Zeitschrift: Geschichte und Informatik = Histoire et informatique

Herausgeber: Verein Geschichte und Informatik

Band: 18 (2015)

Artikel: Unanschauliche Datenschwärme : eine medienhistorische Analyse interaktiver Visualisierungen mehrdimensionaler Daten am Computer

Autor: Miyazaki, Shintaro

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-685435

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

UNANSCHAULICHE DATENSCHWÄRME. EINE MEDIENHISTORISCHE ANALYSE INTERAKTIVER VISUALISIERUNGEN MEHRDIMENSIONALER DATEN AM COMPUTER

Shintaro Miyazaki

This chapter explores historical aspects of interactive data visualization between 1950 and 1975 in order to declare that from a media aesthetical perspective there has been since then no significant changes in the way data gets displayed, visualized and explored visually. Some media theoretical reasons for this strange development are formulated. Since the chapter has been written in the context of historically informed design and media research, it finally argues for alternative forms of data visualization, which might lead to new practices of interactive, multi-sensorial data aesthetics. Interweaving history and computer science (Geschichte und Informatik) reflects not only our own usage of data visualization but as well might help to develop it further

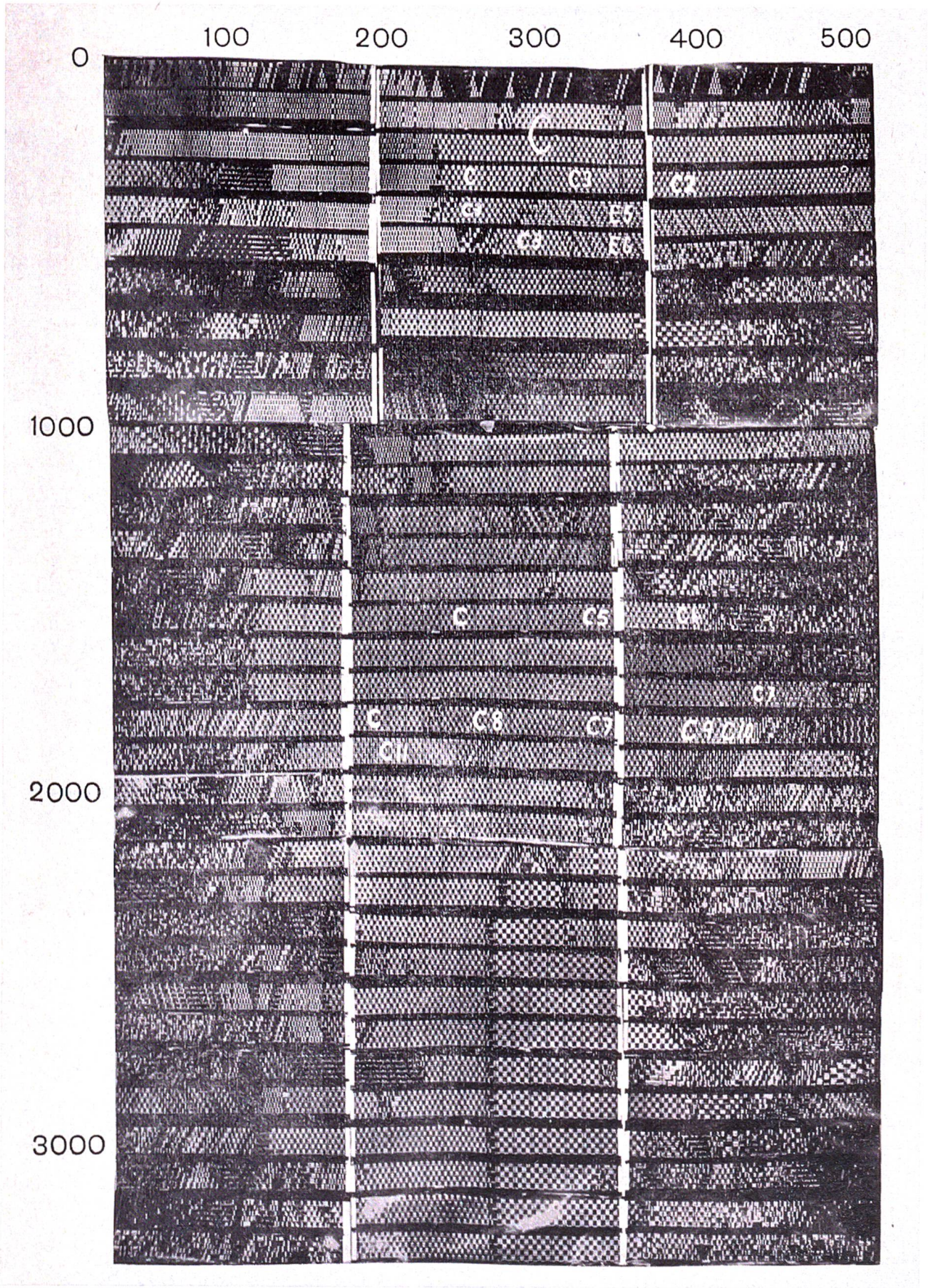
Mit dem Einzug des Computers in alle Gesellschaftsbereiche erweiterten sich auch die Untersuchungsgegenstände der Geisteswissenschaften. Im Zuge der *Digital Humanities*[1] bildet dieser Beitrag einen geschichtswissenschaftlich anschlussfähigen Zugang[2] zur Medienarchäologie[3] der Datenvisualisierung. Neue Ansätze für eine «datenorientierte Geschichtsschreibung»[4] provozieren eine (medien)historisch informierte Kontextualisierung dieser Methoden. Die vorliegende Studie wird dies durch eine Fokussierung auf die Wissens- und Mediengeschichte der interaktiven, computerbasierten Visualisierung mehrdimensionaler Datensätze durch Bildschirm- und Projektionsmedien einlösen. Das Untersuchungsfeld dieser Historisierung bilden Kontexte der Informatik, Statistik, Physik und Lebenswissenschaften. Aus der gewonnenen historischen Perspektive eröffnen sich Anschlussfragen, die aktuell im Rahmen einer interdisziplinären, historisch-informierten Wissensgestaltung erprobt werden. Die Verschränkung von Geschichte und Informatik dient damit nicht nur als Reflektion der geschichtswissenschaftlichen Methoden, sondern führt zu neuen Ansätzen der Wissensgestaltung, die daraufhin mit den stets medial und historisch bedingten Naturwissenschaften ausgehandelt werden könnten.

