

JENS SCHRÖTER

DAS ENDE DER WELT. ANALOGES VS. DIGITALE BILDER – MEHR UND WENIGER ‚REALITÄT‘?

The principal idea behind image processing is to make an image more informative, or, in communications jargon, to extract more signal from noise.¹

Es wird immer wieder behauptet, dass die gegenwärtige Kultur auf dem Weg ins ‚post-fotografische Zeitalter‘² sei. Der Weltbezug, den das analoge, indexikalische, fotografische Bild zu verbürgen schien, soll nun, da es ‚digitale Bilder‘ gibt, verloren gehen. So behauptet niemand geringerer als Jean Baudrillard, dass aus dem „synthetischen Bild [...] das Reale bereits verschwunden“³ sei.

Eine Vorbemerkung: Nichts scheint heikler als über das ‚Reale‘ oder das ‚Wirkliche‘ zu sprechen.⁴ Sind dies nicht bloß Konstrukte? Ja und Nein. Richtig ist sicher, dass nur nach Maßgabe der zur Verfügung

-
- 1 Star, Jeffrey: „Introduction to Image Processing“, in: *Byte* (Februar 1985) S. 163-170, hier S. 163.
 - 2 Zum Begriff des Post-Fotografischen vgl. Mitchell, W.J.T.: *The Reconfigured Eye. Visual Truth in the Post-photographic Era*, Cambridge, MA/London 1992 und Batchen, Geoffrey: „On Post-Photography“, in: *Afterimage*, Vol. 20, Nr. 3 (1992) S. 17. Der Begriff ‚post-fotografisch‘ wird meines Erachtens erstmals 1991 von Ziff, Trisha: „Pedro Meyer. Post-photographic Photography“, in: Paul Wombell (Hrsg.): *Photovideo. Photography in the Age of the Computer*, London 1991, S. 150/151, hier S. 151 gebraucht.
 - 3 Baudrillard, Jean: „Das perfekte Verbrechen“, in: Hubertus von Amelnunx (Hrsg.): *Theorie der Fotografie IV 1980-1995*, München 2000, S. 256-260, hier S. 258. Mir ist unklar, was Baudrillard mit ‚synthetischem Bild‘ meint, da meines Erachtens alle Bilder synthetisch genannt werden müssen (Spiegelbilder vielleicht ausgenommen – aber sind das Bilder? Vgl. dazu Eco, Umberto: „Über Spiegel“, in: ders.: *Über Spiegel und andere Phänomene*, München/Wien 1993, S. 26-61). Wahrscheinlich ist im Zusammenhang des Zitats, dass Baudrillard computergenerierte Bilder meint – was aber immer noch problematisch bleibt, weil gezeigt werden kann (s.u.), dass auch aus generierten Bildern keineswegs das Reale verschwunden ist.
 - 4 Vorausgesetzt, man kann sich überhaupt über diese Begriffe verständigen.

stehenden Medien und/oder systemspezifischer Codes das ‚Reale‘ (wenn) überhaupt erkannt werden kann – mit jeder medientechnologischen und/oder systemischen Veränderung muss es sich verschieben. Dennoch bleibt ein *Reales an sich* als *negativer Horizont*, der Systeme oder Diskurse irritieren und stören kann, notwendig – andernfalls hätte z.B. das Kriterium der Falsifikation (durch Experimente) in den Naturwissenschaften einfach keinen Sinn. Dieses *dunkle Reale* jedenfalls teilweise – der jeweiligen historischen Konstellation entsprechend – zu analysieren und dadurch kontrollierbar zu machen, scheint eine Notwendigkeit jeder sozialen Organisation zu sein. Die fotografischen Bilder bezogen und beziehen einen Großteil ihres Erfolgs gerade aus dem Versprechen durch ihre Indexikalität einen Zugriff auf die Welt zu ermöglichen – kaum verwunderlich, dass sie bald für die Natur- und Humanwissenschaften wie für die Polizei unentbehrlich wurden.⁵ Da die angeblich völlig anderen digitalen Bilder gegebenenfalls phänomenal von den fotografischen Bildern nicht unterschieden werden könnten, scheint kein Bild mehr glaubwürdig zu sein. Die Konsequenzen daraus muten verheerend an: Sind nun alle Bilder, denen wir bis jetzt die Fähigkeit zusprachen, uns Informationen über das Reale oder die Welt zu liefern, leer geworden?⁶

Es soll im Folgenden ein (notwendig selektiver und verkürzter) Überblick über verschiedene technologische Entwicklungen gegeben werden, die zu den ‚digitalen Bildern‘ führen. Aus diesen Geschichten lassen sich bestimmte Implikationen ableiten, die das geradezu unaufhörliche Gerede über den (vermeintlichen) Realitätsverlust in der ‚postfotografischen‘ Gegenwart zumindest relativieren: Man könnte sogar

5 Vgl. dazu nur zwei Beispiele: Wolf, Herta: „Fixieren – Vermessen: Zur Funktion fotografischer Registratur in der Moderne“, in: Norbert Bolz, Cordula Meier, Birgit Richard und Susanne Holschbach (Hrsg.): *Riskante Bilder. Kunst Literatur Medien*, München 1995, S. 239-261 und Regener, Susanne: *Fotografische Erfassung. Zur Geschichte medialer Konstruktionen des Kriminellen*, München 1999. Siehe dazu auch den Beitrag von Leander Scholz in diesem Band. Wissenschaftlich eingesetzte Fotografien waren aber immer auch das Objekt gezielter ‚Manipulation‘, wie viele Beiträge in Geimer, Peter (Hrsg.): *Ordnungen des Sichtbaren. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*, Frankfurt a.M. 2002 zeigen – jedoch widerspricht das ihrer Funktion keineswegs. Es wird darauf zurückzukommen sein.

6 Vgl. Ritchin, Fred: „Photojournalism in the Age of Computers“, in: Carol Squiers (Hrsg.): *The Critical Image: Essays on Contemporary Photography*, London 1991, S. 28-37.

stärker formulieren, dass digitale Bilder zwar ‚referenzlos‘ sein können, weil sie nichts Reales abbilden müssen. Aber oft und abhängig von der diskursiven Praxis, in der sie eingesetzt werden, besitzen sie einen sehr deutlichen, gewünschten und funktionalen Weltbezug, der sogar *umfassender sein kann als jener fotochemisch erzeugter Bilder*.⁷ Der folgende Text wird einige historische ‚Fakten‘ (was immer das auch sei) versammeln, in der Hoffnung, das zusammengestellte Material möge einige allzu selbstverständliche Vorstellungen darüber, analoge Bilder seien irgendwie ‚näher‘ an der Wirklichkeit als digitale, zumindest irritieren. Analog und Digital sind nur verschiedene Modi der Erschließung von Wissen.⁸ Viel ausgereifteren – medien-, wie wissenschaftshistorischen – Geschichtsschreibungen bleibt es vorbehalten zu entziffern, wie im Einzelnen die Wirklichkeit von Phänomenen jeweils historisch bestimmt wurde. Jedenfalls – und das sollen die folgenden bescheidenen Anmerkungen zu verdeutlichen helfen – hängt diese gewichtige Frage nicht *einfach* an der Unterscheidung analog/digital.

