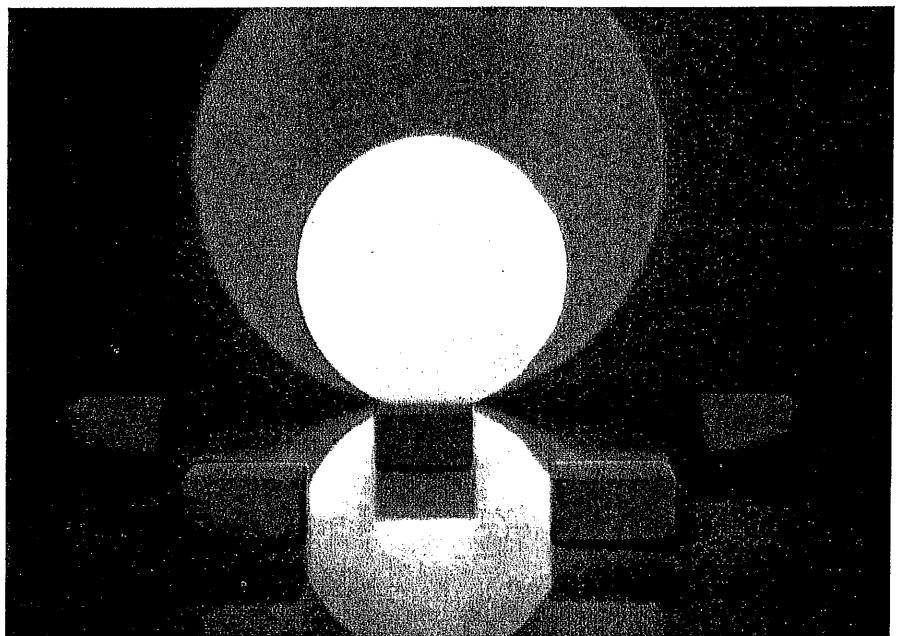
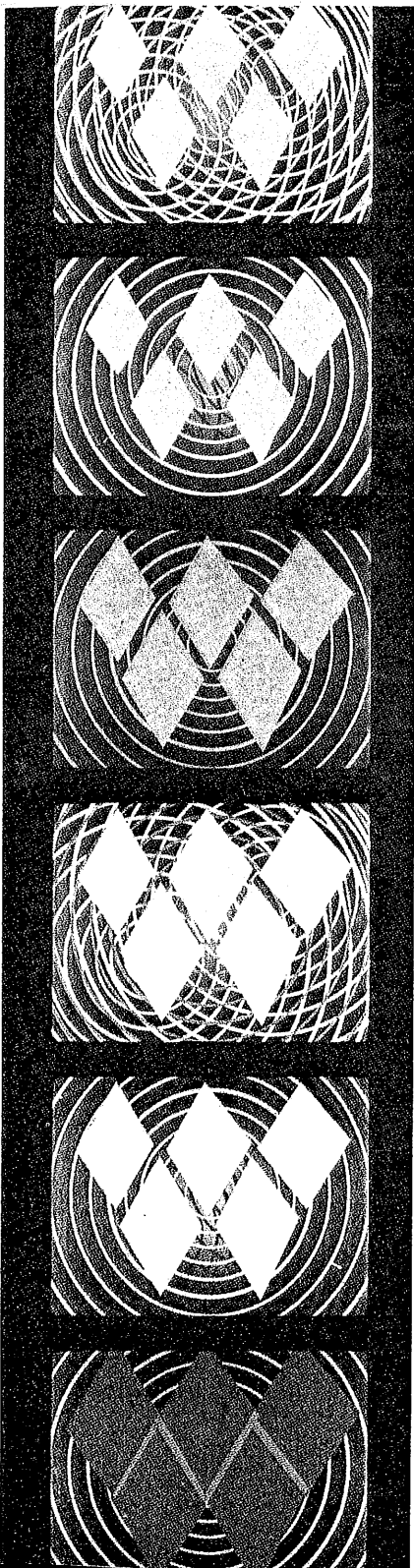
Die Entwicklung im Bereich der Computeranimation, wo „feste“ Gegenstände dargestellt werden, veränderte die Art und Weise wie der Benutzer die Darstellung einer Idee organisiert. Bei der konventionellen Animation werden eindimensionale Bilder auf jeden Kader der ganzen Sequenz gezeichnet. Bilderzeugung 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, and 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 Data 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 beschäftigen.

Seitdem die Computergrafik auch in den kommerziellen Bereich des Films (z.B. bei der Produktion von Sondereffekten für Film und Werbespots) vor-

gedrungen 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 Videospielechnologie 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

gehn. 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 Computerkultur-technologie, 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 Massachusetts 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 Telephone 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 Lek-

türe des angeschlossenen Literaturverzeichnis 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 of 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 Reflexionen 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 Science 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 neon-ähnlichen 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,

DIGITAL SCENE SIMULATION
COMPUTER-GENERATED, MOVING IMAGERY THAT SIMULATES 3-DIMENSIONAL OBJECTS AND EVENTS REALISTICALLY.