Datenrhythmisierung 1950

Die Statistik, etymologisch betrachtet aus dem lateinischen *statisticum* «den Staat betreffend», etablierte sich seit dem 18. Jahrhundert als «Lehre von den Methoden zum Umgang mit quantitativen Informationen.»[5] In der aktuellen Statistik werden mehrdimensionale Daten auch als multivariat[6] bezeichnet. Damit wird das Zusammenlegen mehrerer Werte oder Varianten eines bestimmten Parameters gemeint. Will man unentdeckte Zusammenhänge zwischen solchen Datenquellen herausarbeiten, zum Beispiel bei Banken zwischen ihren Umsätzen, ihrer Mitarbeiteranzahl, dem Durchschnittsalter der Mitarbeiter, dem Alter der Bank oder ihrer Liquidität, dann reicht die räumliche Darstellung auf drei Achsen nicht mehr aus. Mehrdimensionale Datensätze sind unanschaulich, das heisst nur noch symbolisch-mathematisch in den Griff zu bekommen. Um sie zu verstehen, müssen sie durch besondere Strategien medial, respektive medienästhetisch zugänglich gemacht werden.

Mit dem Aufkommen der ersten elektronischen Grossrechner Ende der 1940er Jahre konnte man Daten so schnell wie nie zuvor numerisch prozessieren, womit neue Kategorien von Berechnungen, Simulationen und Modellierungen möglich wurden. Der abrupte Anstieg der Rechengeschwindigkeit kombiniert mit den Neuerungen der Geometrie und Statistik sorgten für die Grundlage der epistemischen Explosivität der

ABBILDUNG 1
Figure 9 in: Nils Aall Barricelli, Symbiogenetic Evolution Processes Realized by Artificial Methods, in: Methodos. Linguaggio e Cibernetica, 9/35–36, 1957, S. 143–182.



aufkommenden Computertechnologie. Neben der herkömmlichen Textausgabe über eine Schreibmaschine, wurden die binär-digitalen Daten bei manchen Grossrechnern als Tanz sichtbarer Punkte auf Kathodenbildschirmröhren oder bei anderen als elektroakustisch erzeugtes Geräusch rhythmisiert.[7]

Die Daten*verklanglichung* war in den 1950er Jahren eine gängige Praxis, die im Laufe der 1960er Jahre vergessen wurde.[8] Das Datenhören war eine Sache der Übung, mit implizitem Wissen verknüpft und nur unter erschwerten Bedingungen visuell speicherbar. Dagegen war der dynamische Speicher der ersten speicherprogrammierbaren elektronisch-operierenden Rechenmaschine, der *Manchester Small-Scale Experimental Machine* (SSEM), fertig gestellt 1948, an der Oberfläche eines Speicherbildschirms – die *Williams-Kilburn-Röhre*[9] – als gitterartig geordneter Tanz von Lichtpunkten sichtbar und damit fotografierbar. Der Speicherbildschirm diente, wie die erwähnte Datenmusik, als dynamischer Anzeiger der Speicherzustände und damit auch der Rechenvorgänge und des Datentransfers. Er ist eine historische Variante der RAM-Speicher in aktuellen Computern, nur sind die Speicherzustände heute unsichtbar. Bald kamen die Ingenieure und Wissenschaftler auf die Idee, den Bildschirm zu filmen oder zu fotografieren und die statischen Bilder in wissenschaftlichen Publikationen als Visualisierung von Rechenresultaten zu verwenden. Die Bilder integrierten sich schnell in die ohnehin visuell dominierte Wissensproduktion, denn Computergrafik war auf Papier publizierbar, Computermusik hingegen nicht.

Bereits 1953 hatte der norwegisch-italienische Mathematiker Nils Aall Barricelli am Grossrechner des *Institute for Advanced Study* (IAS) in Princeton,[10] der 1952 unter der Leitung von John von Neumann fertiggestellt worden war, an computergenerierten, evolutionären Prozessen mittels zellulärer Automaten geforscht. Das visuelle Resultat war eine gitterartig, sequentielle Anordnung von Einzelbildern des Speicherbildschirms, die eher statisch und simpel aussah, inhaltlich jedoch zukunftsneisend war. Die organischen Muster gehören zu den ersten wissenschaftliche Datenbildern (ABBILDUNG 1). Die technisch-präzise Produktion von dynamisch-komplexen Grafiken und wissenschaftlichen Visualisierungen fand hingegen seit den 1920er Jahren am Oszilloskop, dem elektronischen Gegenstück der vormals mechanischen Inskriptionsmaschine, statt. In den 1930er Jahren wurde die analog-elektronisch generierte Grafik durch die Fernseh- und Radartechnologie, insbesondere durch Manfred von Ardenne, weiterentwickelt und die Weiterentwicklung der Elektronik durch die *Radio Corporation of America* in den 1940er Jahren vorangetrieben. In den 1950er Jahren experimentierte der Mathematiker und Künstler Benjamin Francis Laposky mit «elektronischen Abstraktionen», die er

am Oszilloskop erzeugte, fotografierte und etwa in der akademischen Zeitschrift *Scripta mathematica* von 1952 (18. Ausgabe) publizierte. Die Strukturen seiner Bilder erinnern an komplexe dynamische Lissajous-Figuren. Für die computerbasierte Generierung ähnlich komplexer Bilder, waren die Computerschaltkreise und ihre binär-digitalen Signale in den 1950er Jahren noch zu langsam, vor allem wenn diese auf gerasterten Bildschirmen[11] dargestellt werden sollten.