1. Digitale Bilder?

Unter dem Schlagwort ‚digitale Bilder‘ werden oft undifferenziert zwei verschiedene Typen von Bildern versammelt: Dies sind einerseits (z.B. mit Scannern) abgetastete, d.h. *digitalisierte* und andererseits algorithmisch *generierte* Bilder. Diese beiden Bildtypen haben, bei aller möglichen phänomenalen Ähnlichkeit, verschiedene Genealogien, Funktionen und Implikationen. In 2) möchte ich mich auf die *digitalisierten* Bilder beziehen, Bilder, die insofern an die fotografischen Bilder anschließen, weil sie wie diese auf einer Abtastung von Licht beruhen. In 3) sollen die *generierten* Bilder diskutiert werden. Selbst dieser Typ digitaler Bilder, der so grundverschieden von den fotografischen Bildern zu sein scheint, kann nicht als frei von Weltbezug verstanden werden. Im Gegenteil: Sofern diese Bilder Visualisierungen militärisch oder gar wissenschaftlich genutzter Simulationen sind, dringen sie tiefer in die Struktur des Wirklichen ein als die Bilder, die bloß auf Abtastungen der Oberflächenerscheinungen realer Phänomene beruhen. Außerdem folgen die generierten Bilder teilweise einer Ästhetik des computergrafischen

7 Wenn es heute ein Problem mit der Glaubwürdigkeit der Bilder gibt, dann liegt dieses wohl eher in der Überfülle heterogener und unzureichend autorisierter Bilder, als an ihrer analogen oder digitalen Materialität.

8 Siehe dazu auch den Beitrag von Peter Galison in diesem Band.

‚Fotorealismus‘ – ein Begriff, der bereits eine Kontinuität zur Fotografie suggeriert.⁹

2. Digitalisierung/Image Processing

Eine der ersten Technologien, bei der man von einer Digitalisierung von Bildern reden kann, war die Bildtelegrafie. Frühe Formen waren noch halb analoge, halb digitale Techniken. Bei diesen

wird, sofern es sich um gezeichnete Striche handelt, ein Schwarz/Weiß-Übergang gesendet (schwarz = Zeichen, weiß = kein Zeichen, oder umgekehrt); allgemein: ein Übergang ist ein Zeichen. Die zweite gesendete Information ist der Ort eines Schwarz/Weiß-Übergangs. Diese Information legt auch fest, wie lang schwarz gesendet/geschrieben werden soll und wie lang weiß. Hier liegt das analoge Element in der Anordnung, da diese Zeit selbst nicht wieder in diskrete Einheiten zerlegt ist.¹⁰

Mit der so genannten ‚statistischen Methode der Zwischenklischees‘ tritt das erste rein digitale Verfahren der Bildübermittlung auf. Das zu sendende Bild wird in Felder gerastert (heute nennt man dies Scanning), deren unterschiedlichen Helligkeitswerten entsprechende diskrete Zeichen zugeordnet werden (heute: Sampling oder Quantisierung).¹¹ Diese

9 Das ‚Fotografische‘ kann in der Art der Entstehung eines Bildes, der (indexikalischen) Einschreibung von Licht (sei es in eine chemische Emulsion oder auf die Oberfläche eines CCD mit anschließender Umwandlung der Werte in digitalen Code) verortet werden oder im ‚Look‘ eines Bildes, seinem konventionalisierten und historisch wandelbaren ‚fotografischen Aussehen‘, vgl. dazu Ullrich, Wolfgang: „Digitaler Nominalismus. Zum Status der Computerfotografie“, in: *Fotogeschichte*, Jg. 17, H. 64 (1997) S. 63-73. Vgl. auch Batchen, Geoffrey: *Burning with Desire. The Conception of Photography*, Cambridge, MA/London 1997, S. 206-216, demzufolge vielleicht die fotochemische Fotografie, nicht aber das ‚Fotografische‘ verschwindet. Zur Simulation des fotografischen ‚Looks‘ in Teilen der Computergrafik, siehe 3.

10 Schneider, Birgit/Berz, Peter: „Bildtexturen. Punkte, Zeilen, Spalten. I. Textile Processing/II. Bildtelegraphie“, in: Sabine Flach/Georg Christoph Tholen (Hrsg.): *Intervalle 5 Mimetische Differenzen. Der Spielraum der Medien zwischen Abbildung und Nachbildung*, Kassel 2002, S. 181-220, hier S. 209 und vgl. auch S. 214. Vgl. auch den Beitrag von Albert Kümmel in diesem Band.

11 D.h. man muss bei der Frage nach der Auflösung der Digitalisierung eines Bildes zwischen dem *Definitionsbereich*, also der Menge der Bildpunkte, und dem *Wertebereich*, das ist die Zahl der diskreten Tonwertstufen, unterscheiden, vgl. Marchesi, Jost J.: *Handbuch der Fotografie*, Band 3, Gilching 1998, S. 248.

Zeichen gehen dann durch den Kanal und auf der Empfängerseite werden wieder entsprechende Bildpunkte zugeordnet, wodurch das Bild rekonstruiert werden kann. Dieses Verfahren war ab etwa 1909 voll maschinisiert.¹²

Obwohl das Zwischenklischeeverfahren hinsichtlich der Rasterung der späteren Digitalisierung im engeren Sinne sehr ähnlich ist, unterscheidet es sich von dieser vor allem in Folgendem: Bei digitalen Computern werden alle von der Peripherie abgetasteten Werte, also auch Bilder, in einem (Video-)RAM gespeichert, von wo aus z.B. durch die gegebenen Prozessoren der Bildaufbau auf einem Monitor mit einer gegebenen Bildfrequenz betrieben wird. D.h. erstens, dass das Bild nicht nur während der Übertragung, sondern (jedenfalls bis zum Print) immer ein „array of values“¹³ ist, was zweitens bedeutet, dass die gespeicherten Werte mathematischen Operationen unterworfen werden können. Dies ist die zentrale Voraussetzung für *Image Processing*, also genau jenen Verfahren, die am Anfang der militärischen und astronomischen Nutzung von digitalisierten Bildern stehen.

Der digitale Computer, wie er nach Zuse, Turing und von Neumann vor und im Zweiten Weltkrieg und kurz danach entstand, ist zunächst nur eine Rechenmaschine, deren logische Operationen ohne Bezug zu einer wie auch immer gearteten Welt stehen¹⁴ und lediglich den Gesetzen der Mathematik unterworfen sind:

Um jedoch analoge Signale [z.B. verschieden starke, von einer Vorlage reflektierte Lichtwerte, J.S.] digital verarbeiten zu können, müssen sie erst in eine entsprechende Form gebracht werden. Dieses Bindeglied zwischen Analogwelt und Digitalwelt wird Analog/Digital-Wandler [...] genannt.¹⁵

Die Grundlagen der A/D-Wandlung werden schon in den 20er Jahren durch Nyquists Formulierung des Abtasttheorems in einem Artikel über die Zusammenhänge zwischen Zeit- und Frequenzdarstellung von telegrafischen Signalen gelegt.¹⁶

12 Vgl. Schneider/Berz: „Bildtexturen“ (Anm. 10), S. 214-216.

13 Foley, James D./van Dam, Adries/Feiner, Steven K./Hughes, John F.: *Computer Graphics. Principles and Practice*, Reading, MA u.a. 1990, S. 816.

14 Natürlich hängt die Ausführungsgeschwindigkeit der Programme u.a. von der physikalischen Implementierung ab.

15 Eckl, Rainer/Pütgens, Leonhard/Walter, Jürgen: *A/D- und D/A-Wandler. Grundlagen, Prinzipschaltungen und Applikationen*, München 1990, S. 11.

16 Vgl. Nyquist, Harry: „Certain Topics in Telegraph Transmission Theory“, in: *Transaction of the American Institute of Electric Engineers*, Vol. 47 (1928) S. 617-644.