FILM DESIGN AND DIGITAL SCENE SIMULATION™ FOR STAR FRONTIERS 30 SEC. IV.

DIGITAL PRODUCTIONS

NEW YORK - LES KLEIN (212) 683-5454
DETROIT - DICK GAGNON (313) 643-7740

CHICAGO - ELIZABETH THIELE (312) 975-7220
LOS ANGELES - SHERRY MCKENNA (213) 938-1111

(004)

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

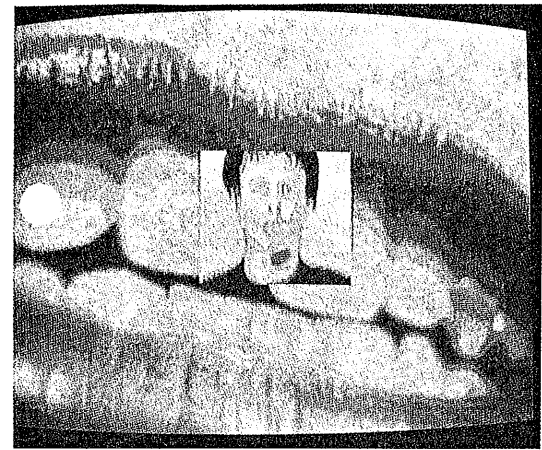
"2001". Das sensationelle Ziel von Digital Scene Simulation ist, mit dem Computer Szenen zu erzeugen, die ununterscheidbar von der Natur sind und auch realistische Szenen, die es in der Natur nicht gibt. Zu diesem Zweck verfügt die Firma über einen der schnellsten Supercomputer der Welt Cray-1 (12 Millionen 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 Mazon oder Fazen) gespeichert werden und dabei mit Realszenen gemischt werden kann, liegt die Zukunft in der Computeranimation, heißt die Zukunft digitales Bild.

DIGITALES VIDEO

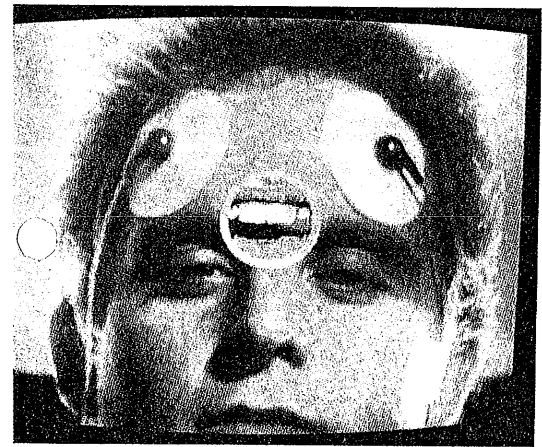
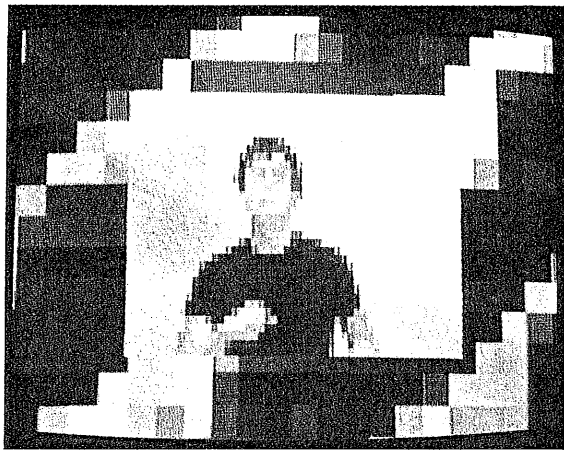
Eine Vorstufe davon bildet die Integration von Video und Computertechnologie, das digitale Video. Diese Vermischung liegt in der Natur von Video selbst. Denn beim Film blieb ja der Bildkader insgesamt unberührt, nur aus der Kollision zweier Kader, aus dem Intervall zweier Kader, konnte also die Bedeutung, 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 promethische 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.



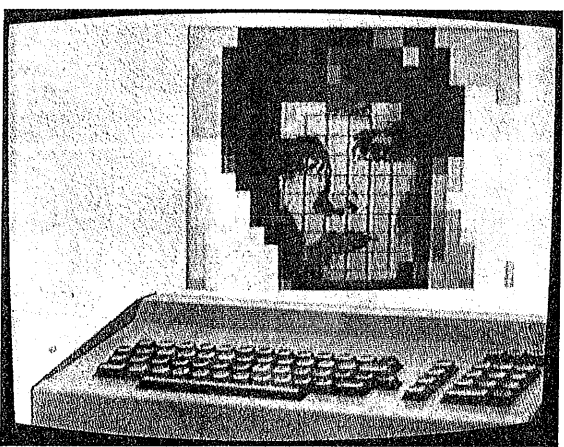
Max Almy, "Perfect Leader", 1983



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 program-



miert, 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 Benutzer haben. Cuba hält das für ein Vorurteil. Cuba möchte das Bild auch durch Programme kontrollieren können und bevorzugt Computersprachen mit implementierten mathematischen Modellen.