Erst die Etablierung der digitalen Signalverarbeitung durch das Aufkommen schneller Multiplikations-Chips gegen Ende der 1970er Jahre[12] ermöglichte es, exakte und dynamische Bilder, die qualitativ den «analogen» Bildern gleichwertig waren, zu berechnen und auf der Oberfläche des Kathodenstrahlbildschirms zu rhythmisieren. Viele analog-elektronische Inskriptionsmaschinen verschwanden und wurden durch interaktive, digitale Systeme ersetzt. Die technologischen Prinzipien der interaktiven Computergrafik wurden jedoch bereits in den 1960er Jahren ausgelotet.

Computergrafik 1960

Um 1960 zeichnete sich die Praxis Bilder mit dem Computer zu generieren durch drei eher getrennte Kontexte aus: Erstens die militärische Forschung, zweitens die Forschung der zivilen Luftfahrt- und Autoindustrie und drittens die naturwissenschaftliche Grundlagenforschung. Im Zuge des Kalten Kriegs entwickelte die militärisch orientierte Forschung vor allem der USA in den Bereichen Ballistik, Flugsimulation und Sicherheit interaktive Computersysteme zur grafisch-visuellen Anzeige, Überwachung und Kontrolle zeitkritischer militärstrategischer Daten und Informationen,[13] wie das erste computergestützte Luftverteidigungssystem *Semi-Automatic Ground Environment* (SAGE) des nordamerikanischen Weltraumverteidigungskommandos – *North American Aerospace Defense Command* (NORAD). Gleichzeitig forschte die zivile, jedoch militäraffine Flugzeug- und Autoindustrie – etwa *Boeing* – an der Automatisierung von Zeichen- und Entwurfsprozessen, das heisst an computergesteuerten Druckverfahren. In den drei Wissenskulturen herrschten unterschiedliche Zeitökonomien, die jeweils mit unterschiedlichen Medienästhetiken gekoppelt waren.

Die spezifische Vermengung von Arbeitswissenschaft, Psychophysik, Kybernetik und Ingenieurwissen im Rahmen militärstrategischer Forschungen machte den Computer bereits in den späten 1950er Jahren zum interaktiven Medium. Der Operator konnte die Rechenprozesse unterbrechen und per Eingabe oder anderen Schnittstellen manipulieren. Es ging um die unmittelbar visuelle Darstellung von strategisch relevanten Ereignissen – beispielsweise Radardaten – auf die zeitkritisch,[14] das

heisst rechtzeitig, reagiert werden musste, um die Sicherheit der Nation aufrecht zu erhalten.

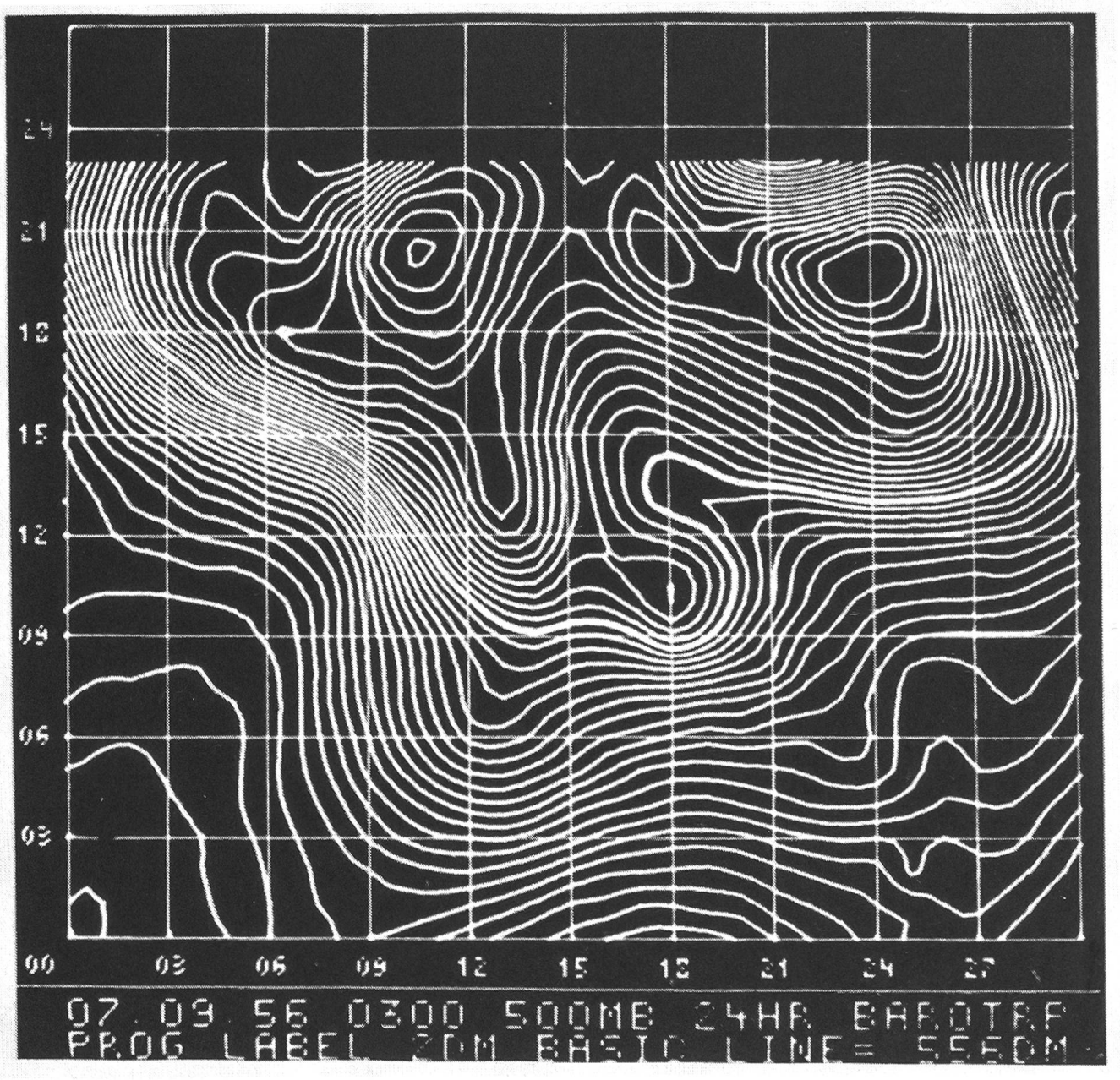
In der Industrie hingegen ging es um die zeitunkritische Visualisierung und Parametrisierung von Entwürfen industriell-produzierter Artefakte wie sie in *Computer graphics in communication* von William A. Fetter, der das Wort Computergrafik erstmals im Jahr 1960 benutzt haben soll, dargestellt wurden.[15] Zeit spielte hier ebenso eine ökonomische Rolle, doch ging es nicht um Millisekunden oder Minuten, sondern viel mehr um Stunden oder Tage. In der Grundlagenforschung schliesslich spielte die Geschwindigkeit der Visualisierung nahezu keine Rolle, da es um die Erkenntnisse an sich ging. «Rechenzeit» war jedoch auch hier ein ökonomischer Faktor.

