

["ÜBER 'DAS DIGITALE'"]

ANALOG / DIGITAL (Material)

Was heißt eigentlich "analog"?

Zelluläre Automaten

A/D-Verhältnisse

a) *mechanisch*

b) *elektronisch*

LCD: Digitale Anzeige auf der Basis von Wechselstrom

Verlust an Kontingenz?

Buchstäblich "digital"

Zwischen digitalen Momenten: zeitloses Nichts?

Schwierigkeiten bei Lektüren des Binären

Analog-digital-Wandlungen (mechanisch)

Was sich der Digitalisierung entzieht

Metaphysik des Kontinuierlichen? (Leibniz, Euler, u. a.)

Sich dem Kontinuierlichen diskontinuierlich nähern

Grenzwertig: Fourier

Zahl und Fluß (Reelle Zahlen)

Kontinuierlich / diskontinuierlich

Sampling und Quantisieren

Das Sampling-Theorem

Analogebildungen

"Analog" in der Welt sein

"Digital" in der Welt sein

Zwischen analog und digital

Wandlung analog / digital

Elektrische Zähler / elektronische Uhr

Gepixelte Bilder

Fernsehen als Analogrechner

Digitale Photographie?

Digitale Bilder

Wiedereinkehr des Analogenen im Digitalen

Medien des Digitalen: Relais, Röhren und FlipFlop

Implizite Mathematik

Geheimnis des Operationsverstärkers (Integration)

Das Hirn: analog sowie digital

["digital" divers]

DIGITALES ZÄHLEN AUS MEDIENARCHÄOLOGISCHER SICHT

Den A/D-Umbruch aktiv denken

*Zwischen* zwei Zuständen: "0 / 1"

DEN A/D-UMBRUCH AKTIV DENKEN (MEDIENARCHÄOLOGISCH,  
KULTURTECHNISCH)

Das griechische Vokalalphabet als Bedingung des Digitalen

Ein Kriterium der Differenz von analog und digital: die Zeit

Re-entry des Analogenen im Ästhetischen

Anästhetik des Digitalen

Archive

Digital versus narrativ? Analoges Erzählen, digitales Zählen

Den A/D-Umbruch aktiv denken

## SAMPLING

Äquidistante, zeitdiskrete Abtastung als solche

Sampling *avant la lettre*

*Vom Sampler zum Harddiskrecorder: Medialität und Sound* (MA Ogrinz)

Sampling: präzise und metaphorisch, als Technik und als Medienkunst

Nyquist-Shannon-Abtasttheorem

Sampling und Medienrecht

Loops

## DIGITALISIEREN

[Textmaterial]

[Der Kern der Digitalisierung: A/D-Wandlung (Felix Pfeifer)]

Die begrenzte Reichweite einer etymologischen Ableitung des Begriffs

Begriffsbestimmungen

Begriffsverwirrungen

Die linguistische Variante von "Digitalität"

Für wohldefinierte Begriffe in der Medientheorie

Ungleichzeitigkeiten

Digitalisierung *avant (?) la lettre*

Zeit des Digitalen: die Räderuhr mit Hemmung, die Taktung

Zwischen analog und digital

Unschärfen des Digitalen

Begriffsgeschichte des Digitalen

Das Digitale als Extrem des Analoges

Digitalisierung der Kommunikation

Sampling

Das "digitale" Bild

Sampling als Medienarchäologie

Mathematisierung der Kommunikation

Mit Diskontinuitäten rechnen

Medienkulturelle Konsequenzen der Digitalisierung: eine ahistorische Form der Tradition

Das digitalisierte Bild: ein Unbild? Zur Referentialität des Digitalen

Codec

[Literatur]

Die neuen "digitalen Medien"

ANALOG / DIGITAL (Material)

## Was heißt eigentlich "analog"?

- vordergründig "ent-sprechend"; siehe § 18 "Dem Logos entsprechen", in: David Espinet, *Phänomenologie des Hörens. Eine Untersuchung im Ausgang von Martin Heidegger*, Tübingen (Mohr Siebeck) 2009, 182-186. Subbuchstäblich artikuliert sich diese Ent-Sprechung im hörbaren Bereich, oder im übertragenen Sinne des Sonischen: resonant. Dieses Mitschwingen aber unterscheidet sich vom komplexeren Begriff, der sich im Analogcomputer artikuliert: eine analytische Entsprechung, d. h. ein

gleichursprüngliches Verhalten von Maschine und physikalischem Phänomen hinsichtlich des gemeinsamen Nenners der mathematischen Deutung.

- Blickpunkt liegt nicht auf Analogien zwischen Rechnern und Physik, sondern in einer "triadischen" Beziehung (um hier einen Begriff aufzugreifen, durch den sich die operative, also computernahe Semiotik von Charles S. Peirce und die "Sigmatik" von Georg Klaus gegenüber der klassischen Semiotik unterscheidet): Analogien hinsichtlich eines gemeinsamen Dritten, nämlich der mathematischen Modellbildung, die hier eine Funktion hat wie der "mittlere Term" in einem Syllogismus

- "analog" nicht "homolog"; Georg Klaus über Isomorphie; COMPANALOG

### **Zelluläre Automaten**

- zelluläre Automaten: Wiedereinkehr des Analogcomputers als mathematisches Denkmodell im Digitalcomputer; vermag das Numerisch-Digitale kontinuierliche Prozesse nachzubilden - etwa zelluläre Automaten; eröffnet sich die Kluft zwischen dem Realen in seiner Kontingenz und der symbolischen Ordnung (der ganzzahlig rechnenden Maschine). Gelebte Gegenwart: inmitten des kulturellen Bemühens um symbolische Ordnung die fortwährende Provokation durch Zufall, Rauschen, Unordnung, stochastische Ereignisse - das potentielle Vetorecht der Realität, die jederzeit in geordnetes Gegenwarts(er)leben einzubrechen vermag. Demgegenüber scheint Vergangenheit das, was als Gedächtnis in Ordnung ist: das Archiv. Zwar kann nicht nachträglich die vergangene Gegenwart verändert werden; aus dem Archiv aber vermögen unerwartet Nachrichten an die Gegenwart zu gelangen, die deren symbolische Ordnung zumindest irritiert

### **A/D-Verhältnisse**

- Gummi(schnur): langsam gespannt, dehnt sie sich kontinuierlich, bis zum Moment des abrupten (impulsbildenden) Zerreißens; bildet das Digitale eher den Grenzwert analoger Prozesse; Analogcomputer: Spannungen (Amplituden); im Digitalcomputer: diskrete Impulse

- Kolben der Dampfmaschine; Takt wird durch Schwungrad in gleichmäßige, lineare Drehbewegung verwandelt (und durch den Fliehkraftregler, der Watt/Maxwellschen *governor*, geregelt); Viertaktmotor (PKW). Alternativ dazu: Wankelmotor, nach Prinzip Drehstrommotor: jeweilig phasenverschobene impulshafte Verstärkung des Drehmoments. Dieses Prinzip ist auch in der Clpitts-Schaltung des Schwingungskreises am Werk: Ausgleich des minimalen Energieverlusts, resultierend in einer ungedämpften Schwingung

- Zwischen analog und digital: ein Mechanismus, vergleichbar der Hemmung in der Räderuhr: "Man darf Janssen, der das noch jetzt gebräuchliche Malteserkreuz (ruckweise durch ein sich kontinuierlich drehendes Einzahnrad bewegt) zum Transport der Platte verwendete, als Begründer der modernen Kinematographie ansehen" <Karl Schaum, zitiert hier nach: Zglinicki 1979: 170; gemeint ist "Janssens photographischer Revolver, in dem eine sich drehende lichtemfindliche Platte in rascher Aufeinanderfolge eine Anzahl von nebeneinander beifndlichen Momentaufnahmen machte. Die Drehung der Platte vollzog sich mit Hilfe eines Uhrwerkes, das in regelmäßigen Zeitabständen 48 Aufnahmen ermöglichte" <Zglinicki 1979: 170>

- Definition auf Tafel im Norwegischen Technikmuseum, Oslo, Beispiel Telephon: "Analogue signals are sent as electrical variations in resonance with sound. In digital transmission, the numbers 0 and 1 are used to transmit the information."

- Unterschied zur analogen, also kontinuierlichen Signalverarbeitung (etwa Spannungswandel bei allmählich variiert Beleuchtung eines Photowiderstands) ist für digitale Signalverarbeitung der Einsatz eines Schwellwertschalters. Diskret heißt hier: Entscheidung. Der Schwellwert aber ist seinerseits nicht absolut, sondern als extrem verdichtete Überschwingung im kritischen Bereich nie stabil

- A/D-Wandlung geschieht in der Schmitt-Trigger-Schaltung, die bei einem bestimmten Spannungswert ein- oder ausschaltet. *Dazwischen* (im "medialen" Feld des traditionellen altphysikalisch-aristotelischen Sinn von *to metaxy / medium*) herrscht und geschieht Hysterese; genau hier löst sich aber die Welt der binären Informationsverarbeitung (logisch) vom physikalischen Medienbegriff: "Mit dem Schmitt-Trigger können analoge Werte digitalisiert werden."<sup>1</sup> Das Geheimnis dahinter liegt im Kondensator als Verzögerungsspeicher, der es erlaubt, zwischen logischen Zuständen keinen Kurzschluß, sondern phasenverschobene Verzögerung herzustellen - im Kern der pendelartige "Mechanismus" des Schwingkreises, wo elektrischen und magnetische Ladung gegenseitig in Phase passieren. Die Bedingung des Digitalen ist also ein Schwingungsereignis im Analogen; das kybernetische Oper liegt im Überspringen der gelegentlich so genannten "verbotenen Zone" (zugänglich nur für Tarkowskijs *Stalker*) oder "time of non-reality" (Norbert Wiener auf einer Macy-Konferenz).

- Elektrischer Schwing(ungs)kreis *versus* Kippschaltung: einerseits analoge (stetige) Perioden, andererseits abrupte (digitale) Impulse. Diese Impulse aber können ihrerseits wieder als Modulation von HF-Schwingungen dienen (PCM), wie Internet-Datenverkehr auch über Funk abrufbar ist (mit Text-Browser, also signifikant gerade nicht graphisch)

Gemäß des Sampling-Theorem vermag eine (digitale) Zahl das Ereignis einer periodischen Schwingung vollständig zu erfassen; die Frequenz ist

---

<sup>1</sup> Anleitungsbuch zum Busch-Experimentiersystem 2188 *Computer-Technik*, Viernheim 1988, 63

der Kehrwert der Schwingungsdauer  $T$ . Damit steht das Numerische (infinitesimal annäherungsweise) in einem ebenso indexikalischen Verhältnis zum physikalischen Schwingungsereignis wie die analoge Schwingungskurve (und ihre kymographischen bzw. phonographischen Aufzeichnungen). Auch im Digital-Indexikalischen bleibt also der Kontakt mit dem physikalischen Zeitereignis erhalten - wenngleich in anderer, diskret-mathematischer Form

- "Mediale" Zwischenstellungen (Dämmerung) im Sinne des physikalischen Medienbegriffs, *to metaxy* kennt die Digital-Technik zwar, schließt sie aber *per definitionem* aus; so werden für die diskreten binären Zustände unter den Bedingungen von Elektrizität keine fest definierten Werte benannt, sondern Phasen und Intervalle benannt, die einen Spielraum dafür bieten, trotz unsicherer Elektrophysik im Realen der Physik - "weil es in der Praxis nicht immer möglich ist, daß nur mit voller Betriebsspannung bzw. mit keiner Spannung gearbeitet wird" <Anleitungsbuch Busch 1988: 17> -, dennoch symbolisch (Schaltalgebra) damit operiert werden kann:

"Werden z. B. Daten über eine längere Leitung übertragen, wirkt diese Leitung wie ein Widerstand und am Ende der Leitung steht nicht mehr die volle Betriebsspannung <...> zur Verfügung. Aus diesem Grunde darf der digitale Schaltzustand 'high' (H oder 1) zwischen  $\frac{2}{3}$  und der vollen Betriebsspannung schwanken. <...> Der zweite digitale Schaltzustand 'low' (L oder 0) darf zwischen 0 V und  $\frac{1}{3}$  der Betriebsspannung liegen, Liegt die Spannung zwischen diesen beiden Werten <...>, kann eine digitale Schaltung damit nicht arbeiten" <Anleitungsbuch Busch 1988: 17>; an dieser Stelle kommt der Analogrechner zum Einsatz

"Dieser Bereich gilt als sogenannter 'verbotener Bereich', und es muß durch entsprechende Schaltungstricks sichergestellt sein, daß er sich in der Praxis nicht ergeben kann" <ebd.>. Claude Shannon argumentiert in der zusammenfassenden Veröffentlichungen seiner *Symbolical Logic* von 1938 folgerichtig nicht vom Fall positiver Prozesse, sondern von der Negation her, der *hindrance*, als Sperrung eines Schaltkreises (und deren Aufhebung), wie sich im elektrophysikalischen Bauteilen verdinglichen.

- zum Begriff der "hindrance" bei Shannon gleich zu Beginn Siegert 2003

Schaltungsdiagramme (Schaltpläne) aber lassen diese Übergangszonen gerade nicht sehen, sondern vermitteln auf der Ebene des Symbolischen (die ja *per definitionem* mit diskreten Zeichen operiert) den Eindruck wohlunterscheidbarer Elemente - eine Abstraktion der realen Verwischungen und Verschleifungen.

- "elementare" Operationen: Eingabe (binäre "Daten") von *op-code* durch direkte Schalterumlegung an der Rechenmaschine eine Form des direkten Programmierens

- "Symbole fallen nicht vom Himmel" (Georg Trogemann); aus der Welt kommen Signale, die erst einmal gemessen werden müssen (ein analogtechnischer Akt!), bevor sie dann als Symbole (genauer: in einer

symbolisch interpretierbaren elektrischen Form) weiterverarbeitet werden können

- Bedrohung des Digitalen sind Schwingungen. Widerstände (verbunden mit dem Minuspol der Spannungsquelle) sind den Eingängen von Inverter-Bausteinen vorgeschaltet, um sie auf "low" / Null zu halten. *Hindrance* im Vollzug: Würden diese Widerstände fehlen, könnten sich an den Eingängen der nicht verwendeten Gatter u. U. nicht definierte Zustände ergeben, und die Gatter würden beginnen, zu schwingen, d. h. sie würden ständig zwischen den Zuständen low und high hin- und herschwanken. Unter ungünstigen Bedingungen kann idese Schwingen eine andere digitale Schaltung so ungünstig beeinflusens, daß diese nicht mehr einwandfrei funktioniert" <Anleitungsbuch Busch 1988: 19>.

- zugleich sind Schwingungen auch Bedingung des Digitalen, nämlich auf der Interface-Ebene, wo das "Digitale" als Erstes schon in die Analogtechnik einbrach: in der Digital-Anzeige, etwa zur Frequenzanzeige des Grundig-Kurzwellenempfängers *Satellit*. Ob nun diskret durch Kombination von 0/1-Werten oder durch analoge Spannungen (im Fall des analogen KW-Empfängers also HF-Sender- und NF-Tonfrequenzspannungen) angesteuert, operiert der Anzeigetreiber diskret (hier werden die Werte zwischengespeichert und so kodiert, daß die Anzeigen auf der diskreten Ebene ihrer 7 Balken angesteuert werden können).

Drei typengleiche Kurzwellen-Radios werden - auf ein und denselben Sender eingestellt - nie das Gleiche senden, sondern je nach Drift in den individuellen Bauteilen leicht verschiedene Varianten und manueller, also leicht fehlerhafter, eher intuitiver Einstellung des Drehkondensators für die Senderfeinabstimmung. Anders bei digitalem Frequenzempfang: Punktgenau lassen sich Frequenzen bis auf 1 Hz herunter feineinstellen; es kommt bei zwei typengleichen Digtitalempfängern nicht zu Unstetigkeiten zwischen den Ziffern. Und schon gar nicht bei Empfang in Digital Radio Mondiale. Und doch, aller digitalen Glättung zum Trotz: die Ausgabe des Empfangs läuft über analoge Bauteile (Lautsprecher) und unterliegt damit wieder elektrotechnischer Unschärfe - der Welt.

### **LCD: Digitale Anzeige auf der Basis von Wechselstrom**

LCD-Anzeigen werden nicht mit Gleichspannung, sondern mit Wechselspannung betrieben; dazu dienen ICs, die aus Invertern bestehen, welche zu einer astabilen Kippstufe (also Multivibrator) geschaltet sind. Diese erzeugen Schwingungen, welche als Wechselspannung zur Spannungsversorgung der LCD-Anzeige dienen. "Zwischen zwei Glasplatten sind <...> 'Flüssig-Kristalle' eingegossen. Unter den Glasplatten ist eine lichtreflektierende Schicht, die das einfallende Licht so reflektiert, daß die ganze Anzeige hell erscheint. Wird an die Flüssig-Kristalle eine Wechselspannung angelegt, werden sie lichtdurchlässig" <Anleitungsbuch Busch 1988: 29> - ein piezoelektrischer Effekt, der sich prinzipiell (nach Frequenzteilung bis hin zum für menschliche Ohren

zugänglichen NF-Spektrum) im tonfähigen Bereich abspielen könnte. Das Liquid Crystal Display erzeugt nicht wie die LED selbst Licht, sondern öffnet oder sperrt eine Reflexion vorhandenen Lichts, vermag also mit minimalster Stromaufnahme (10 Mikro-Ampere) zu operieren. "Die Flüssig-Kristalle sind in der Anzeige so angeordnet, daß die einzelnen Ziffernbalken getrennt angesteuert werden können" <ebd.> - womit die Basis des Digitalen, nämlich diskrete Symbole, ihrerseits auf diskreten Subsymbolen basiert, die ihrerseits aber Sprung-Funktionen (0/1) des Analogen, nämlich von Extremwerten (Spannung/Nicht-Spannung) sind.

### **Verlust an Kontingenz?**

- *Software-defined* Radio (Kurzweille): Sind die Signale einmal digital quantisiert, macht der Rechner keinen Unterschied mehr zwischen *live*-Übertragung und Soundfile aus dem Speicher, denn die Quantisierung der Klänge bedeutet immer schon ein Prozessieren aus/mit dem (Zwischen-)Speicher. So geht die Kontingenz (Welthaftigkeit, Physik) diesseitig verloren (und kommt eher wieder auf Seiten der Computerhardware selbst wieder hinein)

### **Buchstäblich "digital"**

- *the digital* tatsächlich ein Un-Wort und verunklärt eher die kritische Analyse. Schon "digital" als Adjektiv allzu allgemein; gemeint damit zumeist der binäre Rechner. Statt "digitale Medien" (oder gar "Digital Humanities"): algorithmischen Technologien; Nobilitierung eines Adverbs zum Subjektiv grundlegend für Medienwissenschaft, als Aristoteles das "zwischen" (altgriechisch *metaxy*) substantivisch verwendete als "das Dazwischen" (*to metaxy*), was die mittelalterlichen Scholastiker dann mit "medium" übersetzten - eine Spätfolge davon das gleichnamige akademische Fach

- Heidegger, "Parmenides" (in *Holzwege*) über den neuzeitlichen Bezug der Hand zur Schrift: die Schreibmaschine als "Zwischending" (aber noch kein Medium im wohldefinierten Sinn): diskretisierende Tastatur; das "zu"handene Zeug (Heidegger)

### **Zwischen digitalen Momenten: zeitloses Nichts?**

- Siegert 2003: Verallgemeinerung des Funktionsbegriffs seit Euler, der sich gerade mit der Analysis schwingender, dynamischer Systeme von der Anschaulichkeit des Kontinuums ablöst und seit Fourier beliebige Graphen eines zeitlichen Verlaufs aus diskreten Ereignissen und Frequenzanteilen konstruier<sup>bar</sup> macht - eine Modellierung, kein Emulieren des Seins solcher Prozesse selbst

- Zenon von Eleas Paradox, daß Achilles im Wettrennen die Schildkröte, sofern diese nur am Anfang einen gewissen Vorsprung

hat, nie einholt: Produkt eines Denkens in diskreten Meßintervallen, in diskreten Beobachtungswerten, mithin der Chronophotographie (deren Rückbezug zum Tanz mit Marey und Muybridge notorisch ist). Das Gedankenmodell ist die Photoreportage dieses Rennens: "Immer wenn Achilles den Punkt erreicht, an dem die Schildkröte zuvor war, nehmen Sie ein neues Foto auf. Diese Fotoreihe nimmt kein Ende. Angenommen, Sie und Ihr Fotoapparat arbeiten unendlich schnell, dann erhalten Sie eine unendliche Anzahl an Fotos. <...> Achilles wird die Schildkröte nie einholen" <ebd., 41>. Denken wir den gleichen Prozeß aber nicht schrittweise (und diskretisieren ihn nicht chronophotographisch als Effekt des Meßmediums), sondern als konstante Geschwindigkeit Achills, der eben nicht schrittweise seinen Lauf unterbricht, überholt er -trotz einer unendlichen Anzahl von denkbaren Schritten -die Schildkröte <siehe ebd., 24>. Diskret (quantisiert, "gesampelt", getaktet) gegen das Analoge

- Zeit selbst (Pointe Siegert 2003) *sei* nicht mehr, obgleich sie in Begriffen der Bewegung, Oszillation und des Kontinuums doch das transzendente Substrat der Entwicklung abgibt, sondern werde mit Shannon's Implementierung mathematischer Logik in digitale Schaltungen *gegeben* zwischen 0 und 1. Epistemologisch jedoch verbleibt diese These im Rahmen graphischer Repräsentation und mathematischer Konstruktion

- Eigenart der Medien, daß sie erst im Vollzug sich entfalten; "digitale Medien": Mathematik vermag nicht von sich aus Handlung und Veränderung zu *zeitigen*, sofern sie Zeit(prozeß)analyse bleibt. Erst als in die Physik implementierte (Computer als Hardware), also in die Welt, also: in die Zeit gesetzte, vermag sie dramatisch zu werden und damit der Algorithmus als Rechenvorschrift zum "Algorhythmus" (Lizentiatsarbeit Shintuo Miyazaki) zu werden - auf den Punkt gebracht durch den "run"-Befehl von Software.