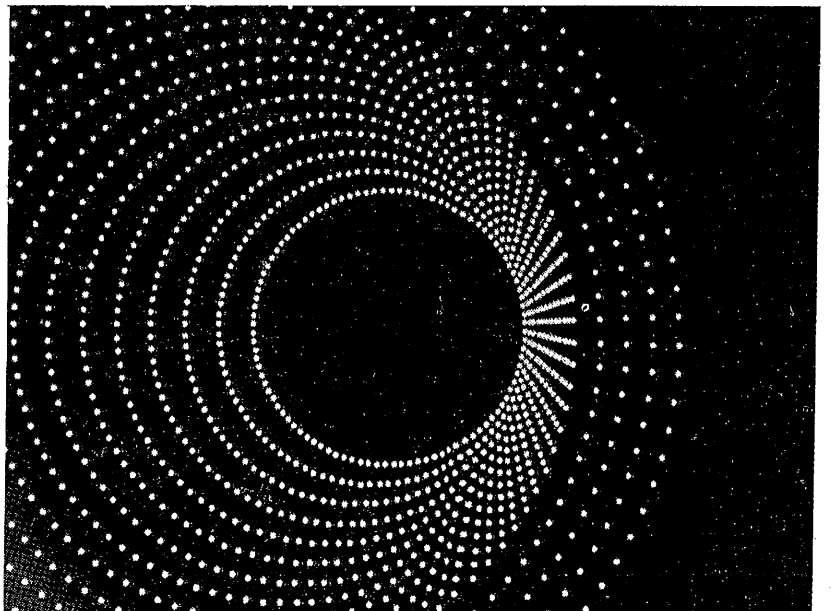
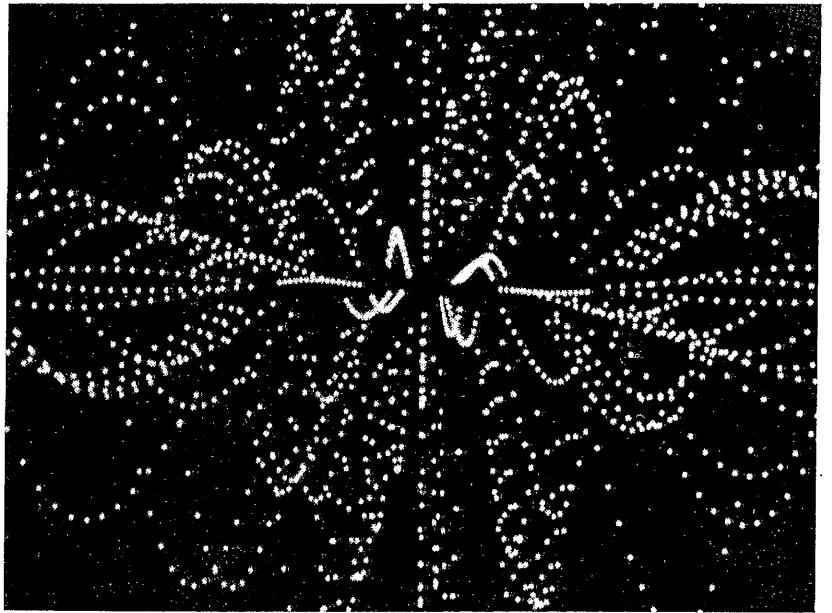
Auf der Achse L.A. – Chicago kehrte Cuba 1978 wieder zurück nach Californien und begann erneut die Arbeit an "Two Space", eine Abkürzung von "two-dimensional space", was ja die Fläche ist (Die Fläche ist durch Länge und Breite, also zwei Dimensionen, gekennzeichnet). "Two Space" ist auf den symmetrischen Eigenschaften der Fläche aufgebaut, die mathematisch in der Gruppentheorie 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 helfen, einige Ideen auszudrücken und gleichzeitig den Ausdruck anderer Ideen beschränken. 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 what the 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:

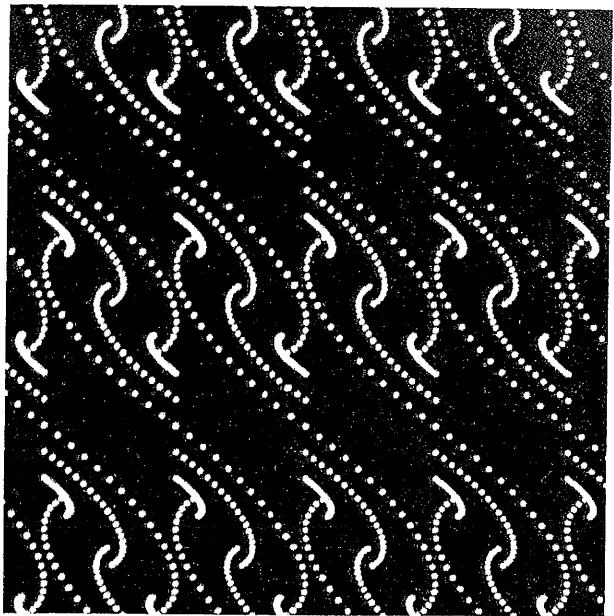
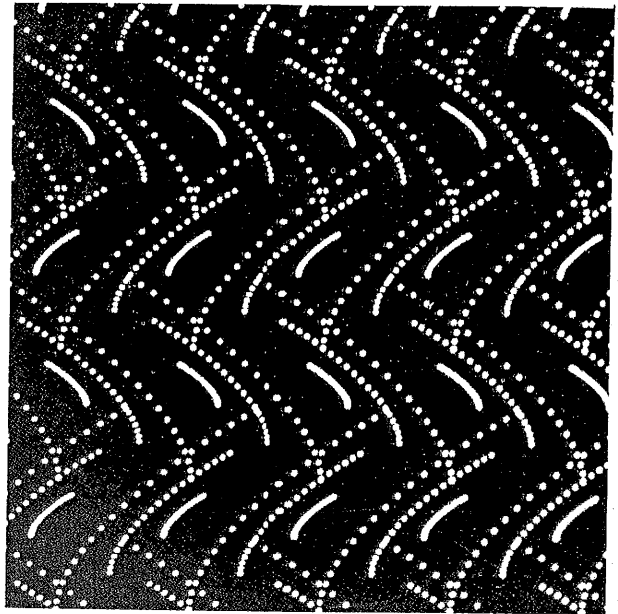
Sechzehn 'Objekte', die jeweils aus einhundert Lichtpunkten bestehen, führen eine Reihe von präzise aufeinander abgestimmten rhythmischen Transformationen aus. Der Film ist eine Übung in der visuellen Wahrnehmung von Bewegungs- und Musikstrukturen.

TWO SPACE (1979)

8 min., s/w, 16 mm, optischer Ton

Beschreibung:

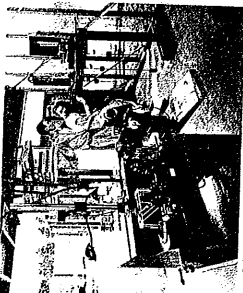
Zwei-dimensionale Muster (wie beispielsweise die Fliesenmuster in islamischen Tempeln) werden hervorgerufen durch eine Reihe von Symmetrioperationen (Verschiebungen, Rotationen, Widerspiegelungen, usw.), die über einer Grundfigur (oder Fliesen) vorgenommen werden. In TWO SPACE werden zwölf derartige Muster erzeugt unter Anwendung von neun verschiedenen Zeichentrickfiguren ($12 \times 9 =$ 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 hervorzuheben.



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 Whitney's 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 1956 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 Portrait), das für seine Filme den Ausgangspunkt bildet. Neben seinen übrigen künstlerischen Arbeit-

ten produzierte er zahlreiche Kurzfilme für CBS Television, außerdem Titelsequenzen für kommerzielle Filme.

Lehrt 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 Rondov«, Farbe, Ton, 2 Min. 30 Sek.
- 1947-49 »Hot House«, Farbe, Ton, 1 Min. 30 Sek.
- 1951 »Celery Stalks at Midnight« (1. Version).
- 1955 »Lon Hurk«, 35 mm, Farbe, 3 Min.
- 1956 »Blues Patterns«, zusammen mit Ernest Pinoff, 16 mm, Farbe, Ton, 3 Min. Produzent: Ernest Pinoff, 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 Pinoff, 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 Computer-generierter Film.
- 1967 »Hommage to Rameau«, 16 mm, Farbe, Ton, 3 Min.
- 1968 »Experiments in Motion Graphics«, 16 mm, Farbe, Ton, 19 Min.
- 1969 »Clax«, 16 mm, Farbe, Ton, 8 Min. Zusammen mit Michael Whitney.
- 1969 »Binary Bit Patterns«, 16 mm, Farbe, Ton, 8 Min. Zusammen mit Michael Whitney.
- 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: Manoocheher Sadeghi.

ED EMSHWILLER

Er begann seine künstlerische Laufbahn als Maler und Zeichner (mache 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 synthetisierte Bilder, phantasievoll und auch unter Einbeziehung von Tanz. Der Höhepunkt seiner Arbeit als Maler und Filmmacher 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 fortgeschritten-

sten 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 Videobildschirm untersucht.