Die materiell-technologische Basis der drei unterschiedlichen Manifestationen der Computergrafik als Kulturtechnik[16] waren erstens interaktive Computersysteme mit dem Kathodenstrahlröhrenbildschirm als Ausgabe, zweitens computergestützte Entwurfssysteme mit Kurvenschreiber, die Papier bedruckten und drittens problemspezifische Grossrechner-Anlagen, die in den Anfängen meist nicht-interaktive IBM-Gerätschaften einsetzten.

Das Leitmedium der wissenschaftlich-akademischen Kommunikation war auch in den fortschrittlichen 1960er Jahren die auf Papier gedruckte Publikation. Um ihre Forschungsresultate zu demonstrieren und publizierbar zu machen,[17] waren die Wissenschaftler demnach gezwungen, seltsam hybride Aufschreibesysteme aus Film-, Radar-, Fernseh- und Computertechnologie zusammenzustellen. Die Kultur der Inskriptionsmaschinen aus dem 19. Jahrhundert verschwand demnach nie. *IBM* stellte bereits ab 1954 den *IBM 740 Cathode ray tube output recorder* her, der die ephemeren Computerbilder fotografieren konnte und damit reproduzierbar, das heisst druckbar machte. Anwendungsfelder solcher Medienpraktiken um 1960 waren die Meteorologie[18] (ABBILDUNG 2), Hydrodynamik[19] oder Kristallographie.[20]

Während Papier das Leitmedium der Wissenschaften war, herrschten in der Populärkultur längst andere Leitmedien, wie etwa das Telefon, der Film, das Radio oder das Fernsehen. Es war kein Zufall, dass die *Bell Telephone Laboratories* mit Edward E. Zajac oder Kenneth C. Knowlton den frühen Computeranimationsfilm erprobten. Das Programm für die Generierung der Computerbilder wurde in einen *IBM 7090* Grossrechner durch Lochkarten eingeben und auf Magnetband ausgegeben. Im *SC 4020 High Speed Microfilm Recorder* von Stromberg-Carlson, der die Grösse etwa eines Kleiderschranks hatte, wurden danach die Daten auf dem Magnetband zu Bildern auf einem Kathodenstrahlröhrenbildschirm namens *Charactron* umgewandelt. Die computergenierten Bilder wurden

ABBILDUNG 2
Photographie eines Isohypsenfeldes auf dem Schirm einer Kathodenstrahlröhre. Abb. 2 in: Von. F. Wippermann, Kartenmässige Darstellung atmosphärischer Felder auf dem Schirm einer Kathodenstrahlröhre, in: Tellus, 11/2, 1959, S. 253–256.



dann als Einzelbilder auf einen 35mm-Film belichtet. Bis der Film entwickelt wurde, gab es keine Möglichkeit der visuellen Überprüfung ausser dem Ausdruck eines Einzelbildes über einen Textdrucker oder einem Kurvenschreiber.[21]

Die Experimente am *IBM 7090* kombiniert mit einem *SC 4020* von Knowlton und Zajac waren das Produkt eines Experimentalsystems,[22] woran gleichzeitig andere Kollegen der Bell Labs, die sich eher mit statistischen Problemen der Wahrnehmungspsychologie und Kognition beschäftigten, arbeiteten. Joseph Kruskal, Roger N. Shepard, Jih Jie Chang, J. Douglas Carroll und andere programmierten Werkzeuge der visuellen Analyse von statistischen Daten, die sie multidimensionale Skalierung nannten.[23] Interessant ist, dass die Hardware-Konfiguration – das Experimentalsystem – dieser Forschungsgruppe weder in den Publikationen noch in den Filmen[24] beschrieben wird, vielmehr werden mathematische, geometrische und statistische sowie später algorithmische Probleme der computergestützten Analyse beschrieben, mit denen Daten aus psychologischen Studien dargestellt, untersucht und differenziert werden können. Die anfänglich vielleicht nur auf der Ebene der Publikation bemerkbare Hardwarevergessenheit der computerbasierten Statistik und das Aufkommen der Informatik, die sich gleichsam nicht mit den realen technologischen Problemen, sondern mit der symbolischen Programmierung durch formale Hochsprachen wie *Fortran* oder *Algol* befasste, führte, so die These der vorliegenden Studie, zur aktuellen Softwareversessenheit und Stagnation der interaktiven Visualisierungen mehrdimensionaler Daten durch Computergrafiken. Hierzu jedoch später ausführlicher.

Prim-9 1972

Obwohl bereits technologisch implementierbar, war die wissenschaftlich-objektive Visualisierung mehrdimensionaler Datensätze, wie sie durch die Astronomie, Physik und später Biologie erzeugt wurden, in den frühen 1960er Jahren meist noch dem Epistem des *batch-processing* der frühen IBM Grossrechner verhaftet. Interaktivität war keine Option. Wurde der Rechenprozess für die Visualisierung einmal begonnen, war die einzige Interaktionsmöglichkeit ihn wieder zu beenden.