Brennend wird das Problem der Digitalisierung, wenn es um die nationale Sicherheit oder gar das Überleben geht (oder zu gehen scheint), wie im Fall des seit 1954 offiziell so genannten *Semi-Automatic Ground Environment* (= SAGE), das als amerikanisches Vorwarnsystem gegen sowjetische Raketenangriffe konzipiert war und folglich Radarsignale, Abtastungen des Luftraums also, verarbeiten musste. Schon 1949/50 hatte das *Air Force Cambridge Research Center* Arbeiten an einem System namens DRR (= Digital Radar Relay) komplettiert, das die digitale Übertragung von Radarbildern über Telefonleitungen leisten sollte. Im SAGE-Projekt kam diese Technik erstmals zum praktischen Einsatz.¹⁷ Bis in die frühen 80er Jahre waren die Rechenkapazitäten und die Peripherien wie Scanner¹⁸ oder andere Abtaster zur Digitalisierung, Speicherung und Bearbeitung von Bildern noch so kostspielig, dass elektronisch gewonnene, dann digitalisierte und nachbearbeitete Bilder vorwiegend in den eng mit den Belangen der nationalen Sicherheit und des nationalen Prestiges verbundenen und daher hoch subventionierten Bereichen der Spionage- und Weltraumfotografie eingesetzt wurden.¹⁹

Schon 1946 stellte die *Douglas Airforce Corporation* einen Bericht zur möglichen Nutzung von Satelliten u.a. zur ‚Observation‘ vor. Erst neun Jahre später griff die Air Force in ihrem *General Operational Requirement No. 80* diesen Vorschlag wieder auf. Das Spionagesatellitenprogramm, schließlich *Samos* genannt, bekam durch den Sputnik-Schock 1957 und durch den Abschuss eines bemannten Aufklärungsbombers am 1. Mai 1960 über der Sowjetunion zusätzlichen Auftrieb. Der erste Satellit vom Samos-Typ wurde am 11. Oktober 1960 gestartet und erreichte, ebenso wie Samos 3 und 4, nicht den Orbit. Samos 2 schickte Bilder zur Erde: Dabei wurden Fotos sofort mit dem „Bimat“-Verfahren

17 Auf SAGE wird unten detaillierter eingegangen. Zu DRR siehe Harrington, John V.: „Radar Data Transmission“, in: *IEEE Annals of the History of Computing*, Vol. 5, No. 4 (1983) S. 370-374. Harringtons Gruppe hat die ersten Modems entwickelt, eine Technik, die das Militär später zu Gunsten volldigitaler Übertragungsmethoden aufgab.

18 Zu den Mitte der 50er Jahre entwickelten Scannern, vgl. Kirsch, R. A./Cahn, L./Ray, C./Urban, G. H.: „Experiments in Processing Pictorial Information with a Digital Computer“, in: *Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference* (1957) S. 221-229, insb. S. 222 und Kirsch, Russell: „SEAC and the Start of Image Processing at the National Bureau of Standards“, in: *IEEE Annals of the History of Computing*, Vol. 20, No. 2 (1998) S. 7-13. Vgl. Marchesi: *Handbuch der Fotografie* (Anm. 11), S. 262-264.

19 Vgl. zum Folgenden Richelson, Jeffrey T.: „U.S. Satellite Imagery, 1960-1999. National Security Archive Electronic Briefing Book No. 13“, URL: www.gwu.edu/~nsarchiv/NSAEBB/NSAEBB13/index.html, 5.1.2004.

von Kodak, das dem Polaroid-Verfahren gleichkommt²⁰, entwickelt und dann elektronisch abgetastet. Die elektrischen, aber noch analogen Signale wurden zur Erde übertragen und dort wieder in Bilder zurückverwandelt. Hier soll bereits digitale Nachbearbeitung zum Einsatz gekommen sein, jedoch blieb die Bildqualität sehr schlecht.²¹ Im zeitgleich forcierten und bis 1995 streng geheimen Corona-Spionagesatellitenprojekt wurden daher doch konventionelle Fotografien von der Sowjetunion aufgenommen und in entsprechenden Boxen an Fallschirmen abgeworfen. Die US Air Force fing diese Boxen ab.²² Da das ersichtlich ein sehr mühsames Verfahren ist, verlor man das Ziel elektronischer Bildübertragung nie aus den Augen, obwohl es noch bis 1976 dauern sollte, bis dieses Ziel erreicht werden konnte.

In der Weltraumfotografie war die Lösung mit abgeworfenen Filmkanistern naheliegenderweise unpraktikabel. Also setzte man hier von Anbeginn auf elektronische Bildabtastung und -übertragung. In Vorbereitung des Apollo-Programms, also der bemannten Mondlandung, wurde das Ranger-Programm gestartet. Aufgabe der Ranger-Sonden war es, Videobilder von der Mondoberfläche an die Erde zu schicken. Die ersten Ranger-Missionen schlugen jedoch fehl, erst Ranger 7, gestartet am 28. Juli 1964, sendete mit einer neuartigen Vidicon-Röhre²³ Videosignale zur Erde. Dort wurden die Bilder am 1965 auf Betreiben von Dr. Robert Nathan gegründeten *Information Processing Laboratory* (IPL) des *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) der NASA digitalisiert und nachbearbeitet. Dazu kam die später so genannte VICAR (*Video Image Communication and Retrieval*)-Software auf einem IBM 7094 oder IBM 360 zum Einsatz.²⁴ Recht bald kam man am IPL auf die Idee, die Bildbe-

20 Es ist am Rande bemerkenswert, dass der Erfinder der Polaroid-Fotografie, Edwin Land, eine wichtige Rolle bei der Errichtung des Spionagesatelliten-systems der USA spielte. Die Kameras des Corona-Systems sind von ihm maßgeblich mitentworfen worden, vgl. McElheny, Victor: *Insisting on the Impossible: The Life of Edwin Land*, Cambridge, MA 1999, S. 322-340.

21 Vgl. Peebles, Curtis: *Guardians. Strategic Reconnaissance Satellites*, Novato 1987, S. 61-65 und 71.

22 Vgl. zu Corona: Ruffner, Kevin C. (Hrsg.): *Corona. America's First Satellite Program*, Washington D.C. 1995, S. 3-39 und insb. S. 7: „Recognizing the need for resolution to meet the intelligence objectives, it was concluded that physical film recovery offered the most promising approach for a usable photographic return in the interim time period.“

23 Vgl. URL: nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/tmp/1964-041A-1.html, 5.1.2004. Vgl. zur Verfahrensweise von Vidicon-Röhren Wolberg, George: *Digital Image Warping*, Los Alamitos 1990, S. 33/34.

24 Vgl. Billingsley, Fred C.: „Processing Ranger and Mariner Photography“, in: *Journal [of the] Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*,

arbeitungsverfahren auch auf die Verbesserung medizinischer Bilder, zunächst Röntgenaufnahmen, anzuwenden. Schon 1967 stellten Nathan und Robert Selzer ihre Ergebnisse dem *National Institute of Health* vor, wo man so begeistert war, dass man die Forschung am IPL finanziell unterstützte.²⁵ Insbesondere die Korrektur der geometrischen Verzerrungen durch *Image Warping*²⁶ wurde bald intensiv in der medizinischen Bildverarbeitung, vor allem in der erstmals 1981 klinisch evaluierten *Digitalen Subtraktions-Angiographie*, eingesetzt, um präzise Diagnosen erstellen zu können.²⁷ Es ist am Rande interessant, dass das Warping als geometrische Transformationstechnik direkter Vorläufer heutiger Kinotrickeffekte, wie dem aus *TERMINATOR 2* (USA 1991, R: James Cameron) wohl bekannten *Morphing*, ist.²⁸ Am 28. November 1964 startete mit Mariner 4 die erste erfolgreiche Sonde zum Mars. Sie sendete ihre nach dem Samos-Prinzip abgetasteten Bilder erstmals in der Geschichte von Satellitenbildern direkt in digitaler Form zur Erde zurück: An-

Vol. 4, No. 4 (April/Mai 1966) S. 147-155. Billingsley, S. 147, spricht vom IBM 7094, während Sheldon, Ken: „Probing Space by Camera. The Development of Image Processing at NASA's Jet Propulsion Laboratory“, in: *Byte* (März 1987) S. 143-148, hier S. 145, behauptet, man hätte am IPL einen IBM 360/44 eingesetzt.