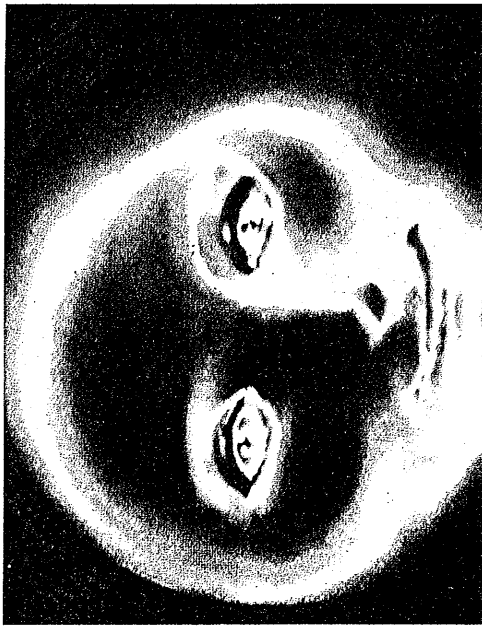
Am Beginn des Bandes sieht man eine graue, steinähnliche Fläche, auf der ein rundes Sonnen- gesicht erscheint. Es öffnet durchaus realistisch wirkende Augen und lächelt. Die Fassade der Sonne zerbröckelt dünn und vom Kopf her erstrahlen grelle Farben von außergewöhnlicher Intensität. In einer surrealistischen, 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 Bilder weit überzogen zum Beispiel auch Marshall McLuhans Theorie von "cool media" (die kühle, graue Fläche des Steins) und "hot media" (der erregte, pulsierende Globus), indem er das universelle Motiv der Sonne verwendet, zuerst eingetragt im Stein, dann als würfelförmigen Satelliten, der im Raum kreist, rekapituliert er eine Vielfalt von künstlerischen Medien. Seine laufende Gestalt erinnert indirekt an Edward Muybridges' fotografischen Bewegungsstudien und im noch weiteren Sinne an Marcel Duchamps Bild (AK), die Treppe herabsteigend). Die multidimensionale Palette in SUNSTONE nimmt Bezug auf frühere Momente der Kunstgeschichte und feiert zugleich die Zukunft der elektronischen Kunst.

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

"Sunstone", 1973

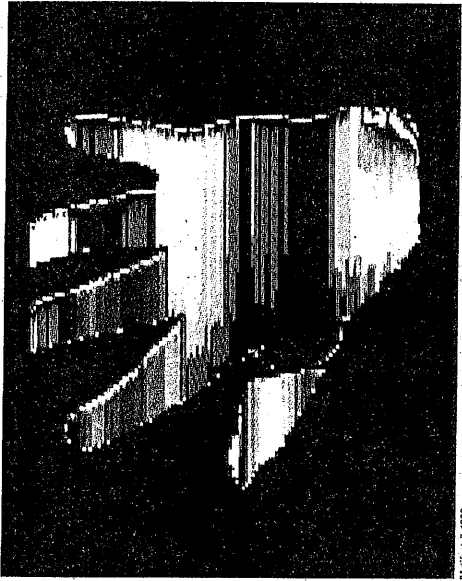


STEINA UND WOODY VASULKA

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 Avantgardezentrum 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 genannt, gemacht ihren ersten Namen als Künstlerinnen). 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 SPRAL 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 Schichten) 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 auf etwas Sphärenförmiges, ein in ihren Abheiten 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.

mentieren war eine Art Zusammenarbeit zwischen Menschen und der Maschine entstanden. Das Bild auf etwas Sphärenförmiges, ein in ihren Abheiten 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.