Der medientechnologische Kurzschluss der bereits interaktiven, militärischen Überwachungscomputersysteme mit der noch Papiergeprägten Computergrafik erfolgte am *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), wo in den späten 1940er Jahren der Whirlwind-Computer für das bereits erwähnte computergestützte Luftverteidigungssystem entwickelt wurde. Im Januar 1963 reichte Ivan E. Sutherland seine Dissertation *Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System*[25] ein. *Sketchpad* wurde am TX-2, die zweite optimierte und transistorisierte Variante des Whirlwind-Computers, programmiert und gilt als eines der ersten interaktiven Entwurfsprogramme, die später zum rechnerunterstützten Konstruieren – *computer-aided-design* (CAD) – entwickelt wurden. Mit einem Lichtgriffel, der bereits im erwähnten *SAGE*-Abwehrsystem eingesetzt wurde, konnte man, dank einer grafischen Schnittstelle, direkt am Bildschirm oder präziser auf dem Bildschirm zeichnen. Das Programm vereinfachte somit das computergestützte und automatische Entwerfen drastisch. Die Visualisierung entstand nicht mehr durch Programmzeilen, die meist per Lochkarte – wie beim System von William A. Fetter bei Boeing – eingelesen wurden, sondern viel einfacher durch interaktives Zeichnen auf dem Bildschirm.

Die Entwicklung interaktiver CAD-Systeme erfolgte in den frühen 1960er Jahren jedoch nicht alleine am MIT, sondern gleichzeitig in den Bell Labs, bei Xerox, General Electronics, IBM, an der University of California Los Angeles und anderen Forschungsinstitutionen.[26] Während diese neue Ausprägung der Computergrafik durch Synthesen militärischer Medientechnologien und ziviler Entwurfswerkzeuge entstand, dauerte es etwa fünf Jahre bis sie im Kontext der Grundlagenforschung im Bereich der wissenschaftlichen Datenvisualisierung zur Anwendung kam.

Im Dezember 1968 installierte ein Team aus Physikern und Informatikern am *Stanford Linear Accelerator Center* (SLAC), dessen Teilchenbeschleuniger *The Stanford Two-Mile Accelerator* Ende 1966 fertiggestellt wurde, die *Graphic Interpretation Facility* (GIF).[27] Sie diente der grafischen Interpretation teilchenphysikalischer Daten und bestand aus einem interaktiv steuerbaren Sub-Computer – ein *Varian 620/i* der Firma *Varian Associates* – und aus einem grafischen Anzeigesystem – die *Information*

Displays, Inc. Input-Output Machine (IDIIOM). Der *Varian 620/i*, einer der neuen Mini-Computer, optimierte Varianten des Whirlwind-Computers, war mit einem *IBM SYSTEM 360* verbunden. Um die emphemeren Zeitbilder des Kathodenstrahlbildschirms der *IDIIOM* zu speichern, wurde eine 16-mm-Kamera aus der Filmindustrie, die *ARRIFLEX 16 M*, eingesetzt. Die üblichen «Flicker»-Effekte konnten vermieden werden, weil die Kamera mit dem computerisierten Anzeigesystem synchronisiert war. Zusätzlich wurde ein opto-mechanisches Schaufenster konstruiert, das einen stereoskopischen Effekt, heute bekannt als 3D-Effekt, erzeugte. Alleine die Anzeigekonsole kostete siebzigtausend US-Dollar.[28] Die ganze Einrichtung kostete mehrere Millionen.[29] Im Unterschied zu den späteren und kostengünstigeren Rastergrafik-Bildschirmen beruhte die Anzeige der IDIIOM noch auf dem Prinzip der Vektorgrafik.

Die Menge der Computerdaten, die durch die teilchenphysikalischen Experimente am SLAC generiert wurden, nahm stets zu, gleichzeitig wurde nach wie vor mit analog-elektronischen Mediengefügen gemessen und gerechnet, fotografiert und Filmaufnahmen gemacht.[30] Die Zunahme der Daten provozierte jedoch neue Methoden der numerisch-statistischen Analyse und ihrer Visualisierung. Die Interaktivität der neuen Computer aus dem *SAGE*-Kontext – die Mini-Computer der 1960er Jahre – hatte sich bereits als neue Technologie etabliert. Sie wurde zeitgleich auch im *Beam Switchyard* eingesetzt, einem wichtigen Teil des *SLAC*, wo die Elementarteilchen nach der Beschleunigung durch den Linearbeschleuniger durch diverse Magnete abgelenkt und in verschiedenen Gebäuden in der *End Station Area* abgefangen wurden. Die «Digitalisierung» der Steuerung eliminierte Verzögerungen und Fehler, die durch falsche, vorher menschliche Kommunikationen zwischen zwei räumlich getrennten Gebäuden erzeugt wurden.[31]

Neue Hardware alleine reichte jedoch nicht. Um einen erleichterten Zugang zur Programmierung von interaktiven Grafikprogrammen zu ermöglichten und die Einrichtung für neue Forschungsprojekte zu öffnen, wurden ebenso neue Software-Pakete und vereinfachte Programmiersprachen entwickelt.[32] Anfangs der 1970er Jahre wurde die neue Einrichtung vom Statistiker John Wilder Tukey besucht, der 1966 einer der Gründer des Departement für Statistik der *Princeton University* war. Tukey benutzte bereits in den 1940er Jahren das Wort «Bit», 1958 das Wort «Software» im heutigen Sinne,[33] entwickelte 1965 zusammen mit James W. Cooley den Algorithmus für die schnelle Fourier-Transformation[34], interessierte sich seit den frühen 1960er Jahren für die Datenvisualisierung mit dem Computer und prägte massgeblich die Methode der explorativen Datenanalyse, worüber er in den späten 1970er Jahren eine Monographie veröffentlichte,[35] die nach wie vor als Lehrbuch gelesen wird.