- 25 Vgl. Sheldon: „Probing Space by Camera“ (Anm. 24), S.145-147. Vgl. auch NASA (Hrsg.): *Astronautics and Aeronautics, 1967. Chronology on Science, Technology and Policy*, Washington, D.C. 1968, S. 104.
- 26 Vgl. Billingsley: „Processing Ranger and Mariner Photography“ (Anm. 24), S. 153/154 und Billingsley, Fred C.: „Applications of Digital Image Processing“, in: *Applied Optics*, Vol. 9, No. 2 (February 1970) S. 289-299, insb. S. 292-294. Vgl. zu den mathematischen und informatischen Grundlagen des Warpings ausführlich Wolberg: *Digital Image Warping* (Anm. 23).
- 27 Vgl. zu DSA Meijering, Erik H.W./Zuiderveld, Karel J./ Viergever, Max A.: „A Fast Technique for Motion Correction in DSA [= Digital Subtraction Angiography] using a Feature Based, Irregular Grid“, in: William M. Wells/Alan Colchester/Scott Delp (Hrsg.): *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*. MICCAI 98 Proceedings, Berlin u.a. 1998, S. 590-597.
- 28 Vgl. zum Rückgriff auf diese Techniken im sog. Morphing, dessen genauere Bezeichnung ‚Two-Pass Mesh Warping‘ lautet, Wolberg: *Digital Image Warping* (Anm. 23), S. 222-240. Vgl. auch Schröter, Jens: „Ein Körper der Zukunft. Zur Geschichte, Semantik und den Implikationen der Morphingkörper“, in: Doris Schumacher-Chilla (Hrsg.): *Das Interesse am Körper*, Essen 2000, S. 250-268.

gesichts der Distanz zum Mars wäre ein analoges Signal bei Ankunft vom kosmischen Hintergrundrauschen ununterscheidbar gewesen.²⁹

Im April 1970 erscheint im *The Bell System Technical Journal* ein Aufsatz von Dr. William S. Boyle und Dr. George E. Smith mit dem schlichten Titel *Charge Coupled Semiconductor Devices*. Am Ende dieses Aufsatzes heißt es: „An imaging device may be made by having a light image incident on the substrate side of the device creating electron-hole pairs.“³⁰ Das am 31. Dezember 1974 patentierte CCD ist eine gitterförmige Anordnung lichtempfindlicher Elemente, die Licht in elektrische Ladungen umwandelt. Je mehr CCD-Elemente, desto höher die Auflösung. Die Ladungswerte, die das CCD liefert, können analog gespeichert werden – so wie in den ersten kommerziellen Still-Video-Kameras (wie der *Sony Mavica* 1981). Oder sie können nach Umwandlung durch einen A/D-Wandler digital – wie eben in digitalen Fotokameras – aufgezeichnet werden.

Am 19. Dezember 1976 wurde der erste Spionagesatellit des Typs KH-11 in den Orbit geschickt. Dieser neue Typ verfügte erstmals über ein CCD-System und funkte die Bilder bereits digitalisiert zur Erde. Dadurch wurde die Übertragungsqualität nach dem Vorbild der *Mariner*-Sonden stark verbessert, fast eine Echtzeitspionage möglich und mit der rein elektronischen Bilderzeugung jeder Rückgriff auf fotochemische Filme überflüssig.³¹ Ferner kamen CCD-Systeme bald in der Weltraum-

29 Vgl. Sheldon: „Probing Space by Camera“ (Anm. 24), S. 144. Vgl. Montgomery, D. R./Adams, L. A.: „Optics and the Mariner Imaging Instrument“, in: *Journal of Applied Optics*, Vol. 9, No. 2 (1970) S. 277-287.

30 Boyle, W. S./Smith, G. E.: „Charge Coupled Semiconductor Devices“, in: *The Bell Systems Technical Journal*, Vol. 49.1, No. 4 (1970) S. 587-593, hier S. 592. Zu den epistemischen Bedingungen des CCD – der Quantenmechanik – vgl. Hagen, Wolfgang: „Die Entropie der Fotografie. Skizzen zu einer Genealogie der digital-elektronischen Bildaufzeichnung“, in: Herta Wolf (Hrsg.): *Paradigma Fotografie. Fotokritik am Ende des fotografischen Zeitalters*, Bd. 1, Frankfurt a.M. 2002, S. 195-235. Hagen schlussfolgert aus dem Ursprung des CCDs aus einem radikal „unbildlich[en]“ (S. 196) Wissen (da quantenmechanische Modelle ihr Wissen nur sehr windschief in Bilder übersetzen können – z.B. in ‚durch Gitter wandernde Löcher‘ in Halbleitern) einen radikalen Bruch der ‚digitalen‘ mit der traditionellen Fotografie. Allerdings muss er einräumen: „Ganz praktisch gefragt, was hat *Fotografieren* durch digitale Bildproduktion verloren? Wenig, vielleicht hier und da gar gewonnen (an Geschwindigkeit z.B.)“ (S. 195/196 – eine Perspektive, die nicht nur Sportreporter, sondern auch Familienväter, Wissenschaftler und vor allem Militärs durchaus interessiert).

31 Vgl. Peebles: *Guardians* (Anm. 21), S. 118. Vgl. Richelson, Jeffrey T.: *America's Secret Eyes in Space*, New York 1990, S. 123-143. Richelson

fotografie zum Einsatz, um gleich zum *Image Processing* vorbereitete Bilder zu liefern.³² Einer der Vorteile von CCD-Sensoren gegenüber Videobildröhren ist, dass sie viel kürzere Ansprechzeiten benötigen und lichtempfindlicher sind – eine Voraussetzung für den späteren digitalen *snapshot*. Dieser ist jedoch nur mit so genannten Flächensensoren bzw. CCD-Arrays, bei denen das ganze Bild auf einmal belichtet wird, möglich. Der zweite Typ von CCDs, die Zeilensensoren, liefert viel höhere Auflösungen (und ist daher auch der in Spionage-, Weltraum-, aber auch Werbefotografie bevorzugte Typus), benötigt aber deutlich längere Belichtungszeiten.³³

Durch Verbilligung sowohl der CCDs als auch der Personal Computer und – bedingt durch die so genannt ‚benutzerfreundlichen‘ Interfaces – deren Ausbreitung wurden die Erstellung digitaler Fotos und die Nachbearbeitung auch für Normal-User eine Option. Ab 1989 gibt es für die sich rasch ausbreitenden PCs die ersten Bildbearbeitungsprogramme, die viele der von Militär und NASA entwickelten *Image-Processing*-Techniken einschließen. Im Februar 1990 erscheint Version 1.0 des heute allgegenwärtigen *Adobe Photoshop*.³⁴ In den letzten Jahren erscheinen in rascher Folge immer neue digitale Kameras auf dem Markt, wobei allerdings eine große qualitative Lücke zwischen Home- und Profibereich klafft (besonders im Hinblick auf die Möglichkeit des Einsatzes von Wechselobjektiven und in der Auflösung).³⁵ Ebenso wurde die Scanner-technologie, die ab den 70ern bereits in der Druckindustrie zum Einsatz kam, zunehmend preisgünstig. Etwa zu dieser Zeit taucht scheinbar der heute viel benutzte Begriff ‚Digitale Fotografie‘ überhaupt erst auf. Der Journalismus begann auf die Entwicklung zu reagieren: Seit 1988 veranstaltete die *National Press Photographers Association* jedes Jahr einen

weist auf die Rolle des *Image Processings* auch für die von KH-11 gelieferten Bilder hin.

32 In Henbest, Nigel/Marten, Michael: *Die neue Astronomie*, Basel u.a. 1984, S. 53, heißt es denn auch begeistert: „Was [...] CCD liefer[t], ist in einem Computer zugriffsbereit gespeichert, so dass Astronomen es für alle Darstellungstricks der Bildverarbeitung mit falschen Farben aufrufen können.“ Vgl. auch Peebles, *Guardians* (Anm. 21), S. 119 und Smith, Robert W./Tatarewicz, Joseph N.: „Replacing a Technology: The Large Space Telescope and CCDs“, in: *Proceedings of the IEEE*, Vol. 73. No. 7 (1985) S. 1221-1235.