"Artiface", 1980

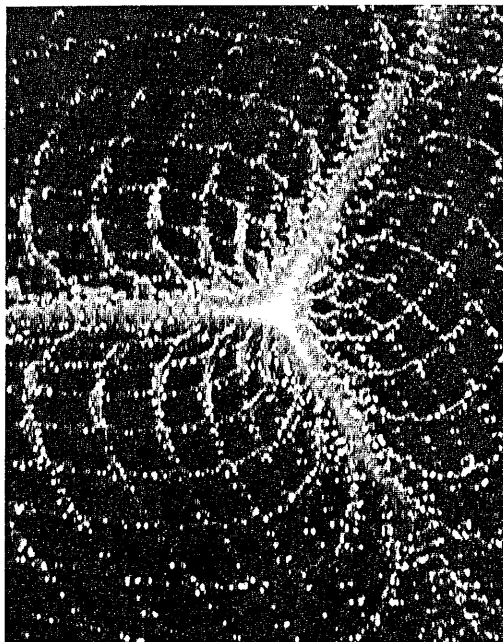
TOM DEFANTI UND DAN SANDIN

Diese zwei Videokünstler haben eine entscheidende Rolle in der Entwicklung der Bildverarbeitung und der Computergrafik in Chicago seit den frühen sebziger Jahren gespielt. Sandin, der 1972 von Nuklearphysik auf Video und Computer umstieg, entwickelte ein Bildverarbeitungsgerät. Defanti entwickelte eine Computergrafiksprache, das sogenannte Graphics Symbols 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 Lehrlingen 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 Spontanität 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 Mini 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, verändern Defanti und Sandin diese Grundform in einem 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 Kabelfernsehung 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 Ledem, die z.T. auf Platte noch nie zu hören waren. ("Fire, 1 Don't Live Today", "Red House", "Stone Free", "Are you Experienced", "Little Wing", "Voodoo", "Bleeding Hearts", "Hey Joe", "Wild Thing" und "Hearmy Train"). Die Künstler, die an diesem Videoprojekt arbeiteten, wurden von EMI 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 Studierzeit 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 1977 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 entwickelten Videospiele und Videobänder verwendet. Er leitet seine eigene Computergrafikfirma 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 Mischung von Kunst und Kommerz: Jo Bergmann, frühere Mitarbeiterin von D. Bowie, nun Videodirektor bei Warner Bros.; Rec. Robert Margouff, Produzent von Steve Wonder und Devo. John Allison, Emmy-Gewinner für Spezialeffekte bei "Cosmos". Gene Youngblood, Autor von "Expanded Cinema", und viele andere.

DREAM QUEST, INC.,

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

HOMER & ASSOCIATES

Ist eine Firma für Computergrafik und -animation. Sie benutzt die Computersprache "Forth". Programmierer Paul Rother, für computergestützte 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 (Rock-

BILL SEBASTIAN,

"das Fab 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 angegeschlossen ist. Ihre über 11.000 Mitglieder teilen ein Interesse für Theorie, Design und Anwendung von computergestützten Grafiken und interaktive Verfahren, welche die Verständigung und Kommunikation zwischen Mensch und Maschine ermöglichen. Die von SIGGRAPH herausgegebenen 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, Delaware 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 Programmtitel 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. Chesser: **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, 1980.
- Electra: **Katalog der Ausstellung, Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris**, 1983.
- José Luis Encarnação: **COMPUTER-GRAPHICS**, München, Wien, 1975.
- M. Falman and J. Nivergelt (Hrsg.): **PERTINENT CONCEPTS IN COMPUTER GRAPHICS**, Proc. 2nd U. Illinois Conf. Computer Graphics, U. Illinois Press, Urbana, 1983.
- 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. Gliot: **INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS**, Prentice Hall, 1978.
- W. Gliot (Hrsg.): **FACHTAGUNG COMPUTER GRAPHICS: PROC. SYMP. 19-21 Oct. 1971**, Berlin, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH-D-5205 St. Augustin 1, Schöb Biringhoven, 1971.
- Donald Greenburg, Aaron Marcus, Allan H. Schmidt, Vernon Gortler: **THE COMPUTER IMAGE**, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1982.

F. Gruenberger (Hrsg.): **COMPUTER GRAPHICS**, Thompson, 1986.

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

Lothar Limbeck, Heiner H. Schneeburger: **COMPUTER-GRAPHIK**, Ernst Reinhardt Verlag, München, 1979.

H.R. Luxenberg and R.L. Kuehn: **DISPLAY SYSTEMS ENGINEERING**, McGraw-Hill, 1988.

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-GRAPHIK. EXAKTE ÄSTHETIK**, S. Nadojski, Stuttgart, 1987.

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

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

Georg Nees: **GENERATIVE COMPUTERGRAPHIK**, Hrsg. von der Siemens AG, Berlin und München, 1989.

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

R.D. Passow, R.E. Green (Hrsg.): **COMPUTER GRAPHICS IN MEDICAL RESEARCH AND HOSPITAL ADMINISTRATION**, Plenum, 1971.

R.D. Passow, R.W. Prowse, R.E. Green (Hrsg.): **COMPUTER GRAPHICS**, Plenum, 1989.

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

J. Reichardt: **CYBERNETIC SERENDIPITY, THE COMPUTER AND THE ART**, Studio International, London, 1988.

Brian Randell (Hrsg.): **THE ORIGINS OF DIGITAL COMPUTERS**, Selected Papers, Springer-Verlag, 1982.

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

J. Vietstra, R.F. Wiefinga (Hrsg.): **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. (Hrsg.): **TUTORIAL: SELECTED READINGS IN INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS**, IEEE Computer Society Press, L.A., 1984.

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

Weitere Artikel

A. Appel: **ON CALCULATING THE ILLUSION OF REALITY**, IFIP Congress, 1988 Proc. E79, August 1988.

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

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

B.G. Baumgart: (1974): **GEOMETRIC MODELING FOR COMPUTER VISION**, Dissertation, Stanford University, NITS Report Number ADA-002261.

L. Beady: (1970): **TYPLUS COMPUTER EQUALS VIDEO-GRAPHICS**, Proceedings of the Ninth Annual UAIDE Meeting.

M.W. Bassen, F. Graser: (1970): **KARMA-A SYSTEM FOR STORYBOARD ANIMATION**, Proceedings of the Ninth Annual UAIDE Meeting.