Der viermonatige Besuch in der GIF im Frühjahr 1972 wurde durch den damaligen Leiter der *Computational Research Group* William F. Miller arrangiert.[36] Der Besuch kann als medienhistorisches Ereignis mit katalytischer Wirkung betrachtet werden. Zusammen mit Mary Anne Fisherkeller und Jerome H. Friedman entwickelte er in dieser kurzen Zeit das interaktive Visualisierungsprogramm *Prim-9*, das für die explorative Analyse mehrdimensionaler Datensätze aus Kollisionsexperimenten am Teilchenbeschleuniger eingesetzt wurde.[37] *Prim-9* war zukunftsweisend. Ein 1973 veröffentlichter kurzer Film[38] dokumentiert die wichtigsten Eigenschaften dieses Systems, das in einem technischen Report, publiziert im April 1974, wie folgt beschrieben wurde: «PRIM-9 is an interactive data display and analysis system for the examination and dissection of multidimensional data. It allows the user to manipulate and view point sets in up to nine dimensions. This is accomplished by providing all 36 two-dimensional projections along the original axes at the push of a button, along with the ability to rotate the data to any desired orientation. These rotations are performed in real time and in a continuous manner under operator control.»[39]

Das System ermöglichte die interaktive Projektion, Rotation, Isolation und Maskierung von bis zu neun-dimensionalen Datensätzen und die manuelle Exploration und Nachverfolgung – *Projection Pursuit* – ihrer zwei-dimensionalen Projektionen. Es konnten einzelne Datensätze isoliert beziehungsweise maskiert werden, wobei bestimmte Dimensionen – auch Koordinaten genannt – rausgefiltert, also maskiert werden konnten. Dieses explorative Verfahren diente letztlich der bildbasierten Unterscheidung der Datensätze zu differenzierbaren Ansammlungen, Mengen oder Clustern.[40] Die Zwischenresultate der Visualisierung konnten gespeichert und später abgerufen wurden.

Prim-9 prägte durch seine hohe Interaktivität und das avancierte Analyseverfahren massgebend die weitere Entwicklung der Kulturtechnik der interaktiven Datenvisualisierung. Bereits während der Entwicklung des Systems experimentierten Tukey und Friedman an einem automatischen *Projection Pursuit*, der das manuelle Explorieren automatisieren, das heisst auch algorithmisieren konnte.[41] Das Prinzip wurde in den 1980er Jahren wieder aufgegriffen und gehört seitdem zum Repertoire jeder statistischen Visualisierungsapplikation.

Visual Analytics 2004

Fast genau dreissig Jahre nach der Publikation des technischen Reports zum *Prim-9*-System, im Herbst 2004 widmet sich die wissenschaftlich hoch renommierte Zeitschrift *Computer Graphics* mit einer Spezialausgabe dem Thema *Visual Analytics*,[42] das seitdem als neues interdisziplinäres Wissensfeld zelebriert wird. Mit der rasanten Senkung der Produktionskosten und der gleichzeitigen Miniaturisierung der digital-elektronischen Schaltkreise und dem Aufkommen des PCs im letzten Viertel des 20. Jh. verbreitete sich die interaktive Datenvisualisierung aus dem Kontext regierungsgeförderter Forschungslaboratorien der Teilchenphysik bis in die Laboratorien der Lebenswissenschaft und sogar die Schreibtische von Historikern.

Visuelle Analytik ist eine zukunftsweisende und wachsende Wissenschaft, «a contemporary and proven approach to combine the art of human intuition and the science of mathematical deduction to directly perceive patterns and derive knowledge and insight from them.»[43] Während in den letzten vierzig Jahren neben dem interaktiv explorierbaren mehrdimensionalen Datenschwarm aus dem Umfeld des *Prim-9*-Systems weitere Darstellungsformen wie das Parallelkoordinatensystem[44] entwickelt und altbewährte Visualisierungen wie das Kreisdiagramm, die Karte und das Netzwerk optimiert und erweitert wurden, änderte sich der Anspruch einer auf «Augenarbeit»[46] beruhenden Wissensproduktion nicht. Denn ihre Nützlichkeit scheint von den Wissenschaftlern, Ingenieuren und Mathematikern selten je in Frage gestellt worden zu sein. Die Optimierung fand weniger auf der Ebene der Visualisierung statt. Es wurden stattdessen zahlreiche Hardware- und Softwaresysteme entwickelt. Die technischen Verfahren der Datenanalyse, -exploration, -auswertung und -visualisierung verbesserten sich ständig. Computer wurden effizienter, vernetzt und parallelisiert. Neue Algorithmen wurden geschrieben, altbewährte optimiert und es wurden massenweise Daten generiert. Die dynamisch-interaktiven Bilder der *Computational Sciences* wurden grösser, genauer und komplexer: Allein das Problem der Unanschaulichkeit mehrdimensionaler Datensätze blieb ungelöst, vor allem wenn sie in noch nie dagewesenen Mengen produziert werden.

Datenästhetik 2015?

Die Verschränkung von Geschichte und Informatik mit besonderem Fokus auf die interaktive Visualisierung mehrdimensionaler Daten erschöpft sich nicht nur in der rein analytischen Historisierung der *Visual Analytics* und der Darlegung ihrer medientechnologischen Genealogie, sondern könnte darüberhinaus neue Synthesen im Wissensfeld einer historisch informierten Wissensgestaltung provozieren, die daraufhin mit den stets medial und historisch bedingten Naturwissenschaften ausgehandelt werden könnten. Abschliessend sind damit folgende Aspekte hervorzuheben:

Wissensgestalterisch und medienästhetisch betrachtet, erreichen viele der aktuellen Visualisierungsverfahren die Grenze der visuellen Komplexitätsverarbeitung. Durch die medienhistorische Analyse der Veranschaulichung von Daten, besonders der frühen Grossrechner um 1950, wurde auf den Misserfolg alternativer Formen der Datenästhetisierung, wie etwa die Verklanglichung von Daten, hingewiesen. Die Darlegung der medien- und wissenshistorischen Gründe für diese Probleme konnte in der vorliegenden Studie nur angedeutet werden, doch beruhen sie hauptsächlich auf zwei Tendenzen. Einerseits operieren die empirischen Wissenschaften seit jeher eher nicht historisch, interessieren sich nur für die inhaltlichen Probleme ihrer Untersuchungsgegenstände und weder für die Geschichte noch die Ästhetik ihrer Experimentalsysteme. Ihre grundlegende Evaluation liegt nicht in ihrer Forschungsagenda. Andererseits ist das Papier bzw. die gedruckte Publikation immer noch das gängigste Medium der wissenschaftlichen Kommunikationskultur.[46] Es gab in der Wissensproduktion der Fachwissenschaften keine Möglichkeit zur Kultivierung alternativer Darstellungsmodalitäten, wie der klangbasierten Prozessanalyse. Wie bereits erwähnt: Computergrafik konnte man drucken, Computermusik nicht, respektive mussten Klänge wiederum visualisiert werden, um sie publizierbar zu machen.