33 Vgl. Marchesi: *Handbuch der Fotografie* (Anm. 11), S. 255-261.

34 Vgl. Seidman, Jeff: „Digital Image Processing. A Short History“, in: *Journal of the Photographic Historical Society of New England*, No. 157 (1999) S. 8-11 und 18, hier S. 11.

35 Vgl. Marchesi: *Handbuch der Fotografie* (Anm. 11), S. 266-276.

Digital Photography Workshop.³⁶ Ab dem 9. Juni 1988 findet mit *Digital Photography: Captured Images, Volatile Memory, New Montage* in San Francisco die mutmaßlich erste Ausstellung von Kunst unter jenem Begriff statt.³⁷ Der schnelle Diffusionsprozess der digitalen Fotografie hängt auch daran, dass sie schon technisch an die bisherigen Formen der Fotografie angeschlossen wird: Ende 1990 stellte *Kodak* die DCS vor. Es handelt sich um eine modifizierte *Nikon F3*. Kodak kombinierte also eine bereits vorhandene Spiegelreflexkamera mit einer neuen Rückwand, in der ein CCD-Sensor eingebaut war. Und auch im Bereich der Familienfotografie hat die digitale Fotografie relativ bruchlos an die chemische Fotografie und ihre *family snapshots* anschließen können, weswegen es kaum verwunderlich ist, dass in digitalen Kameras für den Homebereich nur CCD-Arrays (Flächensensoren) zum Einsatz kommen: „Das Bild wird [bei Arrays, J.S.] schnell erfasst, wie wir das von der herkömmlichen Fotografie her kennen.“³⁸

Es zeigt sich an allen Beispielen aus Spionage, Raumfahrt und auch der Medizin, dass dort das *Processing*, die Manipulation, gerade *Bedingung* des referenziellen Bezugs der Bilder war und ist: „*However imagery is obtained, it requires processing and interpretation to convert it into intelligence data. Computers can be employed to improve the quantity and quality of the information extracted.*“³⁹ Der offizielle Bericht der

36 In einer E-Mail vom 22.08.2000 schrieb mir Bradley Wilson, Executive Director der *National Press Photographers Association*: „Our digital photography workshop got started in 1988. When I look back at News Photographer columns from 1987, I see references to ‚digital imaging‘ primarily. ‚Electronic picture desks‘ pop in in Nov. 1987. I see ‚Digital images‘ in 1988 too. I even see ‚Scitexing‘ as a verb. There was also The Digital Photography and Editing Conference that got started with NPPA in 1989 but was founded in 1985. Later, I see references to ‚Electronic Imaging‘ around 1989, in fact, our ethics policy was built around ‚electronic imaging‘ and ‚electronic manipulation‘ and ‚photographic manipulation‘. In 1993, I see ‚electronic photojournalism‘ and references to digital cameras. The fifth Electronic Photojournalism Workshop was in 1993. Last year, we released our ethics tape, ‚Ethics in the Age of Digital Photography‘. So bottom line, I can’t tell you when digital photography first made it into the vocabulary of the photojournalist. However, as someone that’s been in the digital photography/technology business since it came around, it’s a common part of the vocabulary now, in fact, in some circles, of you don’t specify film, they assume you’re talking digital.“

37 Vgl. Gillett, Marnie/Berger, Paul (Hrsg.): *Digital Photography: Captured Image, Volatile Memory, New Montage*, San Francisco 1988.

38 Marchesi: *Handbuch der Fotografie* (Anm. 11), S. 258.

39 Richelson: „US Satellite Imagery“ (Anm. 19), Hervorhebung J.S. Vgl. Billingsley: „Applications of Digital Image Processing“ (Anm. 26), S. 289.

NASA über ihre Ranger 7-Mission (deren Erfolg die endgültige Einstellung des Ranger-Programms verhinderte) verschweigt die Bildbearbeitung vollständig. Man kann dies als Zeichen dafür interpretieren, dass die Bearbeitung überhaupt nicht als Problem gesehen wurde.⁴⁰ Dies steht offensichtlich allen zeitgenössischen Klagen über den Referenzialitätsverlust durch die leichte Manipulierbarkeit digitalisierter Bilder diametral entgegen. In der militärischen und astronomischen Frühgeschichte ist der referenzielle Bezug digitalisierter Bilder jedenfalls unstrittig. Daraus kann man aber auch keine „monotone [...] Finalität“⁴¹ ableiten, der zufolge die Manipulierbarkeit digitaler Bilder niemals ein Problem darstellt: Im Feld des ‚Journalismus‘ z.B. hat es einige öffentlich stark diskutierte Skandale um teilweise nur leicht digital abgeänderte Bilder gegeben.⁴² Weil zum System der Massenmedien permanent ein „Manipulationsverdacht“⁴³ gehört, wundert es nicht, dass dort der leichten – und zudem nun dank PC und Adobe auch jedem Amateur zur Verfügung stehenden – Bearbeitbarkeit digitaler Bilder besonderes Augenmerk eingeräumt wird. Daran zeigt sich meines Erachtens, dass der Zweifel an der Glaubwürdigkeit digitaler Bilder in erster Linie von der diskursiven Praxis, in welcher die Bilder operieren, abhängt.

Allgemein lässt sich sagen, dass der ebenso beliebte wie schematische Gegensatz zwischen den ‚referenzlosen‘ Zeichen digitaler Medien und den ‚referenziellen‘ Zeichen (fotochemischer) analoger Medien problematisch ist.⁴⁴ Sofern digitalisierte Daten Abtastungen (von Licht

Zur Bildbearbeitung bei der Auswertung auch anderer Satellitendaten wie der von Wettersatelliten siehe Haralick, Robert M.: „Automatic Remote Sensor Image Processing“, in: Azriel Rosenfeld (Hrsg.): *Digital Picture Analysis* (Topics in Applied Physics, Vol. 11), Berlin u.a. 1976, S. 5-63.

40 Vgl. National Aeronautics and Space Administration: *Ranger VII. Special Report to Congress, Aug. 4, 1964*, Washington, D.C. 1964.

41 Foucault, Michel: „Nietzsche, die Genealogie, die Historie“, in: ders.: *Von der Subversion des Wissens*, Frankfurt a.M. 1987, S. 69-90, hier S. 69.

42 Einige Beispiele dafür werden in Rosler, Martha: „Bildsimulationen, Computermanipulationen“, in: Hubertus v. Amelunxen/Stefan Iglhaut/Florian Rötzer (Hrsg.): *Fotografie nach der Fotografie*, Dresden/Basel 1995, S. 36-57, genannt. Der Wirbel um diese digitalen Bearbeitungen ist schon deswegen verwunderlich, weil – wie Rosler auch betont – die Manipulation und Bearbeitung ebenso die Geschichte der foto-chemischen Fotografie von Anfang an begleitet.

43 Luhmann, Niklas: *Die Realität der Massenmedien*, Opladen, 2. Auflage, 1996, S. 9 und 31.

44 Vgl. z.B. Wimmer, Thomas: „Die Fabrikation der Fiktion“, in: Florian Rötzer (Hrsg.): *Digitaler Schein. Ästhetik der elektronischen Medien*, Frankfurt

oder Schall oder anderen Phänomenen) und somit auf eine gewisse Weise immer noch indexikalische Zeichen sind, bleiben sie auf die reale Welt bezogen.⁴⁵

Der entscheidende Unterschied zwischen den digital gespeicherten und den analog-mechanisch, analog-elektromagnetisch oder analog-fotchemisch gespeicherten Daten liegt (zumindest auf der Ebene der Pragmatik) nicht im Weltbezug, sondern in der *mathematischen Form* der digitalen Daten. Dies zeigt sich besonders deutlich an der Computersimulation und den von ihr hervorgebrachten *generierten* Bildern.