J.F. Blinn, M.E. Newell: (1978): **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. Blesgen, 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-74-183, 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. Elri: (1975). SYNTHESIS: 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 DRAWING AND ANIMATION SYSTEM. Proc. IFP Cong. 1968, North-Holland Pub. Co., Amsterdam.
- A.J. Myers: (1975). AN EFFICIENT VISIBLE SURFACE PROGRAM. Technical Report to the National Science Foundation, Grant Number DCR 74-00768A01.
- 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. Waldkins: (1970). A REAL-TIME VISIBLE SURFACE ALGORITHM. University of Utah Technical Report UTEC-CSC-70-101.
- N. Wein, M. Burmyk: (1971). A COMPUTER ANIMATION SYSTEM FOR THE ANIMATOR. Proceedings of the Tenth Annual UAIDE Meeting.
- N. Wein, M. Burmyk: (1975). COMPUTER ANIMATION OF FREE FORM IMAGES. Proceedings of the Second Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques-SIGGRAPH, 1975.
- J. Whitney, John Chron: (1968). CAMP-COMPUTER ASSISTED MOVIE PRODUCTION. Proceedings of the AFPS Fall Joint Computer Conference.
- J.H. Whitney: CAMP-COMPUTER ASSISTED MOVIE PRODUCTION. AFPS Conf. Proc., Vol. 33, 1968 FJCC.
- R. Williams: A GENERAL PURPOSE GRAPHICAL LANGUAGE IN GRAPHIC LANGUAGES, F. Neke, A. Rosenfeld: (Hrsg.), North-Holland, 1972.
- C. Wyllie, G. Romney, D. Evans and A. Edahit: HALF-TONE PERSPECTIVE DRAWINGS BY COMPUTER. AFPS Conf. Proc., Vol. 31, 1967 FJCC.
- E.E. Zajac: COMPUTER-MADE PERSPECTIVE MOVIES AS A SCIENTIFIC AND COMMUNICATION TOOL. CAOM, Vol. 7, No. 3, March 1964.
- E.E. Zajac: FILM ANIMATION BY COMPUTER. NEW SCIENTIST, Bd 29, Feb. 1966.
- J. Nolan und L. Yarbrough: AN ON-LINE COMPUTER DRAWING AND ANIMATION SYSTEM. Proc. IFP Cong. 1968, North-Holland Pub. Co., Amsterdam.
- F.W. Sinden: COMPUTER-MADE MOTION PICTURES. Bell Telephone Laboratories.
- 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.
- M. Negroponte: (1973). RECENT ADVANCES IN SKETCH RECOGNITION. Proceedings of the National Computer Conference.
- M. Newell: (1975). THE UTILIZATION OF PROCEDURAL 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). MOLDING COMPUTER CLAY. Pattern Recognition and Artificial Intelligence.
- J.G.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. Teixeira, R.P. Sellen: THE SYLVANIA DATA TABLET. Proc. S.J.C.C. 1966.
- 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. AFPS 1968 FJCC Vol. 33, Pt. 2, AFPS Press, Montvale, N.J.
- J. Nolan und L. Yarbrough: AN ON-LINE COMPUTER DRAWING AND ANIMATION SYSTEM. Proc. IFP 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. Waldkins: (1970). A REAL-TIME VISIBLE SURFACE ALGORITHM. University of Utah Technical Report UTEC-CSC-70-101.
- N. Wein, M. Burmyk: (1971). A COMPUTER ANIMATION SYSTEM FOR THE ANIMATOR. Proceedings of the Tenth Annual UAIDE Meeting.
- N. Wein, M. Burmyk: (1975). COMPUTER ANIMATION OF FREE FORM IMAGES. Proceedings of the Second Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques-SIGGRAPH, 1975.
- J. Whitney, John Chron: (1968). CAMP-COMPUTER ASSISTED MOVIE PRODUCTION. Proceedings of the AFPS Fall Joint Computer Conference.
- J.H. Whitney: CAMP-COMPUTER ASSISTED MOVIE PRODUCTION. AFPS Conf. Proc., Vol. 33, 1968 FJCC.
- R. Williams: A GENERAL PURPOSE GRAPHICAL LANGUAGE IN GRAPHIC LANGUAGES, F. Neke, A. Rosenfeld: (Hrsg.), North-Holland, 1972.
- C. Wyllie, G. Romney, D. Evans and A. Edahit: HALF-TONE PERSPECTIVE DRAWINGS BY COMPUTER. AFPS Conf. Proc., Vol. 31, 1967 FJCC.
- E.E. Zajac: COMPUTER-MADE PERSPECTIVE MOVIES AS A SCIENTIFIC AND COMMUNICATION TOOL. CAOM, Vol. 7, No. 3, March 1964.
- E.E. Zajac: FILM ANIMATION BY COMPUTER. NEW SCIENTIST, Bd 29, Feb. 1966.
- J. Nolan und L. Yarbrough: AN ON-LINE COMPUTER DRAWING AND ANIMATION SYSTEM. Proc. IFP Cong. 1968, North-Holland Pub. Co., Amsterdam.
- F.W. Sinden: COMPUTER-MADE MOTION PICTURES. Bell Telephone Laboratories.
- 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.
- M. Negroponte: (1973). RECENT ADVANCES IN SKETCH RECOGNITION. Proceedings of the National Computer Conference.
- M. Newell: (1975). THE UTILIZATION OF PROCEDURAL 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). MOLDING COMPUTER CLAY. Pattern Recognition and Artificial Intelligence.
- J.G.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. Teixeira, R.P. Sellen: THE SYLVANIA DATA TABLET. Proc. S.J.C.C. 1966.