Mit der Verbreitung akademisch-wissenschaftlicher Online-Publikationen seit den 1990er Jahren und ihrer steigenden Akzeptanz, könnte sich dies ändern. Laut dem englischsprachigen Verzeichnis *Ulrich's Periodicals Directory* waren 2004 achtzig Prozent der wissenschaftlichen Fachzeitschriften mit begutachteten Beiträgen im *World Wide Web* (WWW) in digitaler Form verfügbar.[47] Mit der zunehmenden Digitalisierung und Standardisierung audiovisueller Medienformate werden diese seit einigen Jahren in die wissenschaftliche Argumentation meist in Form von Film, Animation oder Sound in den sogenannten *Supplementary Materials* (etwa in der Fachzeitschrift *Science,* einer der am häufigsten zitierten ihrer Art[48]), eingesetzt. Die Demokratisierung digitaler Tools führte längst zu neuen Studiengängen an Kunst- und Designhochschulen.

Eine medien- und wissenshistorisch informierte Gestaltungspraxis, die sich für die aktuelle Wissensproduktion interessiert, könnte hier ansetzen und eine komplementäre Datenästhetik, die Visualisierung mit Sonifizierung kombiniert und damit den Klang als alternative Wahrnehmungsmodalität zum Visuellen starkmachen würde, erproben.

Zur dargelegten Historisierung der Datenvisualisierung müsste dafür zusätzlich die Geschichte der Datensonifikation[49] erarbeitet werden. Gleichzeitig wäre es essentiell, diese Erkenntnisse wieder in die experimentelle, das heisst ergebnisoffene Wissensgestaltung audiovisueller Softwareapplikationen, Medieninstallationen und anderer offener Systeme zu integrieren.

1 Anne Burdick, Johanna Drucker, Digital Humanities, Cambridge, MA 2012, S. 42.
2 Für einschlägige Hinweise zur erfolgreichen Verschränkung beider Disziplinen, vgl. Monika Dommann, David Gugerli, Geschichtswissenschaft in Begutachtung. Acht Kommentare zur historischen Methode der Gegenwart, in: Traverse. Zeitschrift für Geschichte , 2011, S. 154–164, hier S. 160; John Durham Peters, Geschichte als Kommunikationsproblem, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft, 1, 2009, S. 81–92.
3 Knut Ebeling, Wilde Archäologien 1. Theorien der materiellen Kultur von Kant bis Kittler, Berlin 2012; Wolfgang Ernst, M.edium F.oucault. Weimarer Vorlesungen über Archive, Archäologie, Monumente und Medien, Weimar 2000.
4 Peter Haber, Digital Past. Geschichtswissenschaft im digitalen Zeitalter, München 2011, S. 112.
5 Horst Rinne, Taschenbuch der Statistik, Frankfurt, M. 2008, S. 1.
6 Klaus Backhaus et al., Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung, 11. überarb. Aufl., Heidelberg 2006.
7 Vgl. dazu Shintaro Miyazaki, Algorhythmisiert. Eine Medienarchäologie digitaler Signale und (un)erhörter Zeiteffekte [Zugl.: Berlin, Humboldt-Univ., Diss., 2012], Berlin 2013, S. 78ff.
8 Ebd., S. 100ff.
9 Frederic C. Williams, Tom Kilburn, The University of Manchester computing machine, in: Proceedings of the Review of Electronic Digital ComputerS. International workshop on managing requirements knowledge, Los Alamitos, CA 1951, S. 57–61.
10 Nils Aall Barricelli, Symbiogenetic evolution processes realized by artificial methods, in: MethodoS. Linguaggio e cibernetica, 9/35–36, 1957, S. 143–182; Alexander R. Galloway, The computational image of organization. Nils Aall Barricelli, in: Grey Room, 46 2012, S. 26–45.
11 Bis in die 1970er Jahre wurden Computergrafiken als Vektorbilder dargestellt. Das Rasterbild wurde aber später zum Standard. Zur Mediengeschichte der Rasterdarstellung: Peter Berz, Bitmapped graphics, in: Axel Volmar (Hg.), Zeitkritische Medien, Berlin 2009, S. 127–154. Ebenso, Claus Pias, Computer Spiel Welten, Zürich 2002, S. 92.
12 Miyazaki (Anm. 7), S. 169ff.
13 Pias (Anm. 11), S. 69ff.
14 Dazu einschlägig: Axel Volmar (Hg.), Zeitkritische Medien, Berlin 2009.
15 William A. Fetter, Computer graphics in communication, New York 1965, S. 5.
16 Bernhard Siegert, Kulturtechnik, in: Harun Maye, Leander Scholz (Hg.), Einführung in die Kulturwissenschaft, 1. Aufl., Paderborn 2011, S. 95–118.
17 Bruno Latour, Visualisation and cognition. Thinking with eyes and hands, in: H. Kuklick (Hg.), Knowledge and society studies in the sociology of culture past and present, 6, 1988, S. 1–40, hier S. 20ff.
18 Von F. Wippermann, Kartenmässige Darstellung atmosphärischer Felder auf dem Schirm einer Kathodenstrahlröhre, in: Tellus, 11/2, 1959, S. 253–256.
19 B. E. Drimmer, A. D. Solem, H. M. Sternberg, The cinematic display of numerical solutions of explosion hydrodynamics problems, in: Journal of the SMPTE, 70, 1961, S. 803–805.
20 Allen C. Larson, Don T. Cromer, R. B. Roof, The crystal structure of Pu 3 Co, in: Acta Crystallographica, 16, 1963, S. 835–836.
21 Kenneth C. Knowlton, A computer technique for producing animated movies, Proceedings of the April 21-23, 1964, spring joint computer conference, New York, 1964, S. 67–87; E. E. Zajac, Computer-made perspective movies as a scientific and communication tool, in: Communications of the ACM, 7, 1964, S. 169–170.
22 Hans-Jörg Rheinberger, Experiment. Differenz. Schrift. Zur Geschichte epistemischer Dinge, Marburg an der Lahn 1992.
23 Roger N. Shepard, The analysis of proximities. Multidimensional scaling with an unknown distance function. I., in: Psychometrika, 27, 1962, S. 125–140, hier S. 132.
24 Vgl. den dreiminütigen Werbefilm, Multidimensional Scaling, AT&T Bell Laboratories http://stat-graphics.org/movies/multidimensional-scaling.html (zuletzt überprüft 14.10.2013).
25 Pias (Anm. 11), S. 89; Ivan Edward Sutherland, Sketchpad. A man-machine graphical communications system, Technical Report 296, MIT Lincoln Laboratories 1963.
26 Für den weiteren Verlauf der Mediengeschichte interaktiver Softwareoberflächen vgl. Margarete Pratschke, Interaktion mit Bildern. Digitale Bildgeschichte am Beispiel grafischer Benutzeroberflächen, in: Horst Bredekamp, Birgit Schneider, Vera Dünkel (Hg.), Das Technische Bild. Kompendium zu einer Stilgeschichte wissenschaftlicher Bilder, Berlin 2008, S. 68–81.
27 Robert C. Beach, Mary Anne Fisherkeller, George A. Robinson, An on-line system for interactive programming and computer generated animation (SLAC-PUB-939 (MISC) AUGUST 1971, Stanford Linear Accelerator Center), Stanford, CA 1971.
28 Don Bissell, Was the IDIIOM the first standalone CAD platform?, in: IEEE Annals of the History of Computing, 20, 1998, S. 14–19, hier S. 18.
29 Jerome H. Friedman, Werner Stuetzle, John W. Tukey's work on interactive graphics, in: The Annals of Statistics, 30, 2002, S. 1629–1639, hier S. 1630.