3. Simulation/generierte Bilder/Fotorealismus

Die Wurzeln der Computersimulation liegen in der zivilen und militärischen Luftfahrt. 1910 geschahen die ersten schweren Flugunfälle, die es notwendig machten, die Ausbildung der Piloten sicherer, effektiver und kostengünstiger zu gestalten. Die ersten Konzeptionen zu Flugsimulatoren (z.B. der *Sanders Teacher* oder der *Billing Trainer*) stammen aus dieser Zeit.⁴⁶ Jedoch dauerte es noch bis 1931, bis der erste wirklich einsatzfähige Flugsimulator vorlag, Edwin Links *Link-Trainer*. Dieser war – gemessen an heutigen Technologien – sehr einfach. Pneumatische Mechanismen, von denen Link durch seinen Vater, der mechanisch-pneumatische Klaviere herstellte, Kenntnis hatte, bewegten den Link-Trainer. Sie erlaubten auch die Vortäuschung einfacher Stellkräfte an den Steuerknüppeln, also ein interaktives Feedback, das jedoch noch sehr grob war. Außerdem war die audiovisuelle Imitation der Flugsituation selbst auf eine Horizontlinie beschränkt.

Die Fortentwicklung der Flugsimulation konnte nun auf zwei Weisen geschehen: einerseits durch eine Steigerung des ‚Realismus‘ der audiovisuellen Darstellung der Flugsituation und andererseits durch die Verbesserung der Interaktion von Simulator und Pilot. Man konzentrierte sich zunächst auf das erste Problem. 1939 entwickelte Link, jetzt schon in Diensten des Militärs, den *Celestial Navigator*, der dazu diente,

a.M. 1991, S. 519-533, insb. S. 529, wo der Autor von „pure[r] Selbstreferentialität der digitalen Zeichen“ spricht. Dies ist schon deswegen absurd, weil ein pur selbstreferenzielles Zeichen gar kein Zeichen ist – denn ein Zeichen verweist *per definitionem* auf etwas anderes.

45 Streng genommen ist jedes digitalisierte Bild eine Art ‚Fotografie‘, insofern das von der Vorlage (und sei sie ein Gemälde) reflektierte Licht *abgetastet* und dann in digitalen Code umgewandelt wird.

46 Vgl. Rolfe, J.M./Staples, K.J.: *Flight Simulation*, Cambridge u.a. 1986, S. 14-17.

Bomberpiloten die Orientierung am nächtlichen Sternenhimmel beizubringen. Dafür war eine hinreichend naturgetreue Nachahmung desselben vonnöten, die durch eine bewegliche, mit zahlreichen Lichtern ausgestattete Kuppel realisiert wurde. 1943 wurde im so genannten *Silloth Trainer*, den die Konkurrenz von Link hergestellt hatte, mit einer Hammondorgel der Fluglärm nachgeahmt. Ende der 30er Jahre hatte bereits Fred Waller mit mehreren Filmprojektoren und Leinwänden gearbeitet, um das Gesichtsfeld des Piloten auszufüllen. Dieses *Cinerama*-Verfahren wurde von der US Air Force gefördert.

Das zweite Problem – die realistische Reaktion des Simulators auf die Eingaben des Piloten in *Echtzeit* – setzte die Lösung komplizierter Differenzialgleichungssysteme in kürzester Zeit voraus. Dies konnte jedoch, obwohl Vannevar Bush mit seinem analogen *Differential Analyzer* von 1930 gezeigt hatte, dass eine maschinelle Lösung solcher Gleichungssysteme im Prinzip möglich ist⁴⁷, zunächst noch nicht bewältigt werden. Erst als sich die USA im Zweiten Weltkrieg befand, schritt die Entwicklung computergestützter Simulatoren entscheidend voran. Um die ballistischen Tabellen, die zur Vorhersage der Flugbahnen von Bomben und Geschossen notwendig waren, *schnell* zu berechnen, wurde die Computerentwicklung vorangetrieben. Resultat dieser Anstrengungen unter der Leitung von J. Presper Eckert und John W. Mauchly war der ENIAC, einer der ersten Digitalcomputer der Welt, der Anfang 1946 fertig gestellt wurde. 1943 wurde am MIT die Arbeit an einem *Airplane Stability Control Analyzer* aufgenommen, der zunächst als analoges Computersystem konzipiert war. Ab 1945 entschloss sich Jay Forrester, der Leiter der Projektgruppe, die noch völlig neuen Möglichkeiten digitaler Rechner zu nutzen, um einen universalen Flugsimulator zu bauen, der je nach Bedarf verschiedene Flugzeuge simulieren konnte (was langfristig eine enorme Kostenersparnis bedeutete).⁴⁸ Dieses, *Whirlwind* genannte, Projekt war eines der ersten in dem Kathoden-

47 Vgl. Owens, Robert: „Vannevar Bush and the Differential Analyzer. The Text and Context of an Early Computer“, in: James M. Nyce/Paul Kahn (Hrsg.): *From Memex to Hypertext. Vannevar Bush and the Mind's Machine*, Boston u.a. 1991, S. 3-38.

48 Everett, einer der Mitarbeiter am Whirlwind-Projekt, bemerkt: „The idea was to build a generalized trainer, which would actually solve the equations of motion and aerodynamics of an aircraft“ (Everett, Robert: „Whirlwind“, in: M. Metropolis u.a. (Hrsg.): *A History of Computing in the Twentieth Century*, New York 1980, S. 365-384, hier S. 365). Zur Geschichte von Whirlwind, siehe Edwards, Paul N.: *The Closed World. Computers and the Politics of Discourse in Cold War America*, Cambridge, MA/London 1996, S. 75-112.

strahlröhren als grafisches Display benutzt wurden. Dabei wurde um 1949 auch der erste Vorläufer der Computerspiele entwickelt: ein hüpfender ‚Ball‘ (ein Punkt), der durch richtige Wahl entsprechender Parameter in ein Loch gelenkt werden musste. Entscheidend ist, dass dieser ‚Ball‘ annähernd wie ein echter Ball hüpfte.⁴⁹ Woolley bezeichnet dieses Ereignis als den Beginn der *Computersimulation*.⁵⁰

Bei Simulationen muss erst „der reale Prozeß [...] in Mathematik *abgebildet* werden, um dann mittels Algorithmen im Rechner simuliert werden zu können“⁵¹. D.h. aus abgetasteten Messdaten aller Art und/oder aus diesen abgeleiteten, mathematisch formulierbaren Gesetzmäßigkeiten über das Verhalten des Prozesses kann man mathematische Modelle konstruieren, die den Prozess mit mehr oder weniger großer Annäherung beschreiben (im Beispiel des *Whirlwind*-Balles: das Verhalten eines elastischen Körpers unter dem Einfluss einer bestimmten Schwerkraft).⁵² Die Modelle können dann verändert werden, z.B. zur Prognose des Verhaltens des simulierten Objektes oder Prozesses unter verschiedenen Bedingungen oder – was besonders interessant ist – zur Vorwegnahme des Verhaltens eines auf dem simulierten Objekt oder Prozess beruhenden möglichen zukünftigen Objektes oder Prozesses.⁵³ Schließlich werden

49 Vgl. SIGGRAPH Proceedings 1989 II, 31.7.-4.8., Boston, MA, in: *Computer Graphics*, Vol. 23, No. 5 (Dezember 1989) hier S. 21.

50 Vgl. Woolley, Benjamin: *Die Wirklichkeit der virtuellen Welten*, Basel/Boston/Berlin 1994, S. 46. Allerdings hat Woolley hier Unrecht: Die ersten Simulationen (so genannte ‚Monte Carlos‘) wurden bereits ab Dezember 1945 auf dem ENIAC im Rahmen der amerikanischen Forschung an der Wasserstoffbombe durchgeführt, vgl. Galison, Peter: *Image and Logic. A Material Culture of Microphysics*, Chicago/London 1997, S. 689-780.

51 Neunzert, Helmut: „Mathematik und Computersimulation: Modelle, Algorithmen, Bilder“, in: Valentin Braitenberg/Inga Hosp (Hrsg.): *Simulation. Computer zwischen Experiment und Theorie*, Reinbek bei Hamburg 1995, S. 44-55, hier S. 44. Zu den frühen Diskussionen um das Verhältnis von Simulationen und der Natur, vgl. Galison: *Image and Logic* (Anm. 50), S. 738-746 und S. 776-780.