- 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. AFPS 1968 FJCC Vol. 33, Pt. 2, AFPS Press, Montvale, N.J.
- J. Nolan und L. Yarbrough: AN ON-LINE COMPUTER DRAWING AND ANIMATION SYSTEM. Proc. IFP Cong. 1968, North-Holland Pub. Co., Amsterdam.
- F.W. Sinden: COMPUTER-MADE MOTION PICTURES. Bell Telephone Laboratories.
- 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, New York.
- COMM. ACM, Association for Computing Machinery, New York Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford OX3 0BY, England.
- COMPUTERS AND GRAPHICS (vierteljährlich), Pergamon Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford OX3 0BY, 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 NTS, 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 1668-17113 vom NTS, US Dept. Commerce.
- A.H. Agarwal: 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 1, 1.
- Einige Filme
- Marc Adrian: RANDOM (1963), 35 mm, sw, 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.
- Knollton, 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: HUMMINGBIRD, (1967).
- R. Baecker: GENESYS, mit Lincoln Lab., 16 mm, 20 Min. 10 Min., 1968.
- John Whitney: PERMUTATIONS, IBM, 16 mm, Farbe, 10 Min., 1968.
- John Whitney: ARABESQUE, St. 1975, 6 mm, 35 mm film, programm. assistance: Larry Cuba: Computer graphics: Information International, Inc.
- Ed Enshwiler: SUNSTONE, 1979, 3 mm, New York Institute of Technology, programm. 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 Gilleman: AURORA SYSTEMS, 1982, 2:48 min., (silent) Chuck Kozak, Assistent
- Jo Ann Gilleman: CLONE BABY, 3:31 min., 1982, Hardware: Aurora Paint System, Sandin Image Processor.
- Steina und Woody Vasulka mit Bradford Smith: PROGENY, 1981, 17 min.
- Frank Dietrich mit John Goss und Debbie Gorchos: DIGITAL REFLECTIONS, 1981, 4:50 min.
- F.T.L.: SPIRAL 5, Dan Sandin, Tom DeFanti, und Mimi Shavit, 1981, 6:30 min.
- Frank Dietrich und Zsazsa Mohar: SNAKE, RATTLE & ROLL, 1982, 2:17 min., Musik von Eugene X Rator und Joe Pizzarone
- Dean Whicker, Tom DeWitt, und Vibeke Sorenson: TEMPEST BY MTV, 1980-82, 4 min.
- CALYPSO, CAMEO von Vibeke Sorenson 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 11/77/82
1. Triple-I Digital Scene Simulation Rolle
 2. TRON Walt Disney Productions
 3. Synthesisvision 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-Textual CGL
 - A. Sorting Out Sorting Except-U. Toronto
- SIGGRAPH VIDEO REVIEW Ausgabe Nr. 11 vom 10/27/83
1. Star Trek II Genesis-Paramount/Lucasfilm
 2. Non-Edge O.G.-Grunman
 3. Digital Effects Demo Rolle
 4. The Cube CUBE-Berhard
 5. SPN-SEBU Productions Network
 6. Symmetry Test TIA-Newell
 7. Composite News-Burson
 8. AVY Tour at SIGGRAPH '83- Veeder & Monton
 9. Shirogumi Sampler
 10. Movie Maker-IPS, Inc.
 11. Pixel Play-Halejira
 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.

OVA, OVA 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 Sarbom und Kit Fitzgerald, 6:30, 1983.

MARKS & MARKSAMPLEROLLE, Technik von George Joblov und Doug Key; creative director Harry Marks, Mark Petersen, Ron Saks und Jon Lea. 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 Dorr. Computer Research and Development, Lucasfilm, Ltd. 6:00, Farbe, 1983.

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

SUPERMAN III, LET THE GAMES BEGIN von Paul Hughes, 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 Leicht, 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

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 these 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 distinction 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 incongruities. 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 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 numerically 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 retrace 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 or 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 x 600 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 realism 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 works), 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 supercomputers. 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 realism. 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 realism. If one could buy the world's most rapid computer, one would come closer to the goal of generating, metaphorically speak-