30 Dazu die Berichte in, Richard B. Neal (Hg.), The Stanford two-mile accelerator, New York 1968. Der Wissenschaftshistoriker Peter Galison differenzierte in der Wissensproduktion der Teilchenphysik eine analoge Bild- und eine mathematische Logiktradition, die sich durch das Aufkommen des Computers in den 1970er Jahren allmählich zum Hybrid der numerisch-logischen Bilder transformierte, vgl. Peter Galison, Pure and hybrid detectors. Mark I and the Psi, in: Lillian Hoddeson et al. (Hg.), The rise of the standard model particle physics in the 1960s and 1970s, Cambridge, UK 1997, S. 308–337, hier S. 308, 333.
31 K. Breymayer et al., SLAC control room consolidation using linked computers (SLAC-PUB-866, March 1971), Stanford, CA 1971.
32 Beach, Fisherkeller, Robinson, (Anm. 37) , S. 11ff.
33 John W. Tukey, The teaching of concrete mathematics, in: The American Mathematical Monthly, 65, 1958, S. 1-9, S. 2.
34 James W. Cooley, John W. Tukey, An algorithm for the machine calculation of complex Fourier Series, in: Mathematics of Computation, 19/90, 1965, S. 297–301.
35 John W. Tukey, Exploratory data analysis, Reading, MA 1977.
36 Friedman, Stuetzle, (Anm. 39), S. 1630.
37 Jerome H. Friedman, Measurement of multivariate scaling and factorization in exclusive multiparticle production (SLAC-PUB-1358 E, Dec. 1973), Stanford, CA 1973.
38 http://stat-graphics.org/movies/prim9.html, (zuletzt gesehen am 28. Okt. 2013).
39 Mary Anne Fisherkeller, Jerome H. Friedman, John Wilder Tukey, PRIM-9. An interactive multidimensional data display and analysis system, in: The collected works of John W. Tukey. Vol. V [William S. Cleveland (Hg.)], Graphics: 1965–1985, Pacific Grove, CA 1988, S. 307–383, hier S. 307f.
40 Ebd., S. 322.
41 Jerome H. Friedman, John W. Tukey, A projection pursuit algorithm for exploratory data analysis, in: IEEE Transactions on Computers, C-23/9, 1974, S. 881–890; Fisherkeller, Friedman, Tukey, PRIM-9 (Anm. 39), S. 326.
42 IEEE Computer Graphics and Applications, 24, 2004.
43 Pak Chung Wong, J. Thomas, Guest Editors' Introduction. Visual Analytics, in: IEEE Computer Graphics and Applications, 24/, 2004, S. 20–21, hier S. 20.
44 Alfred Inselberg, The plane with parallel coordinates, in: The Visual Computer, 1/2, 1985, S. 69–91.
45 Der Begriff wurde durch das Projekt «Augenarbeit – Visual Performance and Visual Design» am Nationalen Forschungsschwerpunkt Bildkritik (eikones) geleitet von Prof. Dr. Michael Hagner und Dr. Max Stadler, beide Wissenschaftsforschung, ETH Zürich, inspiriert.
46 Latour (Anm. 17), S. 20ff.
47 Peter Boyce et al., How electronic journals are changing patterns of use, in: The Serials Librarian, 46/1–2, 2004, S. 121–141, hier S. 121.
48 John P. A. Ioannidis, Concentration of the most-cited papers in the scientific literature. Analysis of Journal Ecosystems, in: PLoS ONE, 1, 2006, e5 (S. 1–7), hier S. 2.
49 Ansätze davon sind zu finden in Andi Schoon, Axel Volmar (Hg.), Das geschulte Ohr. Eine Kulturgeschichte der Sonifikation, Bielefeld 2012.