52 Vgl. SIGGRAPH Proceedings 1989 II (Anm. 49), S. 21 zum mathematischen Charakter des Ball-Modells: „Charlie Adams [...] invented what we call the Bouncing Ball Program, the solution of three differential equations.“ Ein Beispiel für das Abtasten von Daten sind die Atombombentests, die Frankreich 1995 auf dem Mururoa-Atoll durchführte. Diese Tests wurden damit gerechtfertigt, dass sie dazu dienen würden, Daten für Simulationen von Atomexplosionen zu sammeln, um so jeden weiteren realen Atombombentest überflüssig zu machen.

53 Vgl. Everett: „Whirlwind“ (Anm. 48), S. 365, der zum *Project Whirlwind* bemerkt, dass sich der Simulator bei der Eingabe der entsprechenden Daten auch wie ein „airplane not yet built“ verhalten könne.

die Modelle und ihr Verhalten auf verschiedenen (auditiven, visuellen oder sogar haptischen) Displays abgebildet: Die Flugsimulation wie auch viele Formen der wissenschaftlichen Visualisierung sind zwei Resultate.

Der ‚Realismus‘, der Bezug des Modells auf die Struktur eines realen Phänomens, steht am Anfang der Simulation: Flugsimulationen müssen die projektierte spätere Flugsituation so realistisch wie möglich vorwegnehmen, damit eine angemessene Vorbereitung geleistet werden kann. Dieser Realismus der Flugsimulatoren bezieht sich (wie angedeutet) auf zwei verschiedene Aspekte: Erstens auf das *interaktive Verhalten* des Simulators bei Aktionen des Piloten etc., d.h. darauf, wie genau und wie schnell der Simulator die Regeln befolgt, die das Verhalten eines realen Flugzeugs beschreiben.⁵⁴ Dies gilt auch für das Maß, in welchem sich die dargestellte ‚Landschaft‘, durch die das ‚Flugzeug‘ fliegt, mit der gewählten Flugroute ändert. Zweitens bezieht sich der Realismus aber auch auf den *Charakter des Displays*, durch das der Pilot die ‚Landschaft‘, durch die er vermeintlich fliegt, und gegebenenfalls die ‚Gegner‘, gegen die er vermeintlich kämpft, sieht und/oder hört. Hier geht es darum, unabhängig von der Echtzeit-Veränderung der dargestellten Grafik, wie ‚realistisch‘ die Flugsituation aussieht oder sich anhört. Damit beginnt das Streben nach ‚Realismus‘ oder ‚Fotorealismus‘, das große Teile der Computergrafik prägt.⁵⁵ Im Übrigen mündet dieses Streben im Diskurs der Informatik oft in dem utopischen „goal of simulating reality“⁵⁶.

Sofern z.B. *Beleuchtungsmodellen* empirisch gewonnene Kenntnisse über das Verhalten des Lichts an Oberflächen zu Grunde liegen, ist der computergrafische Realismus als Simulation zu bezeichnen: Es liegt

54 Zur Geschichte der Interaktion mit Computerdisplays, die bei Whirlwind begann und auf die ich hier nicht eingehe, vgl. Manovich, Lev: „Eine Archäologie des Computerbildschirms“, in: *Kunstforum International*, Bd. 132 (1995) S. 124-136.

55 Vgl. Newell, Martin E./Blinn, James F.: „The Progression of Realism in Computer-Generated Images“, in: *ACM 77. Proceedings of the Annual Conference*, New York 1977, S. 444-448, insb. S. 444. Die Techniken des computergrafischen ‚Fotorealismus‘ bis 1990 werden in Foley et al: *Computer Graphics* (Anm. 13), S. 605-648 ausführlich dargestellt.

56 Newell/Blinn: „The Progression of Realism“ (Anm. 55), S. 448. Auf die Utopien, die mit der Computersimulation sowohl in informatischen als auch in populären Diskursen verbunden sind und die als Endziel der ‚fotorealistischen‘ Ausrichtung eine Simulation imaginieren, die in nichts mehr von der wirklichen Welt unterschieden werden kann, wird hier nicht eingegangen, vgl. Schröter, Jens: *Das Netz und die Virtuelle Realität. Zur Selbstprogrammierung der Gesellschaft durch die universelle Maschine*, Bielefeld 2004, S. 216-238.

also auch auf dieser Ebene ein Weltbezug vor.⁵⁷ Der Realismus des Displays geht aber nicht vollständig in der Konzeption von Simulation als Computermodell eines realen Phänomens auf: Wie schon der Begriff ‚Fotorealismus‘, der in den Diskursen über Computergrafik immer wieder auftaucht, nahe legt, beziehen sich Teile des Realismus der Computergrafik auf die Übernahme bereits etablierter Konventionen aus der Fotografie und dem Film. So kann der Weltbezug generierter Bilder auch darin liegen, dass sie sich zwar nicht auf einen konkreten Referenten, wohl aber auf die ihnen vorhergehenden fotografischen Bilder, deren Ästhetiken und Funktionen beziehen.⁵⁸ Dies ist ebenso *optional* wie *hegemonial*.⁵⁹

4. Fazit: Kurze Bemerkung zur Politik der Unterscheidung analog/digital.

Die hegemoniale ‚Zurechtmachung‘ (Nietzsche) der eigentlich vielfältig formbaren generierten Bilder wird noch an anderen Phänomenen deutlich: Flugsimulatoren entspringen der Reaktion auf katastrophische, technologische Störungen (Flugzeugabstürze). Die Simulationstechnologien können als Antworten auf (potenzielle) Katastrophen verstanden werden. Sie sollen als „control environment“⁶⁰ operieren. In diesem *environment* werden das Erlernen der Beherrschung von technologischen Apparaturen oder das Durchführen von Experimenten gefahrlos möglich. Simulatoren sollen Vorhersagen liefern, um militärisches, wissenschaftliches oder wirtschaftliches Handeln auf ein gesichertes Fundament zu stellen. Flugsimulatoren dienen dazu, die Reaktionen und Körperbewegungen des Piloten so zu konditionieren, dass im späteren Realfall eine möglichst optimale Reaktion erzielt wird. Foley beschreibt

57 Vgl. Roch, Axel: „Computergrafik und Radartechnologie. Zur Geschichte der Beleuchtungsmodelle in computergenerierten Bildern“, in: Manfred Faßler/Wulf Halbach (Hrsg.): *Geschichte der Medien*, München 1998, S. 227-254. Roch bezieht sich auf Cook, Robert L./Torrance, Kenneth E.: „A Reflectance Model for Computer Graphics“, in: *ACM Transactions on Graphics*, No. 1 (1982) S. 7-24.

58 Zu den Limitationen des Fotorealismus vgl. Kittler, Friedrich: „Computergrafik. Eine halbertechnische Einführung“, in: Wolf: *Paradigma Fotografie* (Anm. 30), S. 178-194.

59 Vgl. Schröter: *Das Netz* (Anm. 56), S. 194-205.

60 Ellis, S. R: Nature and Origins of Virtual Environments. A Bibliographical Essay, in: *Computing Systems in Engineering*, Vol. 2, No. 4 (1991) S. 321-347, hier S. 327.