### **Schwierigkeiten bei der Lektüre des Binären**

- Schwierigkeit bei Aufzeichnung von Daten auf Festplatte: nicht möglich, Lesekopf dazu zu bringen, Nullen und Einsen direkt zu erkennen. "Folgen mehrere Nullen aufeinander, entsteht das Problem, daß der Lesekopf nicht mehr unterscheiden kann, um wieviele Nullen es sich handelt. Deshalb müssen die Informationen auf einer Festplatte zusätzlich codiert werden. Der Lesekopf liest dann nicht Nullen und Einsen, sondern die Übergänge zwischen den beiden Zuständen Nichtmagnetisiert und Magnetisiert, die sog. Flußwechsel, die einen Spannungsimpuls übermitteln. Es entsteht ein Takt, und damit ein Bezugssystem, das es ermöglicht, eine Folge von Nullen und deren Anzahl zu erkennen. Auf einer Festplatte lassen sich nicht unbegrenzt viele Flußwechsel speichern, deshalb ist es notwendig, Codierungsmöglichkeiten zu finden, die es erlauben, möglichst viele Datenbits mit Hilfe möglichst weniger Flußwechsel darzustellen"

"Das MFM-Verfahren (Modifizierte Frequenz-Modulation) der Datenbit-

Codierung umgeht diesen Nachteil der Taktflußwechsel. Der Lesekopf und die Elektronik sind in der Lage, ihren Takt sowohl in einer Folge von Nullen als auch in einer Folge von Einsen zu finden. Immer, wenn es einen Wechsel zwischen einer Null und einer Eins gibt, verschiebt sich der Takt der Flußwechsel um eine halbe oder eine ganze Stelle, so daß die Elektronik weiß, daß es einen Wechsel gegeben hat. Mehrere Nullen hintereinander haben also einen Regelmäßigen Takt, und mehrere Einsen auch. Erst, wenn es einen Wechsel gibt, verschiebt sich der Takt und die Elektronik paßt sich dem automatisch an. Vorteil: Es passen mehr Daten auf die Festplatte, weil mit der gleichen Anzahl von Flußwechseln mehr Datenbits verschlüsselt werden können. Zur Codierung werden noch fünf Flußwechsel benötigt."

### **Analog-digital-Wandlungen (mechanisch)**

- Watts Dampfmaschine als analog/digital-Wandler. Thermodynamischer Druck wird in getaktete, diskrete Bewegung / Rhythmus des Kolbens verwandelt (denkbar seit der Hemmung in der Räderuhr); dieser wiederum treibt ein Rad, das durch seinen Schwung Gleichlauf erhält (kontinuierlich). Zwischen dem kontinuierlichen und diskontinuierlichen Teil regelt der Fliehkraftregler als kybernetisches Zwischending (eine medientechnische Funktion)

- 1787 patentiert Thomas Mead (Brit. Pat. Nr. 1628) als Maß der Drehgeschwindigkeit (konkret: von Mühlsteinen) die zentrifugale Bewegung eines rotierenden Pendels; diese wirkt auf das System zurück (Feedback) "und schließt so den Kreis zu einer echten Drehzahlregelung" = Mayr xxx: 97. In der *Drehzahl* ist Mathematik / Zählung implizit schon am Werk, wie auch die Frequenz in oszillatorischen Schwingungen. Konsequentermaßen vermag dann die mathematisch-algebraische Symbolik den kinetischen Prozeß in symbolische Kinematik zu übersetzen (wie es Charles Babbages "symbolical notation" für seine Analytical Engine leistet, ebenso Caspar Monges symbolische Maschinenteilgrammatik, und Reuleaux' *Theoretische Kinematik*). Die Winkelfunktion - *per definitionem* eine periodische Funktion - vermag den Sinus des (schwingenden) Kreises als Menge der geordneten Paare reeller Zahlen (und damit im kartesischen Koordinatensystem abbildbar) zu beschreiben und damit die harmonische Bewegung (Schwingung) in Symbole(n) zu über- und ersetzen - nur daß eine solche Anschreibung *nicht selbst schwingt*. Graphisch dargestellt ergibt die Winkelfunktion *Sinusfunktion* das notorische Schwingungsbild.<sup>2</sup> Eine algebraische Gleichung vermag also an die Stelle einer dynamischen Maschine zu treten - aber doch nur im Symbolischen. Denn die Sinusfunktion vermittelt zwar einen Eindruck der Schwingung, vermag aber nicht, es zu tun - der ganze Unterschied zwischen symbolischer (und syllogistischer) "Vermittlung" und einem medientechnischen Akt. Der geometrischen oder analytischen Anschreibung durch Mathematik

---

<sup>2</sup> Dazu Kapitel C10 "Winkelfunktionen", in: Mathematik in Übersichten. Wissensspeicher für die Klassen 8 bis 10, Berlin (Volk und Wissen) 1975, bes. 107-116.

ermangelt die Dramatik, das Operativwerden medientechnischer Prozesse, die nur in der Welt (in der Physik) zum Zug kommen und tatsächlich einen (akustischen) Ein-Druck erzeugen (ertönen). Die mathematische Aussage bleibt undramatisch wie ein vokalalphabetischer Schauspieltext im Unterschied zum Schauspieler, der ihn verkörpert

- *Operativ* wird Mathematik tatsächlich im numerischen Computer, als Hochzeit von symbolischer Operation und physikalischem Vollzug (beide Seiten des wohldefinierten Medienbegriffs: Logik *plus* Materie)

- analoges Video: elektrophysikalisch nachvollziehbare Bildsignale; wird das Zustandekommen und die Speicherung des Bildes in der digitalen Kamera vollends unanschaulich. Im physikalischen Sinn immer noch Signalbasis (statt Waveform nun Impulsketten), aber nicht mehr Wandlung (*transduction*), sondern Wesensverwandlung (Transsubstantiation im Sampling); kein lineares Verhältnis mehr zwischen Mikrophoneingang und Lautsprechereingang, sondern im Dazwischen eine autonome Welt der diskreten, damit quasi-numerischen, somit mathematisch kalkulierbaren Signalverarbeitung

- wird in Assembler programmiert, leuchtet ein, wie quasi-mechanisch auch die computative digitale, binäre Logik sich vollzieht: schalten mit Schaltern

- Leierkasten: Kontinuierliche Drehbewegung erzeugt pneumatisch Druck, der durch eine informatisierte Physik (gelochte "Bücher") Tonfolgen ergibt, tönende Information; Jacquard-Webstuhl / Babbages Analytical Engine

## **Was sich der Digitalisierung entzieht**

- Physikalisch "analog" erzeugte Klänge (ob instrumental oder elektronisch) und ihre digitalen Samples mögen aufgrund ihrer hohen Quantisierungsrate (Nyquist-Shannon-Theorem) für menschliche Ohren ununterscheidbar sein, "doch bleibt eine unüberbrückbare Differenz zwischen dem analogen und digitalen Klang bestehen. Allerdings liegt diese Differenz nicht <...> in dem Klangphänomen als solchem begründet."<sup>3</sup> Die (selbstredend analoge) Welt ist "in ihren Existenzbedingungen nicht vollkommen beschreibbar"; "alles Digitalisieren ist also immer mit Komplexitätsreduktion verbunden" <a.a.O., 135>. Schläbitz behauptet von daher "die grundsätzliche Unaufschreibbarkeit des Analogens" <ebd.>.

- kehrt hier in Begriffen ("beschreibbar") wie in der technomathematischen Praxis etwas wieder ein, was die Analogmedien gerade ausgetrieben hatte: diskrete Alphabete, und zwar als wirklich (wenngleich nun alphanumerische, nicht mehr primär phonetische) Schrift. Die Aufnahme

---

<sup>3</sup> Norbert Schläbitz, *Der diskrete Charme der Neuen Medien. Digitale Musik im medientheoretischen Kontext und deren musikpädagogische Wertung*, Augsburg (Wißner) 1997, 134

von Musik auf Compact Disc, betont ein Kritiker des Digitalen, ist "keine Abbildung eines Werkes mehr <...>, sondern nur die unvollständige BESCHREIBUNG einer Abbildung! Wer würde eine in tausend Teile zersplitterte und anschließend zusammengeklebte Ming-Vase kaufen?" = J. Brüning, unter <http://www.funktstunde.com/de/zeitkultur/analog-digital>; Zugriff 5. März 2010. Genau dies leistet Sampling für akustische und optische Signale, und die in Scherben oder gar Mosaiksteine zersplitterte Ming-Vase ist die Erscheinung des hochdefinierten Bildes auf der Basis hochverdichteter Pixel.

- Vergleichbar ist diese Lage mit der Differenz von Analogcomputer und Digitalcomputer: Hier wird einmal mit der Physis selbst gerechnet, das anderemal symbolisch, mit der Information - zwei differente Formen von Mathematik, die uralte Unaufgelöstheit von Ereignis in der Welt und im Symbolischen (nur scheinbar quantentheoretisch aufgehoben in der Sprunghaftigkeit von Energie-Niveaus, gegen die sich Leibniz und Einstein so wehrten).

- lächerlicher Versuch, Glissandi, die von Streichern - etwa in Wagner-Opern - kontinuierlich erzeugt werden, auf einem Tasteninstrument (Orgel, Klavier) durch das *tremulo* nachzuahmen; dem menschlichen hochfeinen Zeitauflösungs-Gehör ist die Treppenstufigkeit nicht zu verbergen, da die Abstrakte noch diskrete Impulse verrät. Franz Liszt kombiniert im Klavierkonzert Nr. 2 die Stärken beider Spielarten. Tatsächlich handelt es sich dabei um ein diskretisierendes *sampling* des stetigen Signals; Pulsweiten- bzw. -dauermodulation in der Signalabtastung. Allerdings ist der scheinbar stufenlos gleitende Streicherton selbst immer schon ein Schwingungsereignis zu jedem diskreten Zeitpunkt (Zenons Pfeilparadox), und als solches in Frequenzen diskret faßbar / annäherbar, infinitesimal.

- Symbolische Musiknotation verwandelt jedes Glissando in diskrete Schritte und mechanisiert / konditioniert damit auch den Klavierspieler. Ihm bleibt lediglich als "Spielraum" eine Pulsweitenmodulation und die Dynamik des Anschlags als Spielraum der Interpretation - anders als der Spieler der einsaitigen Gusle, dessen Saitenspiel - unnotiert - immer unabdingbar individuell bleibt innerhalb grob vorformulierter servomotorischer oder melodischer Grenzen.

### **Metaphysik des Kontinuierlichen? (Leibniz, Euler, u. a.)**

- Eulers *Dissertatio physica de sono* (1727); nimmt akustische Untersuchungen erst zur Jahrhundertmitte wieder auf. Grund für Verzögerung nennt seine Abhandlung *De la propagation du son*: "Das allgemeine Kontinuitätsgesetz, das Leibniz am schärfsten formuliert im im Gesetz der prästabilierten Harmonie verankert hatte, besagt, daß zwei Vorgänge, die ein Stück weit einander gleich sind, notwendig im ganzen Verlauf übereinstimmen müssen. "Man betrachte nun bei der Entstehung einer Schallwelle eine Partikel der Luft: Vor der Erregung ist ihre Verrückung 0 und nach einiger Zeit wird sie wieder 0 sein; in der Zwischenzeit findet die Abweichung statt. Der Zustand völliger Ruhe

stimmt mit diesem Fall ganz überein, bis auf das Zeitintervall, in dem die Welle hindurchgeht" = Rudio 1926: XXIII

- Medienwissenschaft auf dem Niveau einer deutschen Prinzessin: "Die Empfindungen <...> bey einem einzelnen musikalischen Tone kann man mit einer Reihe gleichweit von einander entfernter Punkte vergleichen. .... Wenn die Zwischenräume zwischen diesen Punkten größer oder kleiner sind, so wird der Ton, der dadurch vorstestellt wird, höher oder tiefer seyn. Es ist auch ganz unstreitig die Empfindung bey einem einzelnen Tone dem Anblick einer solcher Reihe von gleichentfernten Punkten ähnlich oder analogisch; und man kann also durch diese Mittel den Augen eben die Sache vorstellen, die die Ohren empfinden, wenn sie einen Ton hören. Wenn die Entfernungen der Punkte nicht gleich und die Punkte unordentlich nebeneinander gesetzt wären: so würde das die Vorstellung eines verwirrten und übellautenden Geräusches seyn" = Leonard Euler, Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie, Leipzig 1769 (1. u. 2. Teil) sowie St. Petersburg 1773 (3. Teil)], Braunschweig (Vieweg) 1986, Erster Teil, Vierter Brief, 8 (29. April 1760); Norbert Wiener's Zeitreihenanalyse

- Anderer Zugang Lagrange 1759; Euler antwortet darauf mit der Einführung der "diskontinuierlichen" Funktion, um damit das Phänomen der Fortpflanzung des Schalls zu erklären; zunächst anhand des eindimensionalen Falls (die Saite), die Fortpflanzung des Schalles längs einer geraden Linie. Leonard Euler, *Continuation des recherches sur la propagation du son* (operiert mit willkürlichen Funktionen). Fourier weist nach, daß auch "diskontinuierliche" Funktionen durch analytische Ausdrücke dargestellt werden können. "Hiermit erst war das Kontinuitätsgesetz endgültig überwunden"; Euler auf einem Schritt dahin = Leonardi Euleri Opera omnia, hg. v. Ferdinand Rudio et al., III. Serie (Opera Physica), Bd. 1, Leipzig / Berlin (Teubner) 1926, Vorwort, XXIV

- Bis zu einer unteren Schwelle vermag das Bewußtsein getrennte Schalleindrücke wahrzunehmen; scheinbar leere Zeit zwischen einem Taktschlag zum anderen (Intervall) wird von der Empfindung aufgefüllt (Versuchsreihen Wundt), durch Phasenverschiebung zwischen Empfindung und akustischer Einwirkung (Verschleifung).

- das "Kontinuierliche" eine Metaphysik des Diskreten? Die Stetigkeit und Unendlichkeit des geometrischen Raums "in keiner Weise in den räumlichen Empfindungen bereits *gegeben*, sondern beruhen auf ideellen Ergänzungen, die wir an ihnen vornehmen. Der Schein, als sei die Stetigkeit des Raumes eine sinnlich-phänomenale Eigenschaft, ist durch die tiefere mathematische Analyse des Kontinuums, die durch die moderne Mannigfaltigkeitslehre durchgeführt worden ist, endgültig beseitigt worden. Der Begriff des Kontinuums, den der Matheamntiker voraussetzt <...>, ist aus jenem <...> keine noch so scharfe sinnliche Unterscheidungskraft vermöchte noch irgendwelche Verschiedenheiten zwischen einer stetigen und einer diskreten Mannigfaltigkeit zu entdecken, sofern die Elemente der letzteren `überall dicht´ liegen, d. h. zwischen je

zwei beliebig nahen Gliedern sich immer noch ein Glied angeben läßt, das der Menge selbst angehört" = Ernst Cassirer, Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik, Darmstadt (Wiss. Buchges.) 1980 = Reprografischer Nachdruck der 1. Aufl. Berlin 1910, 139

### **Sich dem Kontinuierlichen diskontinuierlich nähern**

- Begriffe "variabel, stufenlos, stetig, kontinuierlich, analog" sind plausibler unter "nicht-binär" zu fassen; begründet Müller: "Wegen der quantenhaften Feinstruktur aller physikalischen Erscheinungen sind Kontinua mit unendlich vielen unterscheidbaren Zuständen nicht möglich. [...] Ebenso ist eine durch Messung einer physikalischen Größe gewonnene Aussage quantisiert insofern, als das Meßergebnis nur ein ganzzahliges Vielfaches der kleinsten Einheit des zur Messung verwendeten Maßstabes sein kann. So ist beispielsweise eine mit einer elektischen Bahnhofsuhr gemessene Zeitspanne eine nichtbinäre Größe mit  $N = 60$ , wenn der Minutenzeiger nach jeder Minute um eine Einheit vorrückt und damit die kleinste Maßeinheit festlegt."<sup>4</sup>

- Gegenstück zu nicht-binären Speicherlementen ist der Rückkopplungsspeicher, insofern er - realisiert als Flipflop-Schaltung - (nur, oder gerade) zweier stabiler Zustände fähig ist <siehe ebd., 153>.

- Nicht-diskursiven Ereignissen, etwa den Schlieren einer trägen Flüssigkeit, vermag sich der kalkulierende Mediengeist auf zwei Wegen zu nähern: einerseits mit der Methode von Analogcomputern, d. h. durch analoge Modellierung der infinitesimalen Mathematik solcher Prozesse, oder radikal diskret, symbolrechnerisch: die Welt der Fraktale, *computable*.

- Schlüssel zur Meisterung des Natürlichen (Stetigen, Kontinuierlichen, Dynamischen) mit Mitteln der diskreten Mathematik ist seit Leibniz und Newton die Infinitesimalrechnung, speziell: die Differentialrechnung. Sie erzeugt verblüffende Analogien, etwa die zwischen einer freien mechanischen Schwingung und dem Verhalten eines elektrischen Schwingkreises. Lenin exzerpierte Ludwig Boltzmann wie folgt: "Die Einheit der Natur zeigt sich in der 'überraschenden Analogie' der Differentialgleichungen auf den verschiedenen Erscheinungsgebieten. 'Dieselben Gleichungen können als Auflösung eines Problems der Hydrodynamik und der Potentialtheorie betrachtet werden. Die Theorie der Flüssigkeitswirbel zeigt die überraschendste Analogie mit der des Elektromagnetismus.'"<sup>5</sup> Dementsprechend wurde von Thomson (Lord Kelvin) die Ur-Form des Analogrechners zur Gezeitenberechnung entwickelt.

---

<sup>4</sup> P. Müller, Speicher für nichtbinäre Signale, in: Helmar Frank (Hg.), Kybernetische Maschinen, xxx 1964, 151ff(151)

<sup>5</sup> Zitiert nach: R. Thiel, Quantität oder Begriff, Berlin (Dt. Verlag d. Wiss.) 1967, 329

"In der reinen Mathematik werden die Differentialgleichungen ohne jede stoffbezogene Interpretation behandelt" = zitiert ebd.; damit gar gleichgültig, ob  $y(t)$  als Zeitfunktion verstanden wird. Insofern sind Differentialgleichungen Modelle von Welt, Annäherungen an Welt, aber nicht ihr Wesen. Shannon verkehrt Boltzmanns Integralzeichen (in der Formulierung von Entropie) in ein Summenzeichen und markiert damit die Umschaltung auf diskrete Rechnung: Norbert Wiener, Bemerkung über Shannon, in: *Mathematik, mein Leben*

- reale Zeitverhältnis mitverkörpern, d. h. physikalische Stetigkeit mit einzubeziehen, was sich nicht vorschnell auf Boolesche Logik (und Shannons entsprechende Schaltalgebra) herunterformulieren läßt. Petri-Netze dienen solcher Modellierung und Analyse, sind aber nicht zeitbehaftet: ihr Defizit ist die Temporalität; kybernetische Lösung dafür: künstliche Zeitverzögerungen einzubauen (*delay lines*), die damit die Entscheidbarkeit opfern; Modellierung physikalischer Eigenschaft durch *fuzzy logic*

### **Grenzwertig: Fourier**

- das Digitale = Grenzfall des analogen Signals (wenn es zum Rechteck kippt, fast sprunghaft); andererseits aber ist das Analoge auch der Grenzfall des Digitalen, aus der Sicht des Verfahrens der Infinitesimalrechnung (Annäherung in diskreten Intervallen an das Unendliche)

- Stoßwellen. "Die Gestalt der Welle bleibt nicht mehr sinusförmig, sondern nähert sich der Sägezahnform. Es treten Fronten auf, in denen sich der Druck <...> abrupt ändert" <Gerthsen 9.1966: 123>

- Fourier faßt wellenphysikalische Phänomene, "doch tatsächlich war die Entwicklung zum zeit- und wertdiskret arbeitenden Medium Computer bereits mit der Einführung der unstetigen Funktionen in die Mathematik angelegt: Bekanntlich stellen diskrete, periodisch getatete Sprünge das grundlegende Funktionsprinzip eines jeden Digitalcomputes dar. Hatte also seinerzeit noch vor allem Fouriers Behauptung für Aufruhr gesorgt, dass sich auch sprunghafte Funktionen wie Rechteckwellen mit Hilfe von kontinuierlichen Schwingungen approximieren <!> lassen, so spielen nun genau diese Rechteckwellen in elektronischen Binärrechnern eine große Rolle, da sich in ihnen zum einen bequem zwei diskrete Werte *in der Zeit kodieren lassen (0/1)* <meine Kursivierung, W. E.> und sie zum anderen auch als Synchronisationspulse eingesetzt werden können."<sup>6</sup>

- Rolle der Elektronenröhre, einmal im Einsatz als Analogteil, dann im Computer als Digitalteil, selbst kontinuierlich, aber binäre schaltbar / steuerbar (kybernetisch)

---

<sup>6</sup> Martin Donner, Medienepistemologische Konsequenzen der Fourier-Analyse (Humboldt-Universität zu Berlin, Seminar für Medienwissenschaft, Hausarbeit 2006), TS 11; *online* unter xxx

- Baron Cagniard de la Tours technische Sirene, erfunden 1819 auf der Grundlage von Fouriers Theoremen: Zerlegung von Schwingungsvorgängen in diskrete Impulse

- Spektrogramm einer Rechteckwelle; Fourier legte nahe, "dass die mit ihrer Hülfe abgeleiteten Formeln sich besonders zu numerischen Anwendungen eignen" <Analytische Theorie der Wärme, 451>; schon die Zerlegung scheinbar kontinuierlicher Schwingungsverläufe in einzelne Koeffizienten stellt eine Diskretisierung dar, eine Analyse, vor dem Hintergrund der antiken Kulturtechnik Alphabet (McLuhan / Mumford)

- diskrete Fourier-Transformation erlaubt die Fläche unter einer Kurve allein mit Hilfe der eingestzten diskreten (Abtast-)Werte zu finden, "vorausgesetzt diese sind äquidistant d. h. in immer gleichen zeitlichen Abstände <Delta t> gemessen" = Donner 2006: Anm. 64 - eine zeitkritische Eskalation von Leibniz' Infinitesimalrechnung

## **Zahl und Fluß (Reelle Zahlen)**

- "diskret" bedeutet Zahlenwerte, die durch endliche Intervalle voneinander getrennt stehen und, in einzelne Punkte zerfallend, abzählbar sind = Claudia Giannetti, Ästhetik des Digitalen. Ein intermediärer Beitrag zu Wissenschaft, Medien- und Kunstsystemen, Wien / New York (Springer) 2004, 24

- arithmetische Operationen mit ganzen Zahlen = korrekte Resultate (sofern sie nicht im Überflußbereich liegen); anders Rechnen mit reellen Zahlen, wo "selbst jedes noch so kleine Intervall der reellen Zahlenachse unendlich viele Werte enthält; die reellen Zahlen (wie "Pi") bilden ein *Continuum*. Der Wertebereich `real´ stellt nun eine endliche Menge von *Repräsentationen* von Intervallen des Continuums dar, welches dadurch diskretisiert wird." Gerechnet wird nicht mehr in der Zahl x, sondern mit dem Repräsentanten x des Intervalls, in dem sich x befindet - Cantors Lösung der Mengenlehre, eine Abstraktion von der konkreten Zahl. Damit dürfen nur noch angenöhert richtige Werte erwartet werden. Prozesse, die Daten vom Typ "real" verarbeiten, heißen numerisch. "`Numerisch´ bedeutet also <...> `nicht exakt´" <xxx, 54>.

- Überabzählbarkeit: "Even a continuous dynamical system, such as the motion of several mass points in a potential field is `solved´ in practice by approximating the values of the continuous variables over a discrete mesh, and representing the mesh behavior by an automaton" = Pattee 1974: 130

- zu Annette Bitsch, *Diskrete Gespenster*: epistemologischer Nadelstich, die das Werk durchzieht, ist das Scheitern der diskreten Maschine an den reellen Zahlen; eine der spannendsten und gleichzeitig kritischsten Fragen. Turing sieht gleich im ersten Satz von 1936 offenbar doch eine (eingeschränkte) Möglichkeit: Die berechenbaren Zahlen sind ihm

"diejenigen reellen Zahlen, deren Dezimalausdrücke mit endlichen Mitteln errechnet werden können", und dehnt dies sogleich auch auf die berechenbaren Funktionen aus; ganz konkret sieht er als TM-berechenbar auch jene brisanten Zahlenklassen, welche "die reellen Anteile aller algebraischen Zahlen", und ebenso die Zahlen  $\pi$  und  $e$ . So ist dieses Reich der berechenbaren Zahlen der Klasse der reellen Zahlen nahezu gleichwertig, aber "gleichwohl abzählbar". Alonzo Church nennt dies fast zeitgleich "effektive Rechenbarkeit". Kittler in "Farben und/oder Maschinen denken": TM - versehen mit entsprechenden A/D-Wandlern - vermag auf jene Aspekte von Natur zu referieren, "die dem Körper der reellen Zahlen vermutlich entspricht". Verhältnis von reellen Zahlen und diskretem Computer nach wie vor unentschieden - als ob sich hier, ganz unvermutet, erneut die Frage nach dem Analogcomputer gerade im Digitalen stellt

### **Kontinuierlich / diskontinuierlich**

- wenn Signale und Systeme mit kontinuierlichen Werten beschrieben werden können: Analogtechnik; demgegenüber Digitaltechnik, in der Signale in endlicher Form (Algorithmen) mittels natürlichen Zahlen beschrieben

- Dichtotomie kontinuierlicher *versus* diskreter Zeit = eine Funktion ihrer mathematischen Zählung. Mathematisch gesehen liegt den Anwendungen von Kreisfunktionen (Cos/Sinus, Fourieranalyse, Harmonische Analyse, Spektralanalyse) ein System der Reellen Zahlen zugrunde

- in *The Problems of Continuity Theory* (1913), Shchukarev suggested the creation of a new "differential" logic. He analyzed the contradiction of the discreteness of common logic and the permanence (continuity) of our physical environment, thus raising a crucial point which modern cybernetic had to deal with later on; zur Differenz "discreteness versus continuity": G. Birkhoff, *Mathematics and psychology*, Moskau 1977

### **Sampling und Quantisieren**

- Erfassung von Welt durch ein Alphabet (im symboltechnischen Sinne) in zwei Schüben: einmal durch die (phonetische) Alphabetschrift, und dann durch die elektronische A/D-Wandlung. Bei dieser Wandlung bleibt die Gestalt im Wesentlichen erhalten; es handelt sich also nicht um eine ontologische Differenz.

- Verhältnis der getakteten Uhrzeit zur unterstellten (gemessenen) "Zeit"; der diskrete Meßakt ist die direkteste Verwirklichung und Mechanisierung der Zeitdefinition durch Aristoteles: Maßzahl der Bewegung gemäß "früher" und "später".

- intransitive Annäherung an das Transitive: "Kontinuierliche Signale kann man im Digitalrechner im Gegensatz zum Analogrechner nicht unmittelbar verarbeiten. Deshalb werden die Analoggrößen vorwiegend durch

periodische Impulse abgetastet. Die Probenwerte werden mit einem Analog-Digital-Wandler digitalisiert und können dann im Speicher des Digitalrechners <...> abgelegt werden" = Wolfgang Meiling, Digitalrechner in der elektronischen Meßtechnik I: Meßmethodik, Berlin (Akademie-Verlag) 1987, 71

- wenn die Samplingrate (etwa die Quantisierung eines Sinustons) bis auf das Plancksche Wirkungsquantum des zugrundeliegenden (Klang-)Ereignisses hochgesetzt wird und schließlich mit dem diskreten Quantensprung selbst korrespondiert, Konvergenz von "analog" und "digital"

- Wenn nun DSP das "Analoge" der Welt im Digitalen zu emulieren vermag: Simulation des Kontinuierlichen ("als ob") oder Emulation (weil das scheinbar Stetige quantenmechanisch selbst aus Sprüngen besteht, Leibniz und Einstein zum Trotz)?

- mit dem Sampling-Theorem ist das Analoge - im Sinne von Hegels Dialektik - *aufgehoben* im Digitalen. "Das Sampling ist noch im Analogen verhaftet, weil es die Ordnung der Schwingung im Diskreten beibehält."<sup>7</sup>

- Phonograph und Grammophon machen die menschliche Stimme erstmals nicht mehr nur im Symbolischen (Vokalalphabet), sondern im Realen schreibbar - das Indexikalische der analogen Medien. Demgegenüber operieren digitale Medien im Reellen, d. h. im Reich der quasi-kontinuierlichen Zahlen, mit denen (für menschliche Sinne) der Eindruck des Realen (der Stimme etwa) selbst simuliert werden kann, in purer Rechnung (Sampling-Theorem).

## **Das Sampling-Theorem**

- Sampling-Theorem besagt, daß tatsächlich aus den digitalen Daten das analoge Signal wieder (verlustfrei) rekonstruiert werden kann (bei stetigen Funktionen), sofern das Signal einen Grenzwert hat (etwa 40.000 / 80.000 Hz). Kann beliebig angenähert werden. Keine Frage der menschlichen Physiologie (des Ohres etwa)

- Differenz zwischen Abtastfrequenz (in der Zeit) und Quantisierung (in der "Tiefe") im Bereich geringer Signalpegel; damit verbundenes Klirren, Dynamikeinbuße; Dirk Brauner, Gedanken über die Zukunft einer Achtzigjährigen. Röhrentechnik heute, in: StudioMagazin 3, Dezember 1995, 22

- Signale, einmal zeitlich quantisiert, werden als diskontinuierliche bezeichnet; fehlt die Quantisierung, als kontinuierlich. Ist der Informationsparameter nicht quantisiert, handelt es sich um analoge

---

<sup>7</sup> Jörg Pflüger, Wo die Quantität in Qualität umschlägt, in: Martin Warnke u. a. (Hg.), Hyperkult II. Zur Ortsbestimmung analoger und digitaler Medien, Bielefeld 2005, 27-94 (57)

Signale, bei Quantisierung dagegen um diskrete Signale, die bei Zuordnung zu einem vereinbarten Alphabet (Wortzuordnung) als digital bezeichnet werden, ohne diese Zuordnung als Mehrpunktsignale. Können diskrete Signale nur zwei Werte annehmen, heißen sie binäre Signale" = Günter Tembrock, Grundlagen des Tierverhaltens, Berlin (Akademie) 1977, 56

- Quantisierungsrauschen = das kybernetische Opfer von technischem *sampling*. Digitale Artefakte, die Stufigkeit digitaler Signalverläufe (besonders im Bild sichtbar); um sie zu egalisieren, werden spezielle Glättungs-, Interpolations- und Filteralgorithmen eingesetzt, "die das digitale Signal `analogisieren´ sollen, jedoch im Falle von Reproduktionen analoger Signale nur scheinbar zu deren identischen Reproduktionen führen" = Martin Donner HA 2006, Anm. 103

## Analogiebildungen

- Unterbrechung (Schalter) macht aus Stromfluß / Spannung ein diskretes Ereignis / eine symbolische Maschine

- Patentschrift Robert von Liebens zum "Kathodenrelais", eingereicht am 4. März 1906 beim Kaiserlichen Patentamt des deutschen Reiches, nennt als Zweck der Erfindung, "mittels Stromschwankungen kleiner Energie solche von großer Energie auszulösen, wobei die Frequenz und Kurvenform der ausgelösten Stromschwankungen denen der auslösenden entsprechen."<sup>8</sup> Diese Entsprechung keine logisch-statische, sondern eine ihrerseits dynamische: vielmehr Resonanz zwischen Schwingungen

- *analog* meint zunächst die Linearität in der Übertragung

- Begriffsgeschichte der "Analogie": Ursprünglich im mathematischen Bereich angesiedelt; dient der Konstruktion von Ordnungsverhältnissen; zum Beispiel der Abstand zwischen 8 und 2 durch die (geometrische vielmehr denn numerische) Bildung einer Mitte überbrückt ( $8:4 = 4:2$ ) = operative Diagrammatik bei Archytas von Tarent

- proportionaler Analogiebegriff auf einen dynamisch-zeitbezogenen ausdehnen (Ordnungsverhältnisse in der Zeit = "Musik", "Drama")

- Analogie heißt nicht notwendig kontinuierlich; auch numerisch. "analogie nenne ich es, wo das zweite sich zum ersten verhält wie das vierte zum dritten" <= Aristoteles?; entweder begrifflich formuliert ("Abend als Alter des Tages" / "Alter als Abend des Lebends"); *algebraisch* formuliert etwa  $a:b = c:d$

- bei Aristoteles eine methodische Anwendung der Analogie in nicht-mathematischen Zusammenhängen, so zum Beispiel im sozialen

---

<sup>8</sup> Hier zitiert nach <http://www.heise.de/newsticker/100-Jahre-Verstaerkerroehre--/meldung/70347>; Zugriff März 2008

Verhältnis, wenn zwei Personen ihre Bezüge 'gerechterweise' ausgeteilt bekommen sollen. Die Mitte ist aber für Aristoteles nicht im Sinne einer dreigliedrigen, sondern einer viergliedrigen Proportion zu verstehen. Die Analogie wird zur Methode für die Metaphernbildung auf der sprachlichen Ebene, wenn zum Beispiel etwas von einer Gattung in die andere 'übertragen' wird: Was dem Vogel der Flügel, ist dem Fisch die Flosse, lautet das von Kluxen zitierte Beispiel des Aristoteles. Dadurch schafft die Analogie eine besondere Form von Einheit, die kategoriale Unterschiede zulässt. Wir haben mit *einem* Sachverhalt im analogischen Sinne zu tun. Diese Form von Einheit ist, gegenüber der Einheit nach Zahl, Art und Gattung, die weiteste nach Aristoteles (Met. V, 6, 1016 b 29-1017 a 2). Wenn für derlei analogisch Gemeinsames *eine* Bezeichnung vorliegt, dann ist das nicht willkürlich. Zugleich handelt es sich aber nicht um eine Übergattung, sondern die Analogie "schafft eher konkrete Verbindungen *quer* zu den Kategorien" = Kluxen, W.: Artikel "Analogie", in: Ritter, J. Hrsg.: Historisches Wörterbuch der Philosophie. Darmstadt 1971, Bd. 1, 217

### **„Analog“ in der Welt sein**

- "analog" = wo eine Spannung anliegt, wie bei analoger Modulation Radiofrequenzen

- "analoge" elektronische Medien operieren als zweite Natur, sprich: *in* der Welt mit Mitteln der Welt (Physik), aber eben auf der mikrophysikalischen Ebene (im Unterschied zur Kultur der Maschinen und Technik, mit thermischen Energiewandlungen etwa operierend, mechanisch)

- digitale Medien: Wie das diskrete Vokalalphabet die Sprache moduliert, tatsächlich aber mechanisiert, vermag der Computer zwar Physik zu modellieren (DSP - Digital Signal Processing), aber ob die dazu verwendeten mathematischen Werkzeuge *in* der Welt sind oder nur deren theoretisches Modell, bleibt streitig (ein *Widerstreit* in diesem Sinne) - gegen den mathematischen Logozentrismus namens Pythagoras, dem in seiner Kosmos-Fixierung gerade am Fall der schwingenden Monochord-Saite der Zeitbezug (also das Dynamisch-Prozessuale) des in-der-Welt-Seins entgeht. Hier kommt Derridas Insistenz auf der *différance* zu ihrem medientheoretischen wie -prozessualen Recht / Rechtsvollzug.

- (vokalalphabetische / phonetische) Artikulation (*versus* Schwingung) als hoch ausdifferenzierte Stimme (Sprache im Unterschied zur Musik); Unterschied eines alphabetischen Texts (Codes) zu diskreter Gestik / stetiger Bewegung. Und doch ist die Artikulation (mit Fourier) nichts als der Grenzwert von Schwingungen. Norbert Wiener berechnet aus gesampelten, also quantisierten Werten einer willkürlichen Kurve den wahrscheinlichen Zukunftsverlauf (*linear prediction*).

- äquivalent zur linguistischen Artikulation ist der Schnitt in der Kinematographie (Abgliederung). Der Schnitt aber greift in die Zeit des Films ein, induktiv; *tx-transform*; Installation xxx auf Ars Electronica 2006:

Filmszene auf Touchscreen; beipunktuelle Berührung verformt sich dieser Ausschnitt der laufenden Szene zeiträumlich, differential

## "Digital" in der Welt sein

- Steuerung analoger elektrophysikalischer Medien ist eine transitive, der Eingriff in Stellwerte der diversen Bauteile selbst; dies gilt ebenso für den Analogcomputer (etwa das Rechnen mit Potentiometer). Demgegenüber ist der operative Bezug zum Digitalcomputer ein symbolischer, Symbolmanipulation durch Eingabe von Programmen und anderen Werten auf der diskreten Tastatur, eher Schrift denn Ingenieursarbeit: ein intransitiver Bezug auf der Ebene des Human-Computer-Interface.

- Als Alternative zum elektro-mechanischen Relais eingesetzt (digitaler Schalter, Kippschaltung), zählt an der Elektronenröhre nicht mehr ihr Innenleben, sondern nur noch die entscheidende Nachricht, die nach außen dingt (0/1). Auf dieser Informationsstufe "zählen" auch Makrowelten, etwa das Hotel Park Inn am Alexanderplatz, Berlin, in der Abenddämmerung und am Abend, wenn Lichter an den Zimmerfenstern erleuchten oder eben verlöschen. Mit etwas Geduld betrachtet, gibt sich die Hotelfassade damit als Pixelbild, als Matrix mit Aus/Ein-Informationen (über den Schlaf- oder Wachzustand der Gäste). Unterhalb dieser entscheidungskritischen Information mögen sich in den Einzelzimmern individuelle Dramen abspielen, die aber subkritisch bleiben gegenüber dieser Information nach außen. Im Sinne von McLuhans *Understanding Media* gilt auch hier, daß Licht (intern) als energetische Leuchtquelle, andererseits jedoch auch (extern) als Information gesehen/entziffert werden kann. Digitales Muster und Wahrscheinlichkeitsverteilung von Wachenden / Schlafenden, im Zeitraffer verdichtet zu Zeitbildpunktzeilen.

## Zwischen analog und digital

- "Every digital device is really an analogical device which distinguishes region of attraction rather than by a direct measurement. In other words, a certain time on non-reality pushed far enough will make any device digital" = Wortmeldung Norbert Wiener, im Rahmen der Diskussion "Possible Mechanism of Recall and Recognition" (Macy-Konferenz 1949), in: *Cybernetics / Kybernetik. The Macy-Conferences 1946-1953*, Bd. 1: *Transactions / Protokolle*, hg. v. Claus Pias, Zürich / Berlin (diaphanes) 2003, 122-159 (158). Wiener betont, daß der Unterschied zwischen analog und digital "not sharp" ist - also selbst eher analog, kontinuierlich (stetig) denn digital (abrupt)? "I could get devices intermediate between digital and numerical devices. The important thing of the digital device is the use of non-linearity in order to amplify the distinction between fields of attraction and that can be done to a greater or lesser degree. <...> I think it is necessary to consider the physics of digital devices" = ebd., 159

- G. E. Hutchinson definiert im Diskussionszusammenhang, was "analoge" von "digitalen" Maschinen unterscheidet, den Begriff *analogical*

folgendermaßen: als "the difference between the natural and real numbers"<sup>9</sup> und verweist damit ausdrücklich zurück auf "the Greek mathematicians. Wiener ergänzt: "If you want to say that in one case you are dealing with counting and in the other, with measuring, the concept of the machine goes back to the Greek" = ebd.

## **Wandlung analog / digital**

- wie sich digitale Signalverarbeitung (als Information) von der analogen unterscheidet: Wiewohl immer noch im elektrophysikalischen Sinn ein realer Grenzwert, aber nichtsdestotrotz ein Vorgang des Analogen (Spannung etwa "zählt" im Analogcomputer, unterhalb/oberhalb einer entscheidenden Schwelle *zählt* sich buchstäblich im Digitalcomputer), nimmt das digitale Signal in einem operativen Zusammenhang einen anderen Sinn / eine andere Funktion an - ein qualitativer Sprung von epistemischer Dimension.

vgl. das Fechner/Webersche Gesetz in der Psychophysik als arithmetische Beantwortung der Frage, wann das (minimale) Anschwellen eines Reizes sprunghaft zu einer Empfindung führt; Bergson schreibt von " $\Delta E$ " und *rechnet* formelhaft (inmitten des alphabetischen Fließtextes) symbolisch damit<sup>10</sup>.

- Kosmos Experimentierkasten *Microcontroller*, Anleitung (Handbuch) Burkhard Kainka, Stuttgart (Franckh-Kosmos), Kapitel 7 "Messwerte am Bildschirm" (29f): Auf Steckplatine Phototransistor; verdrahtet mit Microcontroller, der über Infrarot-Schnittstelle an PC seine mit der Lichthelligkeit schwankenden (Widerstands-)Werte ausgibt in Programmfenster "Direkt" = digitales Bild eines Analogvoltmeters. Allein die Treppenhaftigkeit der (langsam schwankenden) Zeigerbewegung dieser Simulation zeigt dessen Digitalität (Gebrochenheit) an; kleinste analoge Zwischenwerte werden so sichtbar quantisiert, buchstäblich übersprungen. Was sich hier im sichtbaren (Meß-)Bereich als Artefakte zu erkennen gibt, wäre als Audio-Ausgabe kaum hörbar - ebensowenig wie das heller oder dunkler-Werden der Leuchtdiode auf der Steckplatine, die wiederum vom digitalen Meßplatz am PC steuerbar ist (skalierbar, für die Logik des Computers charakteristischerweise zwischen PWM = 0 und PWM = 255). "Zwischen Stufe 1 und Stufe 2 wird die Helligkeit verdoppelt. Der Unterschied zwischen Stufe 100 und Stufe 101 macht dagegen nur noch ein Prozent aus, was unser Auge kaum noch wahrnimmt." Und so zeigt sich als kontinuierliches Aufwärts oder Abwärts, was doch tatsächlich um

---

<sup>9</sup> Wortmeldung in der Diskussion zu: Ralph W. Gerard, Some of the Problems concerning digital Notions in the central nervous system, in: Cybernetics / Kybernetik. The Macy-Conferences 1946-1953, Bd. 1: Transactions / Protokolle, hg. v. Claus Pias, Zürich / Berlin (diaphanes) 2003, 171-202 (192)

<sup>10</sup> Henri Bergson, Zeit und Freiheit [\*Sur les données immédiates de la conscience, 1888], Hamburg (Europ. Verl.-Anst.) 1994, 51

winzige An-/Ausschaltungen der Diode handelt - die Wiedereinkehr des Wechselstroms auf digitaler Schaltebene: der PWM-Dimmer (Pulsweitenmodulation als die Veränderung von Impulsdauern: "Tatsächlich schaltet der PWM-Ausgang die LED sehr schnell mit konstanter Frequenz ein und aus. Das sehr schnelle Flackern der LED ist für das menschliche Auge nicht mehr sichtbar und wird nur als mittlerer Helligkeit wahrgenommen" <32>.

- Diode ohne Erdung leistet nur einen relativen Durchlaßunterschied: in eine Richtung mehr Strom, in die andere weniger. Erst unter Spannung baut sich eine elektronisch interne Sperre - geradezu im virtuellen, (im Unterschied zum elektromagnetischen Relais) nicht-mechanischen Raum - erst auf, die fast absolut zwischen dem Fluß in der einen Richtung und der Sperrung in der anderen trennt - ein im Grunde bereits binärer Schalter.

Eine Strecke *ab* A/D-Umwandlung ist rechenbar, bis zum Punkt der D/A-Rückverwandlung. Dies ist der genuin mediale Raum (vom Computer her gedacht); immer jedoch auf den Flaschenhals der materialen Rückverwandlung in sensorische Daten verwiesen (als Spur des Materials). So, wie auch für die Photonik die Stellen sind, wo Glasfaserübertragung von Licht durch Elektronik kodiert oder dekodiert werden muß (um Informationsmenge überhaupt erst zu erzeugen, durch Verschlüsselung, etwa durch Laser, der mehrere Millionen Schaltungen an/aus pro Sekunde erlaubt). Endgeräte sind also die Verlangsamern.

- Bei höherer Quantisierungsrate (digitaler Kodierung) ist der Qualitätsverlust (bei Übertragung) von Information geringer als im analogen Verfahren.

- Vinyl-Schallplatte *versus* CD-ROM; Digitalisierung heißt hier die Umsetzung von Schwingungen („Musik“) in eine Folge von Zahlen. Das elektrische Signal, vom Mikrofon kommend, wird dabei mit 44 Kilohertz, also 44000 Mal/Sekunde abgetastet; die jedesmal diskret gemessene momentane Spannung (Diskretisierung von Zeit) wird in einer Zahl festgehalten, deren Skala von 0 bis 65535 begrenzt ist, wenn etwa in der CD-Technik 16stellige Binärzahlen ( $2^{16}$ ) zur Abstufung des Signals verwendet werden. Konkret heißt das Übersetzung vom Physischen ins Mathematische: „Der Ton hat keine Chance.“<sup>11</sup>

- digitales Meßgerät "Frequenzzähler" (etwa angeschlossen an analogen Markengenerator, z. B. Sinustöne); vgl. Oszilloskop: Macht FM oder auch PMC sichtbar wie SuperCollider-Programm ALIASING; einmal analoges Signal, einmal gesampelt, aber in jedem Fall: digital gespeichert, das im ersten Fall das "analoge" Signal simuliert; vgl. Frequenzabstimmanzeige "digital" an analogem Kurzwellenempfänger: Genauigkeit bis auf einzelne Hertz, aber immer diskrete Sprünge, anders als mit der analogen Drehkopfwahl und -anzeige

---

<sup>11</sup> Konrad Heidkamp, Diese digitalen Töne, in: Die Zeit Nr. 34 v. 17. August 1990, 68

- verwandelt die Nadel des Plattenspielers mechanische Schwingungen in elektrische Ströme, die dann über Verstärker und Lautsprecher wieder in Luftschwingungen übersetzt werden - verbleibend also im Raum der Physik. Die elektrische Spannungskurve ist hier dem Verlauf der Schallschwingung *analog*, d. h. ähnlich = Heidkamp ebd.

### **Elektrische Zähler / elektronische Uhr**

- elektrisch betriebene, auf dem elektromagnetischen Induktionseffekt beruhende Pendeluhr (Marke *Bulle Clock*) ist recht eigentlich ein Frequenzzähler; in der für technische Medien charakteristischen Umkehrung von der Entwicklung als Meß- zum Massenmedium geschieht auch hier ein Umkippen zur Darstellung, wenn mit dem Interface eines Ziffernblattes versehen: So wird aus dem dynamisch-analogen Vorgang der Induktion ein diskreter (Taktung, Uhrwerk), im Gestell des Hybrids aus Mechanik (Räderuhr) und elektromagnetischem Feld (A/D-Wandler)

### **Gepixelte Bilder**

- Harlizius-Klück, Mathematik / Textil / Antike

- Fläche (ein "Fenster") mit Begriffsclustern vermag den unendlich (infinitesimal) differenzierten visuellen Realeindruck (durch Autofenster eine vorbeihuschende Allee), also die optische Signalkette, als symbolischer Code zu ersetzen; Informationsverlust ist erheblich (und der Abstraktionsgewinn groß; Kompression / Interpolation); Argument Abraham Moles, Die thematische Visualisierung der Welt: Triumph des angewandten Strukturalismus, in: Tumult. Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Nr. 14 (1990). Ein quantisiertes, gesampeltes Bild kann nur in Kopplung (und als Steuerung) an ein Analoglichtmedium (Kathodenstrahlbildschirm, oder als akustisches Äquivalent der Lautsprecher) im Sinne des Shannon / Nyquistschen Sampling-Theorems wirklichkeits-, also signalgetreu wirken.

- der ganze Unterschied zwischen halbdigitalem Fernsehen (das elektronische Fernsehen mit Bildspeicherröhre, also die Auflösung des abgetasteten Bildes in diskrete Bildpunkte), und dem elektromechanischen Fernsehen (Nipkow, Baird), wo ein rotierendes Loch jeweils eine Bildzeile in ihren Helligkeitsschwankungen abtastet und amplitudengetreu über Stromspannung überträgt.

- Defizit des Digitalen verschwindet phänomenologisch, wenn die diskrete Steuerung der Helligkeit einer Lampe die physikalische Umsetzung die Treppenstufen verschmiert; Campbell, Installation *Church at 5th Avenue*

### **Fernsehen als Analogrechner**

- elektronisches Fernsehen = "Prinzip, dass ein Bild zu Zwecken der Übertragung in eine Reihe von Punkten aufgelöst wird, die in unendlicher

Folge auf einer Platte auftreten, welche die Fähigkeit hat, Lichtverschiedenheiten in elektrische Stromverschiedenheiten umzusetzen"<sup>12</sup>. Hier handelt es sich um eine Form der Analogrechnung vergleichbar dem Analogcomputer für Systeme von linearen Differentialgleichungen, in denen Ableitungen nach der Zeit auftreten. Das elektronische Fernsehen ist also schon ein Rechner, basierend (zunächst) auf der "Leistungsfähigkeit des Selens, nahezu proportional" - also buchstäblich analog - "der Quadratwurzel der Beleuchtungsintensität" Licht- in Stromschwankungen zu wandeln = ebd., 5

## **Digitale Photographie?**

- Oliver Wendell Holmes zufolge zieht Photographie die Form von Materie ab. Ist das dann die Information des photographierten Gegenstandes? Steht diese Information in einem intransitiven Verhältnis zur Materie des Objekts, oder - im Sinne Einsteins - in einen minimaltransitiven? Vermindert es - im Sinne von Szilard 1926 - die Entropie des materiellen Objekts / Maxwells Dämon?

Analoge Photographie verkörpert eine tatsächliche chemische Licht(reaktions)spur des Abgebildeten; digitale Photographie stellt demgegenüber eine tatsächliche Abstraktion dar. Ein digitaler Wert ist physikalisch indifferent gegenüber Ton - Bild - Zeichen; diese Ausdifferenzierung hängt nur von Wieder-Implementierung in Physik (als Zugang für menschliche Sinne) an. Die elektromagnetische Speicherung des Bit (also die medienarchäologische Ebene) ist indifferent gegenüber Sinneskanälen.

- Photographie analog als apparative „Konstruktion einer Gleichheit / Ontologisierungsmaschine“ (Marc Rees, Tagung DGS Passau, Oktober 1990). Anverwandlung an den *logos*? Vgl. André Bazin, Aufsatz zur "Ontologie der Photographie"

## **Digitale Bilder**

Seit der Photographie hat die Moderne ein Gedächtnis unhistorischer Art, nämlich die momenthafte Abbildung des Realen (die Macht der analogen Medientechnologien), gegenüber vormalig symbolischen Notationen (Alphabet, Malerei, Musikkomposition). Mit dem Computer tritt das Symbolische zweiter Ordnung (wieder) ein: die symbolschriftliche Bearbeitung des Realen, aber als Kombination aus mathematisch Reellem (um das Kontinuierliche der Physik zu emulieren oder quantenmechanisch diskontinuierlich damit eins zu sein, so Pythagoras) mit dem (elektro-)physikalische Realen.

---

<sup>12</sup> Benedict Schöffler, Die Phototelegraphie und das elektrische Fernsehen, Wien / Leipzig (Braumüller) 1898, 3

- Mit dem digitalen Fernsehen kehrt das Symbolische (als mathematisch "Reelles", eine erneute Schrift, doch diesmal strikt alphanumerisch) wieder ein, doch diesmal als Digitale Signalverarbeitung (DSP) im Dienst des Realen selbst, unbemerkt in der humanen Kognition. So kommt es zur Sublimation des Symbolischen im Digitalen.

- "Seit mehr als 150 Jahren gibt es eine zweite Methode, Bilder in eine Art von Text zu verwandeln. Diese Variante der Ekphrasis heißt schlicht und einfach Scanning"<sup>13</sup> - und ist damit (medienarchäologisch radikal) unhermeneutisch. Vielmehr reduziert der Scanner das, was wir „Bild“ nennen, auf nichts als den Informationswert (den xxx allerdings selbst zum statistischen Kalkül von Ästhetik machte). Hier kehrt also die Vertextung der Bilder zurück - textil im Sinne der lochkartengesteuerten Bildtexturen Jaquards und der Analytical Engine von Babbage.

### **Wiedereinkehr des Analogen im Digitalen**

- oszilloskopische Variante von *Aliasing\_Ernst* in SuperCollider: Eine Klangdatei wird einmal quasi-analog angezeigt (wie am klassischen analogen Kathodenstrahloszilloskop); einmal in Treppenstufen, "gesampelt", skalierbar mit Maus/Cursor. Was hier wir die offensichtliche Differenz von analog und digital erscheint, ist jedoch auch im scheinbar analogen Oszillogramm vielmehr Zahl den Schrift (also kaum noch *graphé*), denn es ist selbst Produkt einer Computer-Kalkulation, also digital. Umgekehrt aber gilt: Dieses *computing* findet, um diesen (Echt)Zeiteffekt haben zu können, notwenig elektronisch statt (die handgekurbelte Zuse-Maschine Z1 würde nie ein oszilloskopisches Bild zustandebringen); kleinste Ströme (Ampère) sind auch am Werk im digitalen Computer, zur Ausgabe von 0/1-Werten (die nur verschiedene Stromschwankungen darstellen - in sich jeweils eher diffus, nicht exakt; es zählt nur die Differenzierbarkeit)

### **Medien des Digitalen: Relais, Röhren und FlipFlop**

- Elektronenröhre im Digitaleinsatz (seit ENIAC) war den klassischen Elektrotechnikern zunächst ein Graus; im Grunde ein Mißbrauch ihrer elektrophysikalischen Anlage, insofern sie ihrem Wesen nach Stromspannungen / Elektronenströme analog (stetig) durchführt (Stichwort "Steilheit")

- "Zu erzählen wäre etwa die dramatische Geschichte, wie Elektronenröhren seit 1920 mühsam dazu gebracht worden sind, ihre Eingangssignale nicht mehr einfach und das heißt analog zu verstärken, sondern vielmehr zu zählen und das heißt in digitalen Ziffern auszugeben" = Kittler, Hardware, das unbekannte Wesen, in: Lab, KHM Köln

---

<sup>13</sup> Bilder sortieren. Vorschlag für ein visuell adressierbares Bildarchiv, Vortrag Stefan Heidenreich 13.XI.96 KHM Köln, TS Fassung 13.11.96, Seite 3

## Implizite Mathematik

- aktive / passive Bauteile einer elektronischen Schaltung mit Digitalvoltmeter durchmessen: zeigt diskrete numerische Werte an, unterstellt also bereits als Anzeige "Rechen"vorgänge

- Mit Fourier rechnen: Wenn jeder Ton schon eine Zusammensetzung von Teiltönen ist, stellt er bereits eine Addition, also Rechnung dar ("Achten Sie auf die Frequenzverhältnisse der Teiltöne"). Andererseits findet eine Subtraktion in der Schwebung statt, vernehmbar als periodische Lautstärkeänderung, die sich aus der Überlagerung zweier amplitudengleichen Schwingungen mit geringfügig differierenden, dicht benachbarten und daher nur eine Tonempfindung auslösenden Frequenzen ergibt. "Die Frequenz der Schwebung entspricht der Differenz aus den Frequenzen der beiden Schwingungen (z. B. 102 Hz-100 Hz = 2 Hz); Enders 3/1997: 278

Mit Zwischenfrequenzen operiert auch jeder Superheterodyn-Radioempfänger: Er rechnet also implizit; es kommt nur darauf an, die Aufmerksamkeit nicht auf das tonfrequente Produkt zu richten, sondern die implizite Mathematik, die sich im Empfang operativ abspielt.

Obgleich der Analogrechner am XY-Schreiber bzw. dem Oszilloskop lediglich Funktionskurven ausgibt, lassen sich diese als Nomogramme entziffern. Diese stellen mathematische Maschinen dar: "Ohne jede Rechnung - lediglich mit Hilfe eines Lineals - ermöglicht das Nomogramm die Bestimmung der <...> Werte"<sup>14</sup>, etwa die von Widerständen in Parallelschaltung oder von Kapazitäten in Serienschaltung. Das Nomogramm ist als implizites Kathodenstrahlbild (mit darübergelegtem Muster) lesbar, und damit Analogrechnen durchführbar.

## Geheimnis des Operationsverstärkers (Integration)

Einsatz eines Operationsverstärkers, dessen nichtinvertierender Eingang an Masse liegt und bei dem zwischen Ausgang und invertierendem Eingang ein Kondensator geschaltet ist. Bei eingespeisten Impulsen versammelt, also addiert (im Sinne impliziter Mathematik) die Schaltung also Teilwirkungen, *modelliert* also (im Sinne von Analogrechnern) einen mathematischen Prozeß, bildet mithin einen Integrator. Der Vorgang läßt sich mit einem Meßinstrument (skalar) anzeigen (mithin als implizite Rechenergebnisse lesbar).<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Nomogramm zur Parallelschaltung von Widerständen und Serienschaltung von Kondensatoren, in: Funk-Technik Nr. 1/1948, 2

<sup>15</sup> Siehe Klaus Schlenzig, Handbuch zum Experimentierkasten *Kosmos electronic profi*, Stuttgart (Frankch-Kosmos) 2007, 122

Und nun der damit verbunden medienepistemische Moment: "Die Schaltung nach Bild 335 <sc. "Integrator mit Pfiff"> bietet einen einstellbaren Zeitschalter und neue Einsichten" <ebd., 123>. Der Prozeß stellt eine (mathematisierbare) Funktion dar; Teil davon ist die elektronische Aussage: "Entsprechend dem 'Integral' des Eingangsstroms über der Zeit steigt die Ausgangsspannung in negativer Richtung an" <124>. Und nun die Rückverwandlung jenes Prozesses, mit dem Elektrotechnik aus Mathematik Schaltungen baut, zum Zweck einer mathematisierten Zeit (Zeitrechnung): "Aus der Funktion kann man sich leicht die Zeit errechnen, die <...> über den Strom  $I$  eingestellt werden kann <...>. In dieser Zeit fließt die Ladung  $Q = I \times t$  <...>" <124>.

## **Das Hirn: analog sowie digital**

Nervenzellen treten über elektrische und chemische Synapsen in Verbindung: "Bei den elektrischen Synapsen sind zwei Nervenzellen über seher enge Zellkontakte (gab junctions) miteinander verbunden, durch welche die elektrische Enerregung direkt und ohen weiter eVerzögerung von einer Zelle zur anderen hinäufeläuft. B ei den chemischen Synapsen wird die elektrische Erregung nicht direkt übertragen, sondern durch chemische Botenstoffe, Neutrotransmitter (oder einfach Transmitter), vermittelt."<sup>16</sup>

Es treten kurzfristige Aktionspotenziale auf, analog (spannungsgesteuert) und digital: Übermittlung von Ionen.

- Jörgen Schäfer, Sprachzeichenprozesse, in: Jens Schröter / Alexander Böhnke (Hg.), Analog/Digital – Opposition oder Kontinuum? Zur Theorie und Geschichte einer Unterscheidung , Bielefeld (Transcript) 2004

Die Differenz zwischen Computer und Hirn ist eine zeitkritische, mithin eine Differenz zwischen gleichmäßigem Takt und Rhythmus. Informationsverarbeitung im Gehirn hat anders als im strikt getakteten Computer keinen absoluten Taktgeber (*clock*) zur Verfügung:

Der Versuch, die Informationsverarbeitung im Nervensystem als ausschließlichen Binärcode zu verstehen, kann deswegen nicht gelingen, weil für die einzelnen Impulse keine strengen Zeitfenster definiert sind, die es ermöglichen würden, dem Eintreten oder Nichteintreffen eines Signals den Wert 0 oder 1 zuzuordnen, wie dies in einem Rechnersystem geschieht.<sup>17</sup>

## **["digital" divers]**

---

<sup>16</sup> Gerhard Roth, Das GEhirn des Menschen, in: ders. ( Wolfgang Prinz ((Hg.), Kopf-Arbeit. Gehirn

<sup>17</sup> Detlef Linke, Das Gehirn, München 2002, 81

- Grenzwerte / physikalische Materialität des Binären: Wie "0" und "1" sich tatsächlich ereignen: als Impulse. Was nach wie vor nottut, ist daher ein Strom- und Spannungsdenken, d. h. ein Denken in den physikalischen Signalen des binären Codes. Das sogenannte Digitale ist allein im platonisch-informationstheoretischen, aber nicht medienphysikalischen Sinne wirklich digital, sondern vielmehr ein Grenzwert des Analogen: steile Flanken, nahezu Dirac-Impulse.

- Modulation *versus* Information: Ernst Kapp definiert Werkzeuge, Techniken (und Medien) also "Projectionen" menschlicher Organe; "selbst die durch menschliche Thöne und Rede in Bewegung gesetzten und formirten Luftwellen gehören folgerichtig in die Kategorie der in Materie geformten Projection" < Ernst Kapp, Grundlinien einer Philosophie der Technik. Zur Entstehungsgeschichte der Cultur aus neuen Gesichtspunkten, Braunschweig (Westermann) 1877, 27>. Ist damit die radiotechnische "Modulation" von Trägerfrequenzen durch Sprache/Musik genuin analog, im Unterschied zur In/formation der Luftwellen durch kodierte Bits? Siehe auch Fritz Heider über Formation der Luft durch Töne.

- "Reibung" als Differenz zwischen Papiermaschine und physikalischem Mechanismus: "Friction is the only conception which, in a general way, corresponds to that which distinguishes real war from war on paper." Carl von Clausewitz, On War (London: 1873), Book 1, Chapter 7; <http://www.clausewitz.com/CWZHOME/Waystatn.html>

- Bernhard Weßling, Der zivilrechtliche Schutz gegen digitales Sound-Sampling, Baden-Baden (Nomos) 1995, Kapitel "B. Zum technischen Prinzip digitaler Klangspeicherung und -verarbeitung", 21 ff.

- "ein analog gebauter Bau in einer digitalen Zeit" = Kommentar eines Architekten zur Debatte um Sanierungs versus Abriß des ICC in Berlin, Sendung Info-Radio Berlin-Brandenburg / RBB, 28. Juni 2005

- Wieder-Konjunktur analoger Schaltkreise; Artikel im SPIEGEL 17/2004, <http://www.spiegel.de/spiegel/0,1518,295985,00.html>

- in diskreten Maschinen Übergang der Zustände in plötzlichen Sprüngen, i. U. zu menschlichem Nervensystem, wo ebenso chemische wie elektrische Prozesse im Spiel sind (Argument von Neumann)

- Differenz / Unterscheidung: "analog differences are differences of magnitude, frequency, distribution, pattern, organization, and the like. Digital differences are those such as can be codes into distinctions and oppositions, and for this, there must be discrete elements with well-defined boundaries. <...> The discrete character of the signifier follows from its continuous substratum" = Anthony Wilden, System and Structure, Essays in Communication and Exchange, 2. Auf. London 1980, 189; erst Unterscheidung erzeugt Information

- digitalrechnerisch = Darstellung von Information durch diskrete Schaltstellungen (eine im Prinzip arbiträre Zuordnung); im Analogrechner durch kontinuierlich variierbare Werte einer physikalischen Größe

- "digitale Kultur": an die Stelle syntagmatischer Weltbeschreibung tritt die paradigmatische (in diskreten Einheiten, Tabellen). Nur daß diese, medial operativ, von räumlichen in zeitkritische Reihen verwandelt sind

- analoge Kodierung: "Die Werte der Formdimension sind eine lineare Funktion der Werte in der Bedeutungsdimension <...>. Form und Bedeutung der Zeichen stehen in proportionalen Beziehungen zueinander. analog in diesem Sinne sind z. B. fast alle graphischen dArstellung variierender Größen wie Wachstum, Stimmverteilung, Planerfüllung usw., durch Kurven und Diagramme."<sup>18</sup>

- Differential Analyser von Vannevar Bush, der dann seinerseits das Digitale mitentwickelt

- Oxymoron der "kontinuierlichen Kodierung" = Spezialfall der analogen, stetigen Variation der Form- und Bedeutungsdimension. "analog" kann also kontinuierlich oder diskret kodiert sein; nicht-analog allerdings nur diskret; Völz, über das "kontinuierlich Digitale"; Horst Völz, Zum Begriffsbereich von "analog" und "digital", in: Nachrichtentechnik/Elektronik 29 (1979), 217-219; ders., Kontinuierliche Digitaltechnik. Eine neue hochleistungsfähige Methode zur Digitalisierung von Signalen, Aachen (Shaker) 2008

- Alan Turing, Computing machinery and intelligence, in: Mind 59 (1950), 433-460; ders., Mechanical intelligence, Amsterdam et al. (North-Holland) 1992 = Collected works of A. M. Turing

- Differenz des Digitalen liegt im Zeitbegriff und im Algorithmus (also im Operativen): "Zwischen 0 und 1 *gibt* es keine Zeit. Deswegen gibt es die Welt des Symbolischen. Es ist der Entzug des Realen, durch den es das Symbolische gibt."<sup>19</sup> Tatsächlich? Auch der symbolische Code ist auf materielle Einschreibeflächen verwiesen, irreduzibel. Für das Signal, technisch, ist klar: der festgelegte zeitliche Verlauf einer Spannung mit einer gegebenen Dauer. Digital = Manipulation des Zeichens statt des Trägers. Analogsysteme operieren synchron, d. h. ohne (Rechen)Zeitdifferenz in "Echtzeit" (etwa ein Plattenspieler; braucht allerdings auch minimale Zeit zur physikalischen Umsetzung der Abtastung: also keine "Nullzeit", die erst durch digitale Rechnung - als re-entry analoger Synchronzeit - hergestellt werden muß, etwa in SuperCollider); insofern unterscheidet sich das analog übertragene Fernsehbild ("live") noch vom digital übertragenen (zeiterzogen, dilatativ).

<sup>18</sup> Manfred Bierwisch, Musik und Sprache. Überlegungen zu ihrer Struktur und Funktionsweise, 9-102 (44), in: Jahrbuch der Musikbibliothek Peters,orgeführt als Deutsches Jahrbuch der Musikwissenschaft, 1. Jahrgang 1978, Leipzig (Peters) 1979

<sup>19</sup> Bernhard Siegert, Passage des Digitalen. Zeichenpraktiken der neuzeitlichen Wissenschaften 1500-1900, Berlin (Brinkmann & Bose) 2003, 9

- Bildtelegraphie als -übertragung seit ihren Ursprüngen eine zeitkritische Frage der Synchronisation von Sender und Empfänger, um Verzerrungen zu minimieren. Eine Lösung war die digitale Kodierung der analogen Übertragungsprozesse: "Auf die Frage nach der Zeit im Bild folgt die Frage nach dem Digitalen und zwar als Auseinandersetzung mit der Störung."<sup>20</sup>

- Durchsetzung von Zahl im Zuge der Naturwissenschaft; post-pythagoräisch mit Leibniz Keim zur Idee eines Kalküls = Maschine

- *re-entry* des Analogenen im Digitalen: Rezension von Kleinert (Hg.), Soundcultures, durch Ueli Bernays, in NZZ, speziell Beitrag Grossmann: "Weshalb also werden Eigengeräusche der Vinylscheibe in den neunziger Jahren plötzlich musikalisch verwertet - mehr noch: digital gesampelt und archiviert in speziellen Plug-ins? Ästhetisierung analoger Sounds in Minimal Electronica charakteristisch für den Übergang zur digitalen Technologie; mit McLuhan: Muster der Mediengeschichte; sinnlich / medienarchäologisch erfahrbar neue Technologien stets zu Beginn und am Ende. «Clicks & Cuts» versteht Grossmann als «Universum falscher Töne», das in einer «Aesthetic of Failure» (Kim Cascone) die medieninterne Soundwelt offenbare. Vergleichbar Clement Greenberg: Malerei, die über Struktur und Materialität reflektiert, angesichts der konkurrenzierenden Photographie; als Reaktion auf die digitale Technik auch die akustischen Besonderheiten analoger Medien definiert; Verklärung des alten Klangbilds, in dem die kratzende Nadel für Treue und Wärme der musikalischen Wiedergabe zu garantieren schien. "Zum ästhetischen Thema wird ein Medium aber auch zu Beginn seiner Ära. Anfangs ist noch zu sehen oder zu hören, dass und wie es die wiedergegebene oder simulierte Wirklichkeit strukturiert. Moholy-Nagy: neue Klänge in die Rillen einer riesigen Schallplatte ritzen; in den neunziger Jahren zeigte sich das Bewußtsein für die Struktur digitaler Medien im Spiel der Medienkunst mit sichtbaren Pixeln; Sounddesign der Laptop-Musiker: Strukturen digitaler Medien als Raster und Regel (Algorithmus / Rhythmus) erfahrbar

- digitaler Zoom / optischer Zoom in Digital-Kameras: digital wird etwas verrechnet, was aber nur optisch einholbar ist. Paradigma der Perspektive: mathematische Rechnung. Vgl. Anti-Verwackeln: bedarf es einer höheren Pixelrate, deren Reserve dafür verwendet

- Carl Friedrich Gauß aber "setzt bei seinen telegrafischen Versuchen um 1830 an die Stelle von 0 und 1 die Zeichen + und - und weist damit auf die Elektrifizierbarkeit der digitalen Codes hin" (Wolfgang Coy, Vortrag / Reader HyperKult 29.3.2003); in dieser Kopplung wird das Diskrete als Boolesche Logik rechenbar und eskaliert im Computer.

- "Analogmedien erlauben jeder Sequenz reeller Zahlen, sich als solche einzuschreiben" = Kittler, *Aufschreibesysteme*, Ausgabe 1995: 289

---

<sup>20</sup> Christian Kassung / Albert Kümmel, Synchronisationsprobleme, in: Albert Kümmel / Erhard Schüttpelz (Hg.), Signale der Störung, München (Fink) 2003, 143-165 (164)

- "existiert keine *digitale Musik*, kein *digitaler Klang* an sich. Was wir nach der Digital-Analog-Wandlung wahrnehmen, sind Klänge, die digital vorliegend Daten *darstellen*."<sup>21</sup>

- Signal wird digitalisiert, indem man es an verschiedenen Punkten abtastet. "Wenn diese Abtastpunkte dicht genug nebeneinanderliegen, läßt sich daraus eine scheinbar perfekte Kopie erstellen. Für eine Audio-CD beispielsweise tastet man die Klänge eines Musikstücks 44100 mal pro Sekunde ab und zeichnet dessen Audiowellenform <...> als Kette einzelner Zahlen auf (die ihrerseits in Bits umgewandelt werden). Wenn man diese Bitketten nun 44100mal pro Sekunde abspielt, erhält man eine ununterbrochene Wiedergabe der Originalmusik. Die aufeinanderfolgenden einzelnen Meßpunkte liegen zeitlich so dicht nebeneinander daß unser Ohr sie nicht mehr als eine Aneinanderreihung getrennter Klänge, sondern als durchgehenden Ton wahrnimmt" = Nicholas Negroponte, *Total digital. Die Welt zwischen 0 und 1 oder Die Zukunft der Kommunikation*, München (C. Bertelsmann) 1995, 23, analog zum Unterlaufen der menschlichen Wahrnehmungsschwelle als Bewegung durch 24 Bilder/Sek. im Film (und Grauwerte in s/w-Bildern zwischen 0 für schwarz und 255 für weiß). Doch nimmt das Unterbewußte diese Diskretheit dennoch wahr und erzeugt damit eine kognitive Dissonanz (Kognition versus "pétits perceptions")?

"Das Entstehen eines kontinuierlichen Ganzen aus einzelnen Bildpunkten verhält sich analog zu einem Phänomen, das wir in einem viel feineren Maßstab aus der wohlbekannteren Welt der Materie kennen. Materie besteht aus Atomen. <...> Aber die Welt, wie wir sie kennen, ist ein sehr analoger Ort. Aus unserem makroskopischen Blickwinkel betrachtet, entwickelt sich nichts digital, sondern alles kontinuierlich" = ebd., 24; analog/digital-Unterscheidung macht allein medienanthropologisch Sinn

- Vorzug von Digitalisierung: "Datenkompression und Fehlerkorrektur, die beide für den Transport von Informationen durch einen kostspieligen und stör anfälligen Kanal von größter Bedeutung sind" = ebd., 24. "Die Digitalisierung ermöglicht die Übertragung eines Signals mit zusätzlichen Informationen zur Korrektur von Fehlern wie Telefonknackern, Radionistern oder Fernsehschnee" = ebd., 26

- linienzeichnende / vektorgraphische Maschinen mit horizontal wie vertikal abgelenkten Elektronenstrahlen einer Kathodenstrahlröhre wie Sketchpad (Ivan Sutherland, MIT, 1963) vs. fernsehähnliche Rasterpunktsysteme: Bildpunkte / Pixel, die in der Lage sind, im Computer gespeicherte Bilder auf einer Anzeigeeinheit abzubilden. Pixel besteht in der Regel aus mehr als einem Bit.

Auf der Informationsebene wird die Opposition analog/digital unterlaufen; Information ungleich Materie ungleich Energie (Wiener). "Das besondere Kennzeichen aller Kanäle ist, daß sie durchwegs in das Gebiet der Physik

---

<sup>21</sup> Michael Harenberg, *Virtuelle Instrumente zwischen Simulation und (De)Konstruktion*, in: *Soundcultures. Über elektronische und digitale Musik*, hg. v. Marcus S. Kleiner / Achim Szepanski, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2003, 69-93 (78)

fallen."<sup>22</sup> Alle Information ist damit den Materialitäten verschrieben, in denen Codes übermittelt (oder verrauscht) werden. Dagegen Zeilingers quantenphysikalischer Ansatz, der von der Verschränkung der Teilchen und damit der Überflüssigkeit ihres Kanals / Mediums ausgeht, aber ebenso eine Herausforderung an das Binäre darstellt. Denn wo nicht mehr nur ein vordefinierter Zustand herrscht, sondern die Überlagerung mehrerer Zustände gleichzeitig, muß die Binarität durch Beobachtung erst hergestellt werden (Martin Warnke).

- auf dem Weg zu einer anderen Zeitkultur, diesseits der Erzählung (Paul Ricoeur, *Temps et Récit*) zur diskreten Zeit; löst zugleich den phatischen Referenten Zeit auf, in ein Begriffs-Custer aus Schwingungen, Frequenzen, oszillatoren

- analoge Messung zwar näher an der Physik, aber ungenauer; heute: analoge Signalquelle wird digital analysiert (Sampling-Raten), Frequenz aufgespalten. "Sowenig es eine adäquate Zerlegung von Wirklichkeit in digitalisierbare Elemente gibt, sowenig gibt es auch eine adäquate Zerlegung von Problemen in entscheidbare Strukturbäume. Ebenso wie eine angemessene Codierung der Welt scheitert, scheitert auch ihre effektive Programmierung"<sup>23</sup>

- Computerspiele: Ergodik (Aarseth) statt Erzählung. Am Beispiel des Computerspiels *Blade Runner* (Westwood Studio, 1998), basiert auf dem gleichnamigen Film Ridley Scotts von 1982, erörtert Patrick Crogan die inhärente Spannung, den Widerstreit "between its interactive and narrative elements"<sup>24</sup>

- *Posthistoire* im Sinne von: jenseits der Narration trägt einen medienarchäologisch faßbaren Index; Gottfried Benn: "Rechne mit deinen Beständen." Nun wird das *Rechnen*, der *rechnende Raum* (Konrad Zuse) buchstäblich und mechanisch im Computer: ein Zustand, "wo das Erzählen wieder ins Aufzählen übergeht, *story* zu *storage* wird"<sup>25</sup>

- pointillistische Malerei operiert nicht digital, aber diskret, "Strich für Strich"

- Bücher als Hardware kultureller Tradition "need to be preserved in their original form. Hence microcopying, particularly of newspapers, cannot be regarded as a justification for the destruction of the originals."<sup>26</sup> Bücher gehen nicht in der Information auf, die sie vermitteln, sondern in ihrer originalen Konfiguration aus Papier, Druck und Band haben sie *einen*

<sup>22</sup> Hans Titze, *Ist Information ein Prinzip?*, Meisenheim/Glan (Hain) 1971, 104

<sup>23</sup> Dieter Mersch, *Digitalität und Nicht-Diskursives Denken*, in: ders. / J. C. Nyíri (Hg.), *Computer, Kultur, Geschichte: Beiträge zur Philosophie des Informationszeitalters*, Wien (Passagen) 1991, 109-xxx (111)

<sup>24</sup> Patrick Crogan, *Blade Runners: Speculations on Narrative and Interactivity*, in: *South Atlantic Quarterly* 101, Heft 3/2002, 657 (640)

<sup>25</sup> Hartmut Böhme / Peter Matussek / Lothar Müller, *Orientierung Kulturwissenschaft*, Reinbek (rororo) 2000, 148

<sup>26</sup> *National Libraries: Their problems and prospects*, Paris 1960 (UNESCO Manuals for Libraries 11), 36, zitiert nach: Röttsch 1962: 3

*intrinsic* Wert. Selbst Exemplare desselben Buches (und die DB speichert Duplikate) "hat eine andere äußere Form und vor allem: eine eigene Geschichte" <Knoche, ebd.> Hier sprechen die Gebrauchsspuren in ihrer schieren Physik: weltanaloge Spuren des Realen, allen symbolisch reproduzierbaren Lettern vorgängig; das Vorenthaltene

- MPI / xxx, Cuneiform digital library Project: Auf WWW-Ebene zusammenfügen, was weltweit an Keilschriftfragmenten in Bibliotheken / Museen verteilt; bildstatistische Zusammenfügung von Fragmenten durch Kantenerkennung, im Blick des Rechners. Im digitalen Raum aber andere Halbwertzeit der Information

- *Euklid-Maschinen. Zur Geschichte und Theorie des analogen Codes* = Vortrag Wolfgang Schaeffner: ZfL Berlin. Analysen des Punkts als Basisoperator des analogen Codes; Geschichte des analogen Codes: die Geometrie, die mit Euklids Elementen ihre exemplarische antike Ausformung gefunden hatte, bildet entscheidenden Schauplatz eines Codes kontinuierlicher Größen; Publikation Schaeffner: Punkt 0.1. Zur Genese des analogen Codes in der Frühen Neuzeit (Berlin/Zürich, demnächst)

- Archiv = Umwandler von kontinuierlichen, analogen Prozessen (Gegenwart, in seiner Metaphorik als "Leben") in diskrete Signale respektive Zeichenmengen, die damit der Rekombinierbarkeit harren

- Klassifikation der Nachrichten in diskrete, kontinuierliche und gemischte Systeme; auch Signale, die im Transmittorprozeß festgelegt werden, bestehen aus einer Abfolge diskreter Symbole<sup>27</sup>

- Als kodierte Signal ist jede Nachricht bereits Teil des synchronen Archivs der Gegenwart; älteste Darstellung eines Buchladens von 1499 zeigt einen Totentanz mit Setzer, Drucker und Buchhändler<sup>28</sup>; typographische Diskretisierung korrespondiert hier mit der Modularität von Gerippen, der diskontinuierlichen Ästhetik des Archivs im Unterschied zur Unkalkulierbarkeit des Kontinuierlichen namens Leben

- Informatik nutzt die Hysterese, um Entscheidungen auf der Basis skalarer Eingangsgrößen im Grenzbereich mehr Stabilität zu verleihen; eine Automatik am Fahrzeug, die das Licht abhängig von der Helligkeit der Umgebung ohne Zutun des Fahrzeugführers ein- oder ausschaltet. "Ohne eine Hysterese hätte man im Zwielflicht, abhängig vom Wurf von Schatten, Helligkeitsschwankungen der unmittelbaren Umgebung, Schatten durch Bewölkung etc. mehr ein Blinklicht als eine vernünftige Beleuchtung" - wilde Oszillationen, "singing". Ständiges Steigen über und Fallen unter den einen einzigen Schwellwert hätte das stete Ein- und Ausschalten des Lichts zur Folge; einfache, kleine Modifikation des Entscheidungsmodells: zum einen Schwellwert tritt noch ein zweiter hinzu. Ist die Helligkeit der

<sup>27</sup> Erich Pietsch, Dokumentation und mechanisches Gedächtnis. Zur Frage der Ökonomie der geistigen Arbeit, in: Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 38, Köln / Opladen (Westdt. Verl.) 1954, 48

<sup>28</sup> Abdruck in: Reinhard Wittmann, Geschichte des deutschen Buchhandels, München (Beck) 1991, 33

Umgebung erst einmal unter die Einschalt-Schwelle gesunken (engl. "low water mark") und die Beleuchtung aktiviert, so wird diese erst wieder deaktiviert, sobald die Umgebungshelligkeit über eine andere, deutlich höher liegende Schwelle (engl. "high water mark") gestiegen ist. Somit hat man einen Grenzbereich gebildet, innerhalb dessen die vorher getroffene Entscheidung, unabhängig von den aktuellen Umweltbedingungen, stabil bleibt; *eine künstliche Hysterese in das System eingeführt*

- "time of non-reality" (Norbert Wiener")

- Analoge Photographie operiert technisch-physikalisch immer noch referentiell. Demgegenüber bringt Malevich mit seiner gegenstandslosen Malerei (dem *Schwarzen Quadrat*) die Referentialität auf den Nullpunkt. Damit wird der Weg frei für bildgebende Verfahren: die aber nur als Errechnung möglich sind, mathematisch also (Pavel Florenskij, über Ikonen). "Digitale Bilder sind keine `Bilder´ im Sinne des Tafelbildes, sondern Modell von Rechnerprogrammen. Eine dringend erforderliche Theoriebildung des digitalen Bildes muß notwendigerweise auf diesen Umstand aufbauen."<sup>29</sup>

- Etymologie von *zeit*: im Altindischen (da-ti), im Nordischen (tina) ... meint: "in etwas gesplittert, gespalten" - also immer schon digital / Uhrtakt / "draw a distinction" (Spencer Browne)

- 1936 Turing-Maschine abstrakt und zeitunkritisch; im Moment der Implementierung aber kommen Signale (Meßwerte) ins Spiel, die in Zahlen übertragen werden müssen, um digital rechenbar zu sein

- digitale Adressierung; wandern, wunschgemäß, Telefonnummern mit in andere Stadtteile; somit an ihnen bestenfalls eine Herkunft, nicht aber mehr der aktuelle Ort zwingend ablesbar. Im digitalen Telefonsystem wird das analoge Netz zu einer wandernden Topologie, jenseits des Orts-Analogen; vgl. in Bibliotheken: Trennung des symbolischen Orts der Bücher im Katalog vom tatsächlichen Lagerungsort. Parallel dazu stellen auch Internet-Provider nur den Zugang ins Internet, doch die Leitungen in Deutschland sind zumeist noch die der Telecom. Es gibt also Hardware (analoger Raum ist der von Physik). Hier trifft materiale Medialität auf digitale Metarealität (Kanal versus Code)

- Konrad Zuse, *Der rechnende Raum*, 1969: Der komputative Raum, "der den gesamten physikalischen Raum zu einem kybernetischen diskreten bzw. digitalen Universum macht" = F. E. Rakuschan, Junktim. Von der elektronischen Ursuppe zum Gehirnwassersiziliumwelt-Mix, in: Nybble-Engine, hg. v. CLIMAX (Jahrmann / Moswitzer / Rakuschan), Wien (Climax) 2003, 28-35 (35)

- "digital" meint recht eigentlich sowohl mechanisiert als auch mathematisiert

---

<sup>29</sup> Gerhard Glüher, Von der Theorie der Fotografie zur Theorie des digitalen Bildes, in: kritische berichte 2/98, 23-31 (25)

## DIGITALES ZÄHLEN AUS MEDIENARCHÄOLOGISCHER SICHT

### Den A/D-Umbruch aktiv denken

- "Das Wort science kommt vom "schi", ist die indoeuropäische Wurzel und die heißt trennen <...>"<sup>30</sup>; ihre (*avant* respektive *avec la lettre* "digitale") Form der Analyse liest McLuhan als Effekt des altgriechischen Vokalalphabets, der Lautstromunterteilung (Hapax legomenon *merops*) in -LMN- (Elemente), *stoicheia*. Grammophone Signalaufzeichnung aber gewährt, die scheinbar unter Umgehung symbolischer und konventioneller Kodierungen das Reale in seiner stochastischen Streuung selbst speichern.

- Binäre (und damit schaltungslogisch in Form elektromagnetische Relais, elektronischer Kippschaltungen oder hochintegrierter Transistoren technologisch implementierbare) Numerik gewährt die Möglichkeit der mathematischen, d. i. binären Darstellbarkeit fast aller kontinuierlichen Signalformen.

- wird Begriff der Medien zum emphatischen Objekt einer akademischen Wissenschaft mit der Emergenz einer Beobachterdifferenz: der des Computers, der andere (analoge) Medien *digitaliter* simuliert. Bislang waren Phonographie, Radio und Video nicht notwendig Teilmenge des Oberbegriffs Medienwissenschaften

- lange Zeit unter "Medium" das passive physikalische (Luft, Wasser) der technische (Eisenbahn) Transportvehikel für Dinge und Symbole verstanden; Computer demgegen über Automatismus, der diesen Begriff unterläuft

- so klar der Gegensatz analog/digital erscheint: nicht schon – wenn frei nach Bateson ein Signal dann digital zu nennen ist, wenn es eine diskontinuierliche Beziehung zu anderen Signalen unterhält – Ja und nein Beispiele für digitale Signale, ebenso die zehn Finger (lat. *Digitus* = Finger), die man als erste digitale Rechenmaschine bezeichnen kann? Und hatte nicht auch der Film – so Kittler – digitale Züge, insofern er diskret 24 Bilder in der Sekunde abtastet? In welchem Verhältnis stehen die Terme analog/digital? Bilden sie selbst eine digitale, scharf getrennte Opposition oder sind sie nur Grenzfälle eines kontinuierlichen, d. h. analogen Feldes?

- In Kittlerscher Prägung sind analog/digital klar separierte Eigenschaften verschiedener Materialitäten. Der Computer als Meta-Medium scheint die Mediengeschichte zum Abschluss zu bringen und darüber hinaus wird die Welt des Symbolischen als Welt der Maschine denkbar.

- systemtheoretische Konzeption (Bateson/Wilden/Luhmann) geht von einer kontext- bzw. beobachterabhängigen Anwendung der analog/digital-*Differenz* aus, bei der die Referenz nicht auf Maschinen geht, welche die

<sup>30</sup> I would call it Cybernetics. Heinz von Foerster im Gespräch mit Gerhard Grössing, in: Nybble-Engine, hg. v. CLIMAX (Jahrmann / Moswitzer / Rakuschan), Wien (Climax) 2003, 19-21 (20)

Epochenschnitte 1900/2000 substantialisieren würde, sondern auf Codes, bzw. Formen der Codierung: analog-kontinuierlich-synchron oder digital-diskret-sequentiell, wobei "rein" analoge oder diskrete/digitale Verhältnisse selten vorkommen werden

- Grenzfall eines digitalen Systems ist für Goodman eine *Notation*, sowohl syntaktisch als auch semantisch differenziert und disjunkt

- analoge Systeme durch das Fehlen von Differenziertheit charakterisiert; "ein digitales Schema dagegen ist durchgängig diskontinuierlich; und in einem digitalen System stehen die Charaktere eines sol/chen Schemas in einer Eins-zu-eins-Korrelation mit den Erfüllungsklassen einer ähnlich diskontinuierlichen Menge"<sup>31</sup> - insofern ein Notationssystem (disjunkt). Aufgabe des Analogcomputer ist es, "eine absolute Position in einem Kontinuum zu registrieren" <ebd., 155> - worauf Leibniz' Differentialrechnung zielt (oder hinterherläuft). Aufgabe des Digitalcomputers ist hingegen das "zählen" <ebd.> - *computer* im mathematischen Maschinensinn, Maschinen mit *mathesis*. Goodman illustriert die Differenz am Beispiel der "Zeit- und Zählapparate" <151ff>. Die Fehleranfälligkeit (Ungenauigkeit) des analogen Messens ist ein Defizit erst im funktionalen Kontext: digitaler Computer eine hochgezüchtete Zählmaschine, für Rechenaufgaben: H-Bombe (von-Neumann-Architektur), Los Alamos

- menschliche Kommunikation "digital", seitdem mit der Kulturpraxis des Vokalalphabets auch Sprache als phonetisches, also diskretes System von Lauten (Aristoteles / de Saussure) analysierbar und wahrgenommen wird

- "Dans l'histoire de l'image, le passage de l'analogique au numérique instaure une rupture équivalent dans son principe à l'arme atomique dans l'histoire des armements ou à la manipulation génétique dans la biologie"<sup>32</sup>; bewahrt aber auch noch das *bit* den kleinsten denkbaren analogen Bezug zur Wirklichkeit, insofern es deren Impuls(e) abbildet und in elektrische Signale *umsetzt*, un-willkürlich. Allein der parallele Effekt, die Rechenbarkeit dieser Impulse, unterscheidet das Reich des Digitalen von dem des (nur-)Analogen

- konstruktivistische Theorie der Wahrnehmung; auch hier steht das *bit* der Nervenreizung in einem non-arbiträren Verhältnis zum Impuls:

Wenn also unsere Sinnesempfindungen in ihrer Qualität auch nur *Zeichen* sind, deren besondere Art ganz von unserer Organisation abhängt, so sind sie doch nicht als leerer Schein zu verwerfen, sondern sie sind eben Zeichen von *Etwas*, sei es etwas Bestehenden oder Geschehendem.<sup>33</sup>

---

<sup>31</sup> Nelson Goodman, *Sprachen der Kunst*, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1998, 154f

<sup>32</sup> Régis Debray, *Vie et mort de l'image. Une histoire du regard en Occident*, Paris (Gallimard) 1992, 300

<sup>33</sup> Hermann v. Helmholtz, *Die Tatsachen in der Wahrnehmung*, in: ders., *Schriften zur Erkenntnistheorie*, Wien / New York (Springer) 1998, 147-176 (154)

- Differenz zum Digitalen, das die Umrechenbarkeit, Umprogrammierbarkeit der Daten impliziert: Für Helmholtz sind Sinnesempfindungen nicht nur Zeichen von etwas Geschehendem, sondern "das *Gesetz* dieses Geschehens können sie uns abbilden" <ebd.>.
- in diskreten Zuständen denken / leben, in Übergangswahrscheinlichkeiten (Markov-Ketten)
- Im "Analogen" insistiert die Welt der Physik, die das Digitale ausfiltert.
- Quantisierungsrauschen entsteht beim Übergang/Bruch zwischen dem Reellen und den computable numbers (in den Worten von Axel Volmar, Juni 2006) und benennt Störungen bei der digitalen Umsetzung analoger Signale, wenn etwa eine Welle mit endlicher Auflösung in ein digitales Signal umgewandelt wird.

### **Zwischen zwei Zuständen: "0 / 1"**

- Schaltschwellen: "Digitale Eingänge unterscheiden nur zwei Zustände, Eins und Null."<sup>34</sup> Doch schon mit dem Zusatz beginnt die Verwechslung von (elektrotechnisch) Realem und (zählendem) Symbolischen. Die Benennung mit Zahl-Zuständen ist bereits eine idealistische, eben: mathematische Abstraktion vom Reellen der zugrundeliegenden und -fließenden Materie (obgleich wiederum für die quantenphysikalische Ebene etwa am photoelektrischen Effekt das Plancksche Wirkungsquantum gilt, also ein diskreter, ganzzahliger Sprung des Energieniveaus). An A/D-Schnittstellen eines Mikroprozessors wird eine Stromspannung unter einem bestimmten Wert (etwa 1 Volt) zuverlässig als Null gelesen; eine Spannung über einem erheblich darüber liegenden Wert (etwa 3 V) als Eins. "Aber auch Zwischenwerte liest der Eingang entweder als Null oder als Eins. Deshalb soll <...> die genaue Grenze zwischen beiden Pegeln gesucht werden" = Kainka ebd.. Tatsächlich wird also idealisiert zugunsten des mathematischen Modells, anstatt ebenso mit Unschärfen zu rechnen, wie sie im Gibbs-Phänomen und dem Quantisierungsrauschen auftreten.

DEN A/D-UMBRUCH AKTIV DENKEN (MEDIENARCHÄOLOGISCH, KULTURTECHNISCH)

### **Das griechische Vokalalphabet als Bedingung des Digitalen**

- de Saussures differentielle Linguistik; eine diskursive Verfehlung vermeiden: Mit "digital" ist - seitdem die Epoche der zeitkritisch sequentiellen von-Neumann-Architektur des Computers diese Frage aufgeworfen hat - tatsächlich das Binäre gemeint. Medienwissenschaft

---

<sup>34</sup>Burkhard Kainka, Lernpaket Microcontroller, Poing (Franzis) 2007, 45

geht vom modellbildenden Medium Computer aus, also von der Gegenwart; das Digitale, gekoppelt an das Binäre, ergibt den Computer. An dieser Stelle hilft auch Nelson Goodmanns Symbol-(statt Signal-)Theorie des Digitalen nicht mehr weiter, weil sie eben keine Medien-, sondern eine Symboltheorie des Ästhetischen ist)

- Vollendung - also auch Überwindung - des kulturtechnischen Paradigmas des altgriechischen Vokalalphabets liegt einerseits darin, daß die Diskretheit der Buchstaben tatsächlich digital verrechnet wird: im binären Code, der das Alphabet (oder die Schreibmaschinentastatur) nicht nur auf zwei Symbole oder Schaltzustände reduziert, sondern damit auch einen qualitativen Sprung vollzieht: seine Implementierbarkeit als Rechnung, als Mechanisierung des Alphabets in Kopplung mit der Booleschen Aussagenlogik. A. Markov errechnete 1913 die Wahrscheinlichkeit von Vokal- auf Konsonantenfolgen in Literatur statistisch; damit liegt binäre Digitalität im Vokalalphabet selbst verborgen. Ohne das Vokalalphabet wäre Markovs Analyse des *Eugen Onegin* von Puschkine witzlos: worin er nämlich die Wahrscheinlichkeit testet, daß auf einen Vokal ein Konsonant folgt, etc. Erst ein Alphabet, das kleinste lautliche Einheiten bis zur Sinnlosigkeit zu unterscheiden vermag, ist kalkulierbar.

- Fritz Heider, in "Ding und Medium" (1921), die 24 Buchstaben des Alphabets als lose Kopplung beschrieben: ein "Medium", woraus durch feste Fügung Form wird: "Literatur"

Es war eine basale griechische Operation, elementare Buchstaben zugleich als Zahlzeichen zu verwenden, welche das Digitale praktikierbar machte: "Der erste Schritt <zur Telegraphie> bestand <...> in dem Versuch, die einzelnen Buchstaben des Alphabets *durch die Zahl* der ihrer Stellung in der alphabetischen Reihe entsprechenden optischen Fackelzeichen (*alpha* = 1; *beta* = 2; *omega* = 24) auszudrücken"<sup>35</sup> - damit im binären Zahlensystem anschreibbar, "durch paarweise kombinierte Ausschläge"

- Form der Lochkarte, seitdem sie Jacquard für Webmuster Ende des 18. Jahrhunderts entwickelte. Schon erreichen wir die gelöcherten Scheiben der technischen Sirenen: Apparaturen, wie sie Hermann von Helmholtz zur pneumatischen Erzeugung von Klängen und ihrer Analyse feinmechanisch bauen ließ. Dieses akustische Sieb steht einerseits der Lochkarte nahe (also "Null" im Sinne des digital-binären Codes, im Unterschied zu "Eins"); andererseits schreibt sich im Luftstrom durch das Loch tatsächlich der Vokal "O" - zwischen der Ziffer Null und dem Buchstaben "O". Vollziehen wir eine Analogie zwischen dem sprachlichen Verschlusslaut (den Konsonanten) und den jeweils geschlossenen Flächen auf der Drehscheibe der Helmholtzschen Sirene; die offenen Löcher, durch die Preßluft strömt, entsprechen dann der alphabetischen Vokalisation. Die Lochscheiben der

---

<sup>35</sup> Wolfgang Riepl, *Das Nachrichtenwesen des Altertums*. Mit besonderer Rücksicht auf die Römer, reprogr. Nachdr. d. Ausg. Leipzig 1913, Hildesheim u. a. (Olms) 1972, 100, unter Bezug auf das von Polybios beschriebene System von Kleoxenos und Demokleitos

Helmholtz'schen Doppelsirene aber erzeugen, wenn gegeneinander gespielt, gar kein Klang mehr, weil die Frequenzen sich gegenseitig überschreiben. Das kulturtechnische Paradigma des griechischen Vokalalphabets verstummt.

Einen gewissen metaphysischen Rest aber wird auch das Rechnen mit Null und Eins nicht los. Gottlieb Wilhelm Leibniz optimierte (tatsächlich digitale) den Zeichensatz des griechischen Vokalalphabets durch Reduktion auf zwei Werte, die sich zwar von einer metaphysischen Spur nicht ganz lösen (An- und Abwesenheit), doch immerhin endgültig von der Sprache. Carl Friedrich Gauß aber "setzt bei seinen telegrafischen Versuchen um 1830 an die Stelle von 0 und 1 die Zeichen + und - und weist damit auf die Elektrifizierbarkeit der digitalen Codes hin" (Wolfgang Coy, Vortrag / Reader HyperKult 29.3.2003). Erst in dieser Kopplung wird das Diskrete als Bool'sche Logik rechenbar und eskaliert im Computer.

Musikalische Harmonieverhältnisse werden seit Pythagoras mathematisch und damit im Medium der alphabetischen Notation beschreibbar. Zwar hat sich seit der Spätantike und in Byzanz die musikalische Notation vom vokalphabetischen Paradigma gelöst (die Neumen), doch kehren die *stoicheia* in elementarster Form als digitale Bits and Bytes digitaler Klangaufzeichnung und -wiedergabe wieder: das *re-entry* des altgriechischen Alphabets als Geschichtsfigur abendländischer Kulturtechnik. Denn am Ende können mit mathematischen Gleichungen im digitalen Raum alle Parameter von Musik adressiert werden.

Einer verspielten These zufolge läuft das griechische Vokalalphabet, in seiner Eintrainierung des Diskreten, auf die digitale Epoche hinaus; das Ägyptische demgegenüber auf den Neo-Platonismus.<sup>36</sup> Das von von Carl Saganof SETI Programm (Search for Extra Terrestrial Intelligence) der Planetary Society in Pasadena (Kalifornien) ist der Versuch "to communicate the diversity of our planet's cultures and life to other intelligent species via noise messages digitally stored on a golden phonograph record and send aboard the Voyager 1 and 2 spacecrafts"<sup>37</sup>.

Die analoge Übertragung ist weniger abstrakt als die digitale. Durch die *speech-to-text-Software via voice* von IBM werden - anders als über die buchstäbliche Tastatur des Computers - die Schwingungen der Stimme in Buchstaben (rück)übertragen, eine Art akustische Variante von Optical Character Recognition, wie sie uns aus Scannern vertraut ist. In welchem Verhältnis stehen Schwingungen zu Buchstaben? Digitale Nachrichtenübertragung ist zwingend darauf angewiesen, noch einmal jene Operation zu vollziehen, die auch jener namenlose Schreiber vollzog, als er die Gesänge Homers in diskrete Buchstaben übersetzte, um sie speicher- und übertragbar zu machen <siehe Powell 1991>. Denn um eine Nachricht der physikalisch immer prinzipiell begrenzten Kanalkapazität

<sup>36</sup> Frei nach Jan Assmann auf der Podiumsdiskussion *Erinnerung zwischen Kulturwissenschaft und Meidenarchäologie*, Einstein-Forum / Stabi Berlin, 15. Mai 2003

<sup>37</sup> Wolfgang M. Heckl, *Fossil Voices*, in: *Durability and Change. The Science, Responsibility, and Cost of Sustaining Cultural Heritage*, hg. v. W. E. Krumbein et. al., London (John) 1994, xxx

anzupassen, muß sie vor der Übertragung zunächst einmal in einzelne Elemente eines selben Typs (also ein Alphabet) zerlegt werden: zum in Buchstaben, wenn es um die Übertragung von Gesprochenem geht, oder in ganze Zahlen, wenn es um verrechenbare Daten des Computers geht. Diese Elemente können nur bestimmte, treppenförmig abmeßbare Werte annehmen; lateinische Buchstaben zum Beispiel können nicht die Vielfalt möglicher Geräusche menschlicher Kehlköpfe und Mäuler wiedergeben und somit der Nachricht nicht in allen ihren Schwankungen, Feinheiten und Details folgen. Der Preis des Digitalen ist die Reduktion, die Filterung und Rasterung physikalischer Komplexität. Das Analoge erinnert an die Welt der Physik, die das Digitale ausfiltert. Das Digitale ist immer nur ein Modell von Welt. Schon das Paradigma der Perspektive war die mathematische Berechnung des Bildes als Brechung der Realität. Heute macht es der Unterschied zwischen digitalem und optischen Zoom in Digital-Kameras manifest: digital wird etwas verrechnet, was nur durch die Physik des Optischen einholbar ist.<sup>38</sup>

### **Ein Kriterium der Differenz von analog und digital: die Zeit**

- Alan Turing formulierte eindeutig, daß der Digitalcomputer danach verlangt, Zeit als discrete zu behandeln. Die von-Neumann-Architektur mit ihrer strikten Umsetzung des Turing'schen Diktums, immer jeweils nur ein *bit* pro Zeitmoment abzuarbeiten, ist die Bedingung, die das binär-Digitale an seine technische Implementierung stellt: weg von dem aus Parallelität und Sukzessivität der Zeichen kombinierten System analoger Datenverarbeitung hin zur reinen Sukzessivität in der Prozessierung.

- Gängige Klangsyntheseverfahren basieren auf dem eindimensionalen, auf Fourier zurückgehenden Prinzip einer aus der Zeit gelösten vertikalen Momentaufnahme eines als räumlich-statisch gedachten Klangspektrums, das durch eine endliche Anzahl von Sinustönen abbildbar ist. Dieses physikalisch-technische Verfahren ist "ganz im Denken des analogen 19. Jahrhunderts verwurzelt" und Basis für die seriellen Techniken auf der Materialebene. Im Digitalen dagegen herrscht ein grundsätzlich verschiedenes Paradigma: "das der *zeitlich* diskreten Rasterung von Einzelwerten eines Abtastvorganges im Binären. Damit wird aus *Klang* nach der analog-digital-Wandlung *Information*." Der Begriff des "bit" gilt seit Shannon als Maßeinheit von Information. Information aber ist, laut Norbert Wiener, weder Materie noch Energie. Dafür steht Sampling als technologisches Grundprinzip des Überführens analoger Klänge in diskrete Information <Harenberg 2003: 81>, geradezu "gramm(at)ophon" in Verankerung der Leistung technischer Aufschreibesysteme Ende des 19. Jahrhunderts: denn das Grammophon erlaubte, Klänge und Geräusche und Sprachen und Musik nicht mehr in Elemente einer abzählbaren Zeichenmenge (ein Alphabet also aus Buchstaben, Ziffern oder Noten) analysieren zu müssen, um sie speicherbar zu machen. "Analogmedien

---

<sup>38</sup> Siehe Friedrich Kittler, *Optische Medien*, Berlin (Merve) 2002

erlauben jeder Sequenz reeller Zahlen, sich als solche einzuschreiben" <Kittler, *Aufschreibesysteme*, Ausgabe 1995: 289>.

Die Konstruktion des mediengeschichtlichen Epochenschnitts "um 1900" referiert auf die Geburtsstunde *analoger Medien* wie Grammophon oder Film, die scheinbar unter Umgehung symbolischer und konventioneller Codierungen das Reale in seiner stochastischen Streuung selbst speichern können. Daraus resultiert auch der privilegierte Zugang zum Realen als Referenzobjekt, der diesen Medien aus der Welt selbst zugeschrieben wird.

- *digitaler Medienumbruch* besteht vor allem in der Möglichkeit der mathematischen, d. i. binären Darstellbarkeit fast aller Signalformen; die ‚Spezifiken‘ der alten Medien werden abgelöst von ihrer materiellen Form und im Raum des digitalen Meta-Mediums frei verfü-, änder- und kombinierbar <Exposé Jens Schröter / Böhnke zum Sammelband>

- In der von Grammophon, Mikrofon, Radio und Fernsehen vertrauten analoger Datenübertragung entspricht das vom Sender erzeugte Signal der Nachricht durch Proportionalität, d. h. es folgt allen ihren Veränderungen im Raum und/oder in der Zeit. Die Differenz des Digitalen zum Analogen liegt im Zeitbegriff und im Algorithmus (also im Operativen): "Zwischen 0 und 1 *gibt* es keine Zeit. Deswegen gibt es die Welt des Symbolischen. Es ist der Entzug des Realen, durch den es das Symbolische gibt."<sup>39</sup> Tatsächlich? Auch der symbolische Code ist auf materielle Einschreibeflächen verwiesen, irreduzibel. Für das Signal, technisch, ist klar: der festgelegte zeitliche Verlauf einer Spannung mit einer gegebenen Dauer. Digital = Manipulation des Zeichens statt des Trägers. Analogsysteme operieren synchron, d. h. ohne (Rechen)Zeitdifferenz in "Echtzeit" (etwa ein Plattenspieler; braucht allerdings auch minimale Zeit zur physikalischen Umsetzung der Abtastung: also keine "Nullzeit", die erst durch digitale Rechnung - als *re-entry* analoger Synchronzeit - hergestellt werden muß, etwa in SuperCollider); insofern unterscheidet sich das analog übertragene Fernsehbild ("live") noch vom digital übertragenen (zeiterzogen, dilativ).

- Bildtelegraphie als -übertragung seit ihren Ursprüngen eine zeitkritische Frage der Synchronisation von Sender und Empfänger, um Verzerrungen zu minimieren. Eine Lösung war die digitale Kodierung der analogen Übertragungsprozesse: "Auf die Frage nach der Zeit im Bild folgt die Frage nach dem Digitalen und zwar als Auseinandersetzung mit der Störung."<sup>40</sup> Ein Vorzug der Digitalisierung liegt in der Option von Datenkompression und Fehlerkorrektur, die beide für den Transport von Information durch einen kostspieligen und störanfälligen Kanal von größter Bedeutung sind" - zur Korrektur von Telefonknacken, Radioknistern oder Fernsehschnee" <???, 24ff>.

- Das Digitale *zeitkritisch* denken; Oppositen analog/digital wird unterlaufen, sobald digitale Rechnungen die analogen Schwingungen

<sup>39</sup> Bernhard Siegert, *Passage des Digitalen. Zeichenpraktiken der neuzeitlichen Wissenschaften 1500-1900*, Berlin (Brinkmann & Bose) 2003, 9

<sup>40</sup> Christian Kassung / Albert Kümmel, *Synchronisationsprobleme*, in: Albert Kümmel / Erhard Schüttpelz (Hg.), *Signale der Störung*, München (Fink) 2003, 143-165 (164)

selbst zu rechnen vermögen (Nyquist-Theorem der doppelten Frequenzhöhe). "Ein Signal wird digitalisiert, indem man es an verschiedenen Punkten abtastet. Wenn diese Abtastpunkte dicht genug nebeneinanderliegen, läßt sich daraus eine scheinbar perfekte Kopie erstellen. Für eine Audio-CD beispielsweise tastet man die Klänge eines Musikstücks 44100 mal pro Sekunde ab und zeichnet dessen Audiowellenform <...> als Kette einzelner Zahlen auf (die ihrerseits in Bits umgewandelt werden). Wenn man diese Bit-Ketten nun 44100mal pro Sekunde abspielt, erhält man eine ununterbrochene Wiedergabe der Originalmusik. Die aufeinanderfolgenden einzelnen Meßpunkte liegen zeitlich so dicht nebeneinander, daß unser Ohr sie nicht mehr als eine Aneinanderreihung getrennter Klänge, sondern als durchgehenden Ton wahrnimmt"<sup>41</sup> - vergleichbar dem Unterlaufen der menschlichen Wahrnehmungsschwelle als Bewegung durch 24 Bilder/Sek. im Film (und Grauwerte in s/w-Bildern zwischen 0 für schwarz und 255 für weiß). Doch nimmt das Unterbewußte diese Diskretheit dennoch wahr und erzeugt damit eine kognitive Dissonanz: Kognition *versus* "pétits perceptions"?

- "Das Entstehen eines kontinuierlichen Ganzen aus einzelne Bildpunkten verhält sich analog zu einem Phänomen, das wir in einem viel feineren Maßstab aus der wohlbekannten Welt der Materie kennen. Materie besteht aus Atomen. <...> Aber die Welt, wie wir sie kennen, ist ein sehr analoger Ort. Aus unserem makroskopischen Blickwinkel betrachtet, entwickelt sich nichts digital, sondern alles kontinuierlich" = ebd., 24; die analog/digital-Differenz macht allein aus medienanthropologischer Perspektive Sinn.

### **Re-entry des Analogen im Ästhetischen**

- Lazlo Moholy-Nagy, begeistert von den Möglichkeiten des Phonographen, hat davon geträumt, neue Klänge in die Rillen einer riesigen Schallplatte zu modellieren.<sup>42</sup> Eigengeräusche der klassischen Vinylscheibe werden in den neunziger Jahren digital gesampelt und in speziellen Plug-ins archiviert. Für Ralf Großmann ist die Ästhetisierung analoger Sounds in Minimal Electronica charakteristisch für den Übergang zur digitalen Technologie. Sie folge einem Muster, das Marshall McLuhan als Gesetz der Mediengeschichte definiert hat: Die Botschaft einer medialen Epoche ist die jeweils vorhergehende. Sinnlich erfahrbar wird die technische Qualität eines Mediums in dem medienarchäologischen Moment, wo es noch nicht oder nicht mehr in seiner Funktion aufgeht, Inhalte zu transportieren: also zu Beginn und am Ende ihrer Laufbahn. So hat auch die Malerei über ihre Struktur und Materialität genau in dem Moment forciert reflektiert, also ihre abbildenden Funktionen von der emergierenden Photographie überboten und abgelöst wurden. Ebenso werden aktuell als Reaktion auf die digitale Technik die akustischen Besonderheiten analoger Medien thematisiert. "Dabei verklärt man das alte Klangbild, in dem die kratzende Nadel für Treue und Wärme der musikalischen Wiedergabe zu garantieren schien."<sup>43</sup>

---

<sup>41</sup> Nicholas Negroponte, Total digital. Die Welt zwischen 0 und 1 oder Die Zukunft der Kommunikation, München (C. Bertelsmann) 1995, 23

<sup>42</sup> Dazu der Aufsatz von Norbert Schläbitz, in: Kleinert / xxx (Hg.), Soundcultures, xxx

<sup>43</sup> Ueli Bernays, Rezension von Kleinert (Hg.), Soundcultures, in: NZZ xxx

## Anästhetik des Digitalen

- was sich der Wahrnehmbarkeit entzieht: "Information ist <...> genau wie *das Digital* eine abstrahierende Beschreibung für ein Medium, als dessen *Form* Klänge erscheinen können. Deshalb existiert keine *digitale Musik*, kein *digitaler Klang* an sich. Was wir nach der Digital-Analog-Wandlung wahrnehmen, sind Klänge, die digital vorliegend Daten *darstellen*."<sup>44</sup> Erst in ästhetischer Form, also phänomenologisch wird die Operation des Computers für menschliche Sinne faßbar - das sich uns damit als Einsicht (*theoría*) des Mediums immer schon entzieht.

- wird das Digitale die Spur der Verhaftetsein in der Welt nicht los, denn wie auch immer, immer muß es *embedded* gedacht werden. Es ist nicht weniger rein und abstrakt als der Gedanke (wie Derrida an Husserl krisitiert). Um die digitale Abstraktion zu erreichen, ist immer schon ein erheblicher negentropischer Aufwand nötig. Auch wenn dieser energetische Abfall buchstäblich *nicht zählt*, bleibt er - quantenmechanisch betrachtet - am Werk. Exemplarisch dafür steht die Elektronenröhre, eine Zeitlang das zentrale Schaltelement der frühen Computer. Wie es auch für ein Neuron im Nervensystem gilt, muß hier die elektronische Erregung einen Schwellenwert überschreiten, damit es zu einem Impuls kommt. Mit diesem Schwellenwert tritt die Spannung aus dem Reich des physikalisch Analogen ins ideelle Reich des Digitalen ein. Sein Verzug heißt Hysterese, das Nachwirken nach Aufhören der einwirkenden Kraft. Informatik nutzt die Hysterese, um Entscheidungen auf der Basis skalarer Eingangsgrößen im Grenzbereich mehr Stabilität zu verleihen.<sup>45</sup>

- Information ungleich Materie ungleich Energie (Norber Wiener)? "Das besondere Kennzeichen aller Kanäle ist, daß sie durchwegs in das Gebiet der Physik fallen."<sup>46</sup> Alle Information ist damit den Materialitäten verschrieben, in denen Codes übermittelt (oder verrauscht) werden. Dagegen setzt Anton Zeilinger seinen quantenphysikalischen Ansatz, der von der Verschränkung zweier entfernter Teilchen und damit der Überflüssigkeit einer Medientheorie des Kanals ausgeht. Und wo nicht mehr nur ein vordefinierter Zustand herrscht, sondern die Überlagerung mehrerer Zustände gleichzeitig, wird Binarität durch Beobachtung als Differenz erst hergestellt - die Heisenbergsche Unschärfe.

"Die systemtheoretische Konzeption (Bateson/Wilden/Luhmann) geht von einer kontext- bzw. beobachterabhängigen Anwendung der analog/digital-*Differenz* aus, bei der die Referenz nicht auf Maschinen geht, welche die Epochenschnitte 1900/2000 substantialisieren würde, sondern auf Codes, bzw. Formen der Codierung: analog-kontinuierlich-synchron oder digital-diskret-sequentiell, wobei "rein" analoge oder diskrete/digitale Verhältnisse selten vorkommen werden" =Exposé Schneider / Böhnke

<sup>44</sup> Michael Harenberg, *Virtuelle Instrumente zwischen Simulation und (De)Konstruktion*, in: *Soundcultures. Über elektronische und digitale Musik*, hg. v. Marcus S. Kleiner / Achim Szepanski, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2003, 69-93 (78)

<sup>45</sup> Dazu <http://www.gedanken-macher.de/html/commentarioli/janeinhysterese.php4>

<sup>46</sup> Hans Titze, *Ist Information ein Prinzip?*, Meisenheim/Glan (Hain) 1971, 104

- platonische Körper: Annahme einer der Mathematik korrespondierenden, die Erfahrungswirklichkeit transzendierende "reine" Gegenstandswelt, die ihrerseits wieder nur mathematisch zu verstehen ist. Platon erklärt im *Timaios* geometrische Formen zu letzten Weltelelementen; Begriff des Pythagoras, Welt aus Zahlen; Frege: formale Logik das Urbild aller mathematischen Kalküle, metahistorisch. Dagegen David Hilbert: Kalküle sind mit nichts weiter zu rechtfertigen als Widerspruchsfreiheit und Abgeschlossenheit. Intuitionismus: L. E. J. Brouwer: mathematisch existent ist nur, was auch wirklich konstruktiv gefunden wird<sup>47</sup>

- fundamentale Trennung, die seit Kant eine philosophische Ästhetik der Sprachauslegung einer physikalischen Ästhetik der Messung entgegenstellt; analoge Messung zwar näher an der Physik, aber ungenauer

- Goodman (*Sprachen der Kunst*) denkt das Digitale von der philosophischen mathematischen Logik her. Damit aber ist nicht die Arbeit der Maschine beschrieben. Damit kann kein Computer die Welt rechnen.

- analoge Signalquelle wird digital analysiert (in Sampling-Raten), und in seine Frequenzanteile aufgespalten

- Leibniz, Kalkulierbarkeit der Welt / *Apokatastasis-Fragment* > "Sowenig es eine adäquate Zerlegung von Wirklichkeit in digitalisierbare Elemente gibt, sowenig gibt es auch eine adäquate Zerlegung von Problemen in entscheidbare Strukturbäume. Ebenso wie eine angemessene Codierung der Welt scheitert, scheitert auch ihre effektive Programmierung."<sup>48</sup>

- Am Beispiel des Computerspiels *Blade Runner* (Westwood Studio, 1998), basiert auf dem gleichnamigen Film Ridley Scotts von 1982, erörtert Patrick Crogan den Widerstreit "between its interactive and narrative elements"<sup>49</sup> - zwei sich ausschließende semiotische Regime

- Spiele, die es nur für Computer gibt; Einleitungsvortrag David Friedrich: "*Ludus Computatorius - Das Spiel im Schatten der Maschine* unternimmt einen ersten Versuch, das Spiel in seiner reinen Substanz aus dem Schatten der elektrifizierten Rechenmaschine, des Computers, zu heben, um im nächsten Schritt das eigentliche Computerspiel zu beschreiben: zum einen die des Computer-Spiels, dem die Maschine als Verlängerung des Körpers dient, ähnlich einem Tennis- oder Golfschläger, und zum anderen die des Computerspiels, eines Spieles, das ohne Maschine nicht

<sup>47</sup> Dietmar Dath, Zuflucht des Göttlichen. Komplexe Zahlen: Robert B. Brandoms Kritik an Frege, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 111 v. 14. Mai 2003, N3

<sup>48</sup> Dieter Mersch, Digitalität und Nicht-Diskursives Denken, in: ders. / J. C. Nyíri (Hg.), Computer, Kultur, Geschichte: Beiträge zur Philosophie des Informationszeitalters, Wien (Passagen) 1991, 109-xxx (111)

<sup>49</sup> Patrick Crogan, *Blade Runners: Speculations on Narrative and Interactivity*, in: South Atlantic Quarterly 101, Heft 3/2002, 657 (640)

spielbar wäre" = Signallabor HU Berlin (Medienwissenschaft), 18. Teil der GAME-CIRCUITS-Reihe, 12. Mai 2017

- Arnold Gehlen diagnostiziert 1961b, "daß die Ideengeschichte abgeschlossen ist, und daß wir im Posthistorie angekommen sind" <323>. Diese Posthistoire trägt einen medienarchäologisch faßbaren Index, auf den das von Gehlen zitierte Wort Gottfried Benns verweist: "Rechne mit deinen Beständen." Nun wird das *Rechnen*, der *rechnende Raum* (Konrad Zuse) buchstäblich und mechanisch im Computer: ein Zustand, "wo das Erzählen wieder ins Aufzählen übergeht, *story* zu *storage* wird."<sup>50</sup>

- Nicht fragen: Was *ist* das Digitale im Unterschied zum Analogen; schon diese Frage-Stellung (im Sinne Heideggers: *Was ist das, die Philosophie*) ist selbst digital, diskret, auf Unterschied setzend. Alternativ ließe sich *per analogiam* fragen. Die Frage ist vielmehr: seitwann ist emphatisch vom Digitalen die Rede. Und das ist seit Zeiten des Computers, indem er auf der Booleschen Logik basiert. Für die Fragestellung ist also der Computer selbst modellbildend.

- Eingangszitat Karsakov 1832, Satz eins: Mensch kalkuliert

- Begriff des "Digitalisats" (etwa handschriften aus Staatsbibliothek Berlin, Chef Eef Overgaaw). Kunsthistoriker und Archäologen kommen mit Digitalisaten nur bis zur ikonologischen Ebene; nicht aber zur materiellen Information, zur Information, die in der Physik des Materials liegt.

- Bücher als Hardware kultureller Tradition "need to be preserved in their original form. Hence microcopying, particularly of newspapers, cannot be regarded as a justification for the destruction of the originals."<sup>51</sup> Bücher gehen nicht in der Information auf, die sie vermitteln, sondern in ihrer originalen Konfiguration aus Papier, Druck und Band haben sie *einen intrinsischen Wert*. Selbst Exemplare desselben Buches (und die DB speichert Duplikate) "hat eine andere äußere Form und vor allem: eine eigene Geschichte" <Knoche, ebd.> Hier sprechen die Gebrauchsspuren in ihrer schieren Physik: weltanaloge Spuren des Realen, allen symbolisch reproduzierbaren Lettern vorgängig. So geht im digitalen Raum genau das verloren, was Knoche mit seinem Begriff der "digitalen *Bibliothek*" unwillkürlich schreibt: die Musealität und das Archivische, sprich: das Materiale und das Vorenthaltene.

- Projekt MPI / xxx, Cuneiform digital library Project: Auf WWW-Ebene zusammenfügen, was weltweit an Keilschriftfragmenten in Bibliotheken / Museen verteilt ist. Unter den Tisch fällt die klassische inhaltliche Erschließung von Daten im digitalen Raum oft; aber Erschließung geschieht eben nicht nur durch den Menschen: im digitalen Raum auch von der Maschine. Etwa bildstatistische Zusammenfügung von Fragmenten durch

---

<sup>50</sup> Hartmut Böhme / Peter Matussek / Lothar Müller, *Orientierung Kulturwissenschaft*, Reinbek (rororo) 2000, 148

<sup>51</sup> *National Libraries: Their problems and prospects*, Paris 1960 (UNESCO Manuals for Libraries 11), 36, zitiert nach: Röttsch 1962: 3

Kantenerkennung, geschidhet im Blick des Rechners; andere Halbwertzeit der Information. Das Analoge: die Welt des Historischen  
das Digitale: der Versuch, Welt zu kalkulieren = Leibniz, Apokatastasis  
panton, scheitert

## Archive

- "... so würde von der Natur bis hin zur Gesellschaft eine umfassende  
`digitale´ und nicht mehr `analogische´ Übersetzung der Welt platz  
greifen", schreibt Roland Barthes: "Der Binarismus <ist> die große  
Unbekannte der Semiologie"<sup>52</sup>; das Archiv ein Umwandler von  
kontinuierlichen, analogen Prozessen (Gegenwart, in seiner Metaphorik als  
"Leben") in diskrete Signale respektive Zeichenmengen, die damit der  
Rekombinierbarkeit harren

- systematische Klassifikation der Nachrichten in diskrete, kontinuierliche  
und gemischte Systeme. "Sowohl ihre Nachrichten als auch Signale, die im  
Transmittorprozeß festgelegt werden, bestehen aus einer Abfolge diskreter  
Symbole" = Erich Pietsch, Dokumentation und mechanisches Gedächtnis. Zur Frage der  
Ökonomie der geistigen Arbeit, in: Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes  
Nordrhein-Westfalen, Heft 38, Köln / Opladen (Westdt. Verl.) 1954, 48 - Buchstaben  
nämlich. Als kodiertes Signal ist jede Nachricht bereits Teil des synchronen  
Archivs der Gegenwart. Information entsteht an Orten, wo sich die  
Materialität der Dinge ihrer kulturellen, also hermeneutischen Zirkularität  
zwischenarchivisch entzieht. Die älteste Darstellung eines Buchladens von  
1499 zeigt einen Totentanz mit Setzer, Drucker und Buchhändler<sup>53</sup>;  
typographische Diskretisierung korrespondiert hier mit der Modularität von  
Gerippen, der diskontinuierlichen Ästhetik des Archivs im Unterschied zur  
Unkalkulierbarkeit des Kontinuierlichen namens Leben. Ans Archiv  
gekoppelt, ist die - endliche - Menge unserer Informationen über  
Vergangenheit diskret gespeichert, im Unterschied zur kontinuierlichen  
Realität von Gegenwart (falls nicht ihrerseits in Nachrichtenform, also  
erneut diskret vermittelt)

- zwischen analog und digital: *Hysterese*; Einsatz analoger Röhren als  
digitaler Schaltelemente in frühen Computern. Informatik nutzt Hysterese,  
um Entscheidungen auf der Basis skalarer Eingangsgrößen im  
Grenzbereich mehr Stabilität zu verleihen. Etwa eine Automatik am  
Fahrzeug, die das Licht abhängig von der Helligkeit der Umgebung ohne  
Zutun des Fahrzeugführers ein- oder ausschaltet. Ohne eine Hysterese  
hätte man im Zwielflicht, abhängig vom Wurf von Schatten,  
Helligkeitsschwankungen der unmittelbaren Umgebung, Schatten durch  
Bewölkung etc. mehr ein Blinklicht als eine vernünftige Beleuchtung.  
Ständiges Steigen über und Fallen unter den einen einzigen Schwellwert  
hätte das stete Ein- und Ausschalten des Lichts zur Folge. Eine einfache,  
kleine Modifikation des Entscheidungsmodells: zum einen Schwellwert tritt  
noch ein zweiter hinzu. Ist die Helligkeit der Umgebung erst einmal unter

<sup>52</sup> Roland Barthes, Elemente der Semiologie, Frankfurt/M. 1983, 68f

<sup>53</sup> Abdruck in: Reinhard Wittmann, Geschichte des deutschen Buchhandels, München  
(Beck) 1991, 33

die Einschalt-Schwelle gesunken (engl. "low water mark") und die Beleuchtung aktiviert, so wird diese erst wieder deaktiviert, sobald die Umgebungshelligkeit über eine andere, deutlich höher liegende Schwelle (engl. "high water mark") gestiegen ist.

- Umberto Eco, *Offenes Kunstwerk*, Beispiel für Nachrichtentheorie Shannons: Wasserpegel

Somit hat man einen Grenzbereich gebildet, innerhalb dessen die vorher getroffene Entscheidung, unabhängig von den aktuellen Umweltbedingungen, stabil bleibt; man hat *eine künstliche Hysterese in das System eingeführt*.

- Analoge Photographie operiert auch technisch-physikalisch immer noch referentiell. Demgegenüber bringt Malevich mit seiner gegenstandslosen Malerei (dem *Schwarzen Quadrat*) die Referentialität auf den Nullpunkt. Damit wird der Weg frei für bildgebende Verfahren: die aber nur als Errechnung möglich sind, mathematisch also (von daher Pavel Florenskij, über Ikonen). Sind Bilder aus Daten überhaupt noch Bilder? "Digitale Bilder sind keine `Bilder´ im Sinne des Tafelbildes, sondern Modell von Rechnerprogrammen. Eine dringend erforderliche Theoriebildung des digitalen Bildes muß notwendigerweise auf diesen Umstand aufbauen."<sup>54</sup>

- Etymologie der *zeit* im Altindischen (da-ti), im Nordischen (tina) ... meint: "in etwas gesplittert, gespalten"

- Aufsatz Walter Seitter in Katalog *Painting Pictures*, Kunstmuseum Wolfsburg, 2003: Bilder war immer schon digital; Mosaik; Pinselstriche, Konvergiert hier das, was bildtechnisch auseinanderfällt? denn sie operiert diskret, "Strich für Strich", mit dem Pinsel<sup>55</sup>; das Digitale verleitet dazu, digitale Formen kulturell zurückzuerinnern; Risiko, in dieser kulturgeschichtlich versöhnlichen Geste die Differenzen zu verwischen; eskaliert die Digitalität, die das Mathematische meint und in Text-Bild-Differenzen allein nicht mehr faßbar ist. Daher der Begriff "Medienarchäologie": der ständig die Erinnerung an Diskontinuitäten wachhält. Linienzeichnende / vektorgraphische Maschinen mit horizontal wie vertikal abgelenkten Elektronenstrahlen einer Kathodenstrahlröhre wie Sketchpad (Ivan Sutherland, MIT, 1963) vs. fernsehähnliche Rasterpunktsysteme: Bildpunkte / Pixel, die in der Lage sind, im Computer gespeicherte Bilder auf einer Anzeigeeinheit abzubilden = ebd., 130; digitale Zeichnung ist "wissend", i. U. zum analogen Graphen, der trivial nur umsetzt, was Physik und Mechanik ihr gebieten (Caspar Borkowsky)

- Differenz digitaler "Raum" / Physik; ist die digitale Maschine mit der analogen Welt (der Physik also, eher als der Mathematik) durch den Strom / die Energie verbunden, als unvordenkliche Spur? Argument

<sup>54</sup> Gerhard Glüher, Von der Theorie der Fotografie zur Theorie des digitalen Bildes, in: kritische berichte 2/98, 23-31 (25)

<sup>55</sup> In: *Painting Pictures*. Malerei und Medien im digitalen Zeitalter, Ausstellungskatalog Kunstmuseum Wolfsburg, Kerber Verlag 2002, 30-34 (31)

Editorial *Arifmometr*: Asymmetrie / Widerstreit zwischen Mathematikern und Ingenieuren. Hier liegt die Begründung des Maschinischen im Mechanischen (gegen Szilard, der der Entropie im Mechanischen für vernachlässigenswert hält?); Turing 1936: als Turing-Maschine abstrakt und zeitunkritisch; im Moment der Implementierung aber kommen Signale (Meßwerte) ins Spiel, die in Zahlen übertragen werden müssen, um digital rechenbar zu sein.

- jenseits von McLuhans Extension-Theorem: aktueller Kipppunkt analog/digital: Medien werden von Welt-Repräsentations- zu Welterzeugungsorganen; Galileis Teleskop; Begriff der bildgebenden Verfahren (*imaging*)

- nicht schlicht das Digitale gemeint: mit Fingern gerechnet haben schon die Römer; das 19. Jahrhundert hat mit diskreten Meßgeräten nicht mehr nur Realität medial repräsentiert, sondern analysiert. Dazwischen: die Sonnenuhr, die analog mit Schatten voranschreitet, aber dann per analog/digital-Umwandlung diskret gezählt wird. Mit der Zählung geht Diskretisierung einher, im Unterschied zum Infinitesimalen (Leibniz) auf der Spur des Analogen? Gemeint ist mit diesem Unterschied vielmehr das Digital-Binäre: der Computer als modellbildend (medienarchäologisch) für das spezifisch Digitale, damit nicht mehr er-, sondern zählbare.

- wird die analog/digital-Differenz als wesentlich (oder gar Wesensfrage) behandelt, als epistemologische Ruptur, oder der Schwellenwert betont? Differenz zwischen medienarchäologischem und mediengeschichtlichem Blick auf den "Umbruch"

- Virilio, daß die Elektronik die Aufhebung der Abschottung der Sinne untereinander heraufführt - und meint wohl das Digitale <dazu Barck et al. (Hg.) 1990: 453>. Der Computer verrechnet die Sinne nicht mehr als getrennte Kanäle, sondern genuin multimedial: "Es gibt keine einzelnen Medien, sondern die Medien sind in Verbundsystemen geschaltet. <...> Rauschen oder Zufälligkeit entsteht nach Shannon immer dort, wo Kanäle die Teilsysteme eines Medienverbunds aneinanderkoppeln."<sup>56</sup>

- Konrad Zuse, *Der rechnende Raum*, 1969: digitaler Raum = rechnender Raum, "der den gesamten physikalischen Raum zu einem kybernetischen diskreten bzw. digitalen Universum macht"<sup>57</sup> - d. h. *filtert* und zur physikalischen Realität damit in etwa in einem Verhältnis steht wie das digitale "Bild" zum klassischen Bild. Wenn aber Begriffe der mathematischen Informationstheorie an die Stelle der Thermodynamik oder Quantenmechanik treten, gibt es einen Kurzschluß zur Philosophie des Pythagoras, demnach alle Welt Zahl ist

---

<sup>56</sup> Friedrich Kittler, Fiktion und Simulation, in: *Ars Electronica* (Hg.), Philosophien der neuen Technologie, Berlin 1989, 57-80

<sup>57</sup> F. E. Rakuschan, Junktim. Von der elektronischen Ursuppe zum Gehirnwassersziliumwelt-Mix, in: *Nybble-Engine*, hg. v. CLIMAX (Jahrmann / Moswitzer / Rakuschan), Wien (Climax) 2003, 28-35 (35)

- digital meint recht eigentlich sowohl mechanisiert als auch mathematisiert

## **Digital versus narrativ? Analoges Erzählen, digitales Zählen**

- auf dem Weg zu einer anderen Zeitkultur: von Paul Ricoeur, *Temps et Récit* zur diskreten Zeit; *epistemé* des Digitalen löst den phatischen Referenten Zeit in ein Begriffs-Custer aus Schwingungen, Frequenzen und Oszillatoren auf. Damit zersplittert die referentielle Illusion der Historie selbst zu Rauschen

- das Digitale eine Herausforderung an die uralte Kulturtechnik des Erzählens dar, weil es schlicht zählt. Der Witz ist nun, daß Heinz von Foerster gerade das Zustandekommen seiner *quantenmechanischen* Gedächtnistheorie "von Anfang an" *erzählt*. Die Beobachterdifferenz zum Objekt geht also selbst mit einem epistemologischen Wechsel, einem Genre-Wechsel als Transportmedium menschlicher Information zeitbasierter Prozesse ("Geschichte") einher.

- erinnert das Anlegen numerischer Tabellen zur Memorierung von Geschichts-Daten (Jahreszahlen) an die Tradition der Annalistik. Es gab einmal eine Epoche in der abendländischen Vergangenheit, in der offenbar Zeitprozesse computiert wurden, diskret. Erst später hat sich ein narratives, lineares Geschichtsmodell eingeschoben.

- von Foerster unterscheidet Wissenschaft (*science*) von Systemischem Denken (*systemics*), um sie komplementär zu denken - ein Wortspiel, das nur im Englischen funktioniert: "Das Wort science kommt vom "schi", ist die indoeuropäische Wurzel und die heißt trennen <...>, und alle diese Schis sind alle Trennungssachen - das Großartige der Wissenschaft ist, es wird eben separiert. Taxonomie, einzelnes Dings, zu betrachten, was ist dieses Teilchen und jenes Teilchen."<sup>58</sup> Effekt des griechischen Vokalalphabets / Elementum, *stoicheia*. "Aber dann könnte man ja auch im Zusammenfunktionieren denken, und zusammen ist natürlich im griechischen "syn", zusammen und Zusammenstellen synhistemai, - und daraus kommt dann System" = ebd.

## **Den A/D-Umbruch aktiv denken**

- "computer and networks; algorithms, codes, the digital <...>. We call it the machinic" = Giaco Schiesser (Hochschule für Gestaltung, Zürich), *The wilful obstinacy of man - the wilful obstinacy of machines*, in: Nybble-Engine; Broschüre zur gleichnamigen DVD <2003?>

- analoge Systeme durch das Fehlen von Differenziertheit charakterisiert; "ein digitales Schema dagegen ist durchgängig diskontinuierlich; und in einem digitalen System stehen die Charaktere eines sol/chen Schemas in

---

<sup>58</sup> I would call it Cybernetics. Heinz von Foerster im Gspräch mit Gerhard Grössing, in: *Nybble-Engine*, hg. v. CLIMAX (Jahrmann / Moswitzer / Rakuschan), Wien (Climax) 2003, 19-21 (20)

einer Eins-zu-eins-Korrelation mit den Erfüllungsklassen einer ähnlich diskontinuierlichen Menge"<sup>59</sup> - insofern ein Notationssystem (disjunkt). Aufgabe des Analogcomputer ist es, "eine absolute Position in einem Kontinuum zu registrieren" <ebd., 155> - worauf Leibniz' Differentialrechnung zielte (oder hinterherläuft). Aufgabe des Digitalcomputers ist hingegen das "zählen" <ebd.> - *computer* im mathematischen Maschinensinn, Maschinen mit *mathesis*. Goodman illustriert die Differenz am Beispiel der "Zeit- und Zählapparate" <151ff>. Die Fehleranfälligkeit (Ungenauigkeit) des analogen Messens ist ein Defizit erst im funktionalen Kontext: digitaler Computer etwa war eine hochgezüchtete Zählmaschine, für Rechenaufgaben: H-Bombe (von-Neumann-Architektur), Los Alamos.

## SAMPLING

### **Äquidistante, zeitdiskrete Abtastung als solche**

... ist zunächst, als denkbare Zeitfigur, eine Funktion der getakteten Räderuhr. Nächste Stufe: die "Zeytung", also Avisen / Nachrichten im wöchentlichen Rhythmus (Leipzig). Berichterstattungs- und Nachrichtenwesen bedarf der Zwischenspeicherung von kontinuierlich eintreffenden Daten, gleich dem Prinzip elektrischer Kondensatoren: Ansammlung von Energie, dann zu einem bestimmten Zeitpunkt die Entladung, also Integrieren über die Zeit. In den Wirtschaftsnachrichten bzw. auf den Börsenparketten sind es Intervalle: Quartalsdaten von Firmen etwa, die jeweils die Börsenindices bestimmten und Nachrichtenwert haben. Die Alternative wäre eine (nahezu) unverzügliche Verrechnung einströmender Daten, eine Börse im Fließgleichgewicht mit der Wirtschaft selbst statt das Prinzip diskreter Schnitte: zeitdiskreter Input von Werten, auf die dann reagiert wird, so daß die Reaktion als Feedback wiederum die Datenquelle mitbestimmt.

- diskretisierende Vorgänge der Analog-Digital-Umsetzung schon vom mechanisierten Buchdruck gegenüber der Handschrift vertraut; im elektronischen Raum eskaliert dies erstaunlicherweise *nicht* um den Preis von Verlust an Welthaftigkeit, sprich: Signaltreue. Der technischen Umsetzung des Informationsparameters Signalamplitude in einen Digitalwert geht zunächst eine *zeitliche* Diskretisierung voraus. Enthält eine Zeitfunktion  $x(t)$  keine höheren Frequenzen als  $f_0$ , so läßt sich der Originalverlauf aus Abtastwerten wiedergewinnen, die in Zeitabständen kleiner als die halbe Periode  $T_0 = 1/f_0$  sind; anders verhält es sich mit der Diskretisierung der Amplitude: Hier tritt ein *prinzipbedingter Informationsverlust* auf.<sup>60</sup>

- *Abtastung* in der Signalverarbeitung [nach Wikipedia; Abruf Anfang Februar 2013] bedeutet zunächst die (zumeist) äquidistante Abtastung

<sup>59</sup> Nelson Goodman, *Sprachen der Kunst*, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1998, 154f

<sup>60</sup> Richter 1988: 39f

eines zeitkontinuierlichen Signals in ein zeitdiskretes Signal, d. h. eine Folge reeller Zahlen. Nichtperiodische *Zeitintervalle* zwischen den Abtastwerten stellen vielmehr eine Zeitmodulation dar, näher am Rhythmus denn am Takt (etwa die Send-on-Delta-Abtastung); Unterscheidung zwischen idealer und *realer* Abtastung.

Aus einem zeitkontinuierlichen wird durch Sampling ein zeitdiskretes Signal gewonnen - was zunächst noch keine Information darstellt. Mehrere Abtastwerte ergeben ein "Sample". Die mathematisch ideale Abtastung geschieht durch Überlagerung des Signals mit einem Kamm aus Dirac-Impulsen. Diesen idealen Abtastzeitpunkt aber gibt es *realiter* nicht. An dessen Stelle stritt eine Sample-and-Hold-Schaltung, welche den Wert eines Abtastmoments für die Länge - d. h. Delta-*t* - des Rechteckimpulses konstant hält.

[Delta-*t* = "Zeitbereich"]

- Symmetrieeigenschaften der Fourier-Transformation erlauben Abtastung im Spektralbereich; hier gilt das Abtasttheorem invers. "Die Aufgabe des Rekonstruktionsfilters im Zeitbereich übernimmt [...] im einfachsten Fall ein Schalter, welcher für die Zeitdauer  $1/F$  durchschaltet und die restliche Zeit sperrt" - ein Zeitdigital.

- Begriff der Frequenz hier zeit- oder flächenbezogen? Ein Abtast-Moiré-Effekt ist entweder optischer natur oder akustisch (Schwebung); zeitliche vs. örtliche Diskretheit; Horst Hirscher, Abtast-Moiré-Phänomene als Aliasing, Preprint No. 111 (September 2004), hg. v. d. Fachrichtung Mathematik der Universität des Saarlandes, Saarbrücken 2004

- Abb.: Digitalisierung eines analogen Signals am Beispiel von 16 Stufen, aus: Leue 1988: 171, Bild 15.6

- "Sampling": Mehrfachsampling, Morphing: Überblendung; Effekt des kontinuierlichen Übergangs (analog) als Funktion des Digitalen. Sampling / zeitdiskrete Moment. Sampling-Theorem: doppelte Abtastrate, in Hinblick auf die höchste im Ursprungssignal vorkommende Frequenz (nicht in Hinblick auf die Wahrnehmung durch menschliche Sinne)

- *DES* (Descriptive Experience Sampling): eine strukturierte Tagebuchtechnik (momentary assessment). Die Probanden tragen eine Art Uhr, die 10-mal am Tag random piept. Dann müssen die Probanden ihr Tagebuch (bzw. Ihre Fragebögen) ausfüllen, in denen dann psychologische Konstrukte so operationalisiert sind, dass man sie daraus das tägliche Leben des Individuums sampeln kann. (Hurlburt 2006). Das Leben "sampeln" - wie schon Goethes Tagebuch

- Vorwort der von Robert Steiger zusammengestellten *dokumentarische[n] Chronik* unter dem Titel *Goethes Leben von Tag zu Tag* (Zürich / München 1982) unterstreicht, daß es sich dabei „um die ursprünglichste Einheit jeglichen Erlebens und Sich-Ereignens handelt“ <5>; „aus Tag nach Tagen besteht denn doch das Leben“ <Goethe an Johann Heinrich Voß den

Jüngeren, 22. Juli 1821>. Das Leben vollzieht sich also weniger in organischen Zusammenhängen denn in diskreten Zyklen, die iterativ weitergezählt werden wie in einer programmierten Schleife. „Diese Optik der Momentaufnahmen erlaubt das Erfassen der feinsten und verborgensten Entwicklungsmomente“ <Steiger 1982: 5>. 24 Stunden pro Tag Totalaufzeichnung lassen sich im Medium Schrift noch leisten - Techniken einer Selbstaufzeichnung von Seiten Goethes, *écriture de soi* im Sinne Foucaults, und totale Observanz des Individuums von Seiten des Biographen. Erst in seine kleinsten Bewegungsheiten zerlegt wird es überhaupt zum *Individuum*. Und doch spricht sich im Begriff einer „Optik der Momentaufnahme“ bereits jenes technische Medium, das alle menschlichen (und mithin individuellen) Wahrnehmungsschwellen unterläuft: nicht mehr 24 Stunden Tagebuch, sondern 24 Bilder pro Sekunde Film.

- Sampling = zeitdiskrete Proben nehmen

### **Sampling *avant la lettre***

- Verkürzung der zunächst lang andauernden daguerreotypischen, helio- und photographischen Belichtungszeiten, also die Stauchung des zeitlichen Intervalls respektive Gegenwartsfensters (*Delta-t*), führt sukzessiv und eher unter der Hand denn bewußt reflektiert zu einem neuen Modus im Begriff von Gegenwart selbst. Denn damit erfolgt eine zeitpunktweise Abtastung, gerdezu ein Sampling der Gegenwart, also eine Diskretisierung (und damit Speicher- und Berechenbarkeit) ihres vormals flüchtigen, stetig fortfliehenden Charakters - im Unterschied zum frühen elektromechanischen und dann elektronischen Fernsehen, wo ein gegenwärtiges Bild von einem kontinuierlichen Punkt (der dennoch nie idealiter auf einen Nullmoment, den Dirac-Impuls zu schrumpfen vermag) zunächst als Loch in einer rotierenden Scheibe (Patent Nipkow), dann als *flying spot* (Patent von Ardenne) eines Elektronenstrahls überstrichen wird.

### **Vom Sampler zum Harddiskrecorder: Medialität und Sound**

- Sampling-Phänomene lassen sich nicht auf den Datenspeicherbegriff reduzieren; steht Sampling als Kulturtechnik für die Akzentverschiebung von speichernden zu dynamischen Verfahren. Die Referenzierbarkeit von Sound, vertraut vom "Incipit" der Hornbostel-Kennzeichnung auf den Verpackungsdeckeln der musikethnographischen Wachszylinder, wird hier mikrotechnisch: Frühe Software-Sampler luden aus Gründen begrenzter Speicherkapazität nicht die vollständigen Samples in den RAM, "sondern lediglich die ersten Augenblicke" <Wikipedia: Eintrag "Sampling", Abruf 14. August 2013>, um dann zeitkritisch bei Abruf den restlichen Teil des Samples von der Festplatte nachzuladen und damit die Ladezeit selbst extrem zu minimieren.

- medienarchäologischer Rekurs (als „Systemvergleich“ alter und neuer Musikstudio-Praktiken) sucht die Frage zu klären, inwieweit die digitale

Technik analoge Traditionen (etwa die Arbeit mit dem Magnettonband) er- oder fortsetzt. Eine vorschnelle Gleichsetzung von analoger und digitaler Tontechnik wird im Vergleich von chronologischer Linearität (Tonband) und synchronem Zugriff (Festplatte) hinreichend differenziert. Dazwischen steht die Einführung des elektronischen Time-Code

- Unterscheidung zwischen Sampling als Imitation und Artikulation

- Phänomene des Sampling sind auf eine technische Funktion zurückführbar, so daß die argumentative Basis weitgehend eine technologische Engführung sein muß. Damit wird die Ästhetik der Postmoderne medienwissenschaftlich geerdet; Deleuze/Guattari über "Signifikantenströme"

### **Sampling: präzise und metaphorisch, als Technik und als Medienkunst**

- Digitalisierung eines analogen Signals am Beispiel von 16 Stufen, aus: Leue 1988: 171, Bild 15.6

- "Sampling" illustriert in seiner Begriffsverwendung idealtypisch die Differenz zwischen kulturwissenschaftlicher Diskursanalyse und Wirkungsästhetik gegenüber medienarchäologischer Analyse, und mahnt an die Notwendigkeit, von medienwissenschaftlicher Seite immerfort harte Arbeit am Begriff zu leisten. Nicht auf der kulturellen Ebene ist Sampling (als pop-musikalische Praxis) eine Provokation, denn cut-ups existierten schon für die Tonbandkunst und literarisch (John Cage, William Burroughs) - das mithin postmoderne Nehmen und Dekontextualisieren von Versatzstücken. Die epistemologische Dimension liegt vielmehr in der radikalen Mathematisierung des analogen Ereignisses (Klang etwa): einmal im Zeitbereich (chrono-mathematisch: zeitdiskrete Abtastung) und dann im Amplitudenwertbereich (Quantisierung). Ein musikalisches Versatzstück von Schallplatte ist von einem grundverschieden anderen Wesen als das gleiche Stück von Compact Disc. Sampling unterläuft auf den ersten Blick die Diskriminationsfähigkeit menschlicher Wahrnehmung, zwischen Originalklang und digitaler Kopie zu unterscheiden, weil die kleinsten Elemente hier keine erkennbaren Sounds mehr sind, sondern quasi granulare Atome (eine Revolution, wie sie seit der Diskretisierung von Sprache durch das Vokalalphabet im Abendland nicht mehr vorkam). Tatsächlich aber kommt dieses technomathematische Ding dem Wesen menschlicher Wahrnehmung näher denn je zuvor, nämlich dem neurobiologischen Akt des Musterabgleichs (Wiedererkennung von Motiven, Autokorrelation) als neuronales "Durchrechnen" (wie Heinz von Foerster es auszudrücken beliebte).

- zeitdiskrete Abtastung; zusätzlich: wertdiskret

- Dirac-Stöße keine physikalische Meßeinheit, sondern ein mathematisches Werkzeug; Faltungseigenschaften

- Sampling immer Abtastung einer Funktion (Wärme, Ton, Bild u. a.); eine Funktion  $f(x)$  abtasten; auf der Zeitachse wertdiskrete Punkte zeitdiskret abgetastet

## **Nyquist-Shannon-Abtasttheorem**

- bandbegrenztetes Signal wird demnach tatsächlich physikalisch detailgetreu reproduziert, also ein Signal von 20 kHz durch Abtastrate von 40 kHz. Umstritten bleibt die Impulshaftigkeit der Schalle, wie sie vom Ohr wahrgenommen werden: das Ohr leistet neben Frequenzanalyse auch Wahrnehmung des zeitlichen Abstands; dahingehend Gabors Argument für akustischen Zeitquanten und Wavelets

- Undersampling erzeugt Phantomfrequenz

- Diss. H. Raabe 1939; Nyquist 1928: "Certain Topics in Telgraph