Testreihen mit Versuchspersonen, die belegen, dass ein gesteigerter Realismus des Displays zu schnelleren Reaktionen seitens der User führt: Der ‚Realismus‘ der Visualisierungen ist auch eine Technologie der Disziplinierung.⁶¹ In den Simulationstechnologien materialisiert sich so gesehen ein Wunsch nach einem „anderen wirklichen Raum, der so vollkommen, so sorgfältig, so wohlgeordnet ist wie der unsrige ungeordnet, missraten und wirr ist“⁶². Die Funktion von Simulationen als Kontrollinstanz zeigt sich z.B. in ihrer Verwendung in der Teilchenphysik. Die Ergebnisse von Simulationen ‚zukünftiger‘ Versuche dienen dort als Vergleichsmaßstab, vor dem die Ergebnisse realer Experimente erst bewertet werden können.⁶³

Im Fall von Simulationen kann man eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen den Bildern und der Welt lokalisieren. Anders als die fotografischen und die digitalisierten Bilder, die ihrem Referenten immer nachfolgen⁶⁴, können die Bilder der Simulation in gewisser Weise ihrem Referenten vorausgehen. Flugsimulationen sind keine Abbilder eines Flugs, der stattgefunden hat, sondern Vorbilder, die den Piloten für einen zukünftigen Flug vorbereiten. In der Architektur, im Maschinenbau und im Design dienen Simulationen oft dazu, neue Produkte erst einmal am Rechner zu entwerfen, potenziellen Kunden vorzustellen oder sogar um die neuen Produkte zu testen, bevor sie dann wirklich hergestellt werden. Von Verlust des Weltbezuges kann also keine Rede sein – eher sogar noch davon, dass generierte Bilder als Output von Simulationen ein zukünftiges Reales vor-bilden.

61 Vgl. Foley, James D.: Interfaces for Advanced Computing, in: *Scientific American* (Oktober 1987) S. 82-90. Er spricht explizit davon, dass die „maximization of user efficiency“ (S. 83) das Ziel verbesserter, interaktiver Interfaces sei. So gesehen, stehen die Simulatoren in einer längeren Tradition der Normalisierung und Disziplinierung, die in den arbeitswissenschaftlichen Forschungen Taylors und Gilbreths einen besonders markanten Ausdruck findet. Vgl. zum Einsatz fotografischer Medien dabei Lalvani, Suren: *Photography, Vision, and the Production of Modern Bodies*, Albany 1996.

62 Foucault, Michel: „Andere Räume“, in: Karlheinz Barck/Peter Gente/ Heidi Paris/Stefan Richter (Hrsg.): *Aisthesis. Wahrnehmung heute oder Perspektiven einer anderen Ästhetik*, Leipzig 1991, S. 34-46, hier S. 45.

63 Vgl. Galison: *Image and Logic* (Anm. 50), S. 746-752.

64 Obwohl selbst diese scheinbar evidente Eigenschaft in gewissem Grade kontextabhängig ist. So bezeichnet das Foto eines Pferdes im Rahmen eines Lexikoneintrags über die Tiergattung ‚Pferd‘ natürlich nicht nur dieses eine Pferd, das einstmals vor der Kamera stand, sondern alle Pferde, die jemals gelebt haben, die jetzt leben und auch die, die noch *leben werden* (auch die anderer Farbe und Größe und die anderen Geschlechts).

Vielleicht besteht das ideologische Moment in der Debatte über digitale Bilder mithin darin, deren verschiedene Formen von Weltbezug zu leugnen. Die Betonung der *repressiven* Machtfunktion der Möglichkeiten digitaler Bilder, also die Unterdrückung von Wahrheiten durch Manipulation, verstellt tendenziell den Blick auf die – im Sinne Foucaults⁶⁵ – *produktiven* Machteffekte der neuen Bilder: Sowohl Image Processing als auch die Computersimulation und die von ihr erzeugten Bilder sind mächtige Mittel, um sich einem dunklen Realen anzunähern, es zu analysieren und somit zu kontrollieren – das Militär, die Wirtschaftssysteme von Ost und West⁶⁶ und die Wissenschaftler haben das immer gewusst. Wenn das von Batchen beschriebene ‚Begehren zu Fotografieren‘⁶⁷ gelesen werden kann als das Begehren nach einem Bild, das als Abtastung ein Reales messbar, analysierbar und mithin kontrollierbar macht, dann existiert dieses Begehren noch immer – auch im ‚post-fotografischen Zeitalter‘. ‚Manipulation‘ ist keineswegs das Gegenteil von Weltbezug, sondern kann gerade dessen Bedingung sein.⁶⁸

Woher kommt eigentlich die geradezu zwanghafte Idee nur ein unberührtes, automatisches Bild könne oder müsste in irgendeinem Sinne ‚wahr‘ oder ‚objektiv‘ sein? Eine schwierige, nur historisch mühsam auszuarbeitende Frage.⁶⁹ Der Verdacht drängt sich aber auf, dass die

65 Vgl. Foucault, Michel: *Sexualität und Wahrheit. Bd. 1. Der Wille zum Wissen*, Frankfurt a.M. 1986, S. 159-190.

66 Zur Nutzung von Computersimulationen in West und Ost mit der Absicht, die wirtschaftlichen Abläufe genauer in den Griff zu bekommen, gibt es eine geradezu unüberschaubare Menge an Literatur, vgl. nur ein frühes Beispiel aus den USA: Orcutt, Guy H./Greenberger, Martin/Korbel, John/Rivlin, Alice M.: *Microanalysis of Socioeconomic Systems. A Simulation Study*, New York 1961; vgl. zur Rolle der Simulation in der sowjetischen Wirtschaftsplanung: Cave, Martin: *Computers and Economic Planning, the Soviet Experience*, Cambridge 1980.

67 Vgl. Batchen: *Burning with Desire* (Anm. 9), S. 36, 42, 52/53 und passim zum „desire to photograph“.

68 Das gilt übrigens auch – wie schon angedeutet – für die wissenschaftlichen Einsätze der Fotografie – siehe etwa die Beiträge von Alex Soojung-Kim Pang (zur astronomischen Fotografie an der Wende des 19. zum 20. Jahrhunderts) und Christoph Hoffmann (zu Machs und Salchers Geschossfotografien um 1887) in Geimer: *Ordnungen des Sichtbaren* (Anm. 5). Vgl. auch Lynch, Michael/Edgerton, Samuel: „Aesthetics and Digital Image Processing: Representational Craft in Contemporary Astronomy“, in: G. Fyfe/J. Law (Hrsg.): *Picturing Power: Visual Depiction and Social Relations*, London 1988, S. 184-220.

69 Vgl. dazu Daston, Loraine/Galison, Peter: „Das Bild der Objektivität“, in: Geimer: *Ordnungen des Sichtbaren* (Anm. 5), S. 29-99; und Galison, Peter: „Urteil gegen Objektivität“, in: Herta Wolf (Hrsg.): *Diskurse der Foto-*

noch immer ständig aufgebau(sch)te Trennung von ‚Wahrheit‘ und ‚Manipulation‘ – analog und digital – Symptom einer spezifischen sozialen Realität ist. Wenn die heutzutage alles dominierende Formation des Kapitalismus u.a. darin besteht, Produktionsprozesse warenfetischistisch hinter der Erscheinung der Produkte – im Sinne Adornos ‚phantasmagorisch‘ – zu verbergen, verwundert es dann, dass es ein massives Unbehagen gegenüber den Potenzialen digitaler Bildtechnologien gibt, die Oberflächen des Manifesten – das Reich des Analogen – zu durchstoßen?

Aber immerhin: Dies zu befragen, bleibt eine wichtige Aufgabe für KünstlerInnen, die mit Image Processing oder gar mit Simulationen arbeiten... Sie könnten eine unsichtbare und verdrängte Wirklichkeit in den Bildern aufdecken und so einen kritischen Weltbezug herstellen. Es sei an Bertolt Brecht erinnert, der in einem anderen Zusammenhang schon darauf verwies, dass

weniger denn je eine einfache ‚Wiedergabe der Realität‘ etwas über die Realität aussagt. Eine Photographie der Kruppwerke oder der AEG ergibt beinahe nichts über diese Institute. [...] Es ist also tatsächlich etwas aufzubauen, etwas ‚Künstliches‘, ‚Gestelltes‘.⁷⁰

grafie. Fotokritik am Ende des fotografischen Zeitalters, Bd. 2, Frankfurt a.M. 2003, S. 384-426.

70 Brecht, Bertolt: *Gesammelte Werke*, Frankfurt a.M. 1968. Bd. 18, S. 161/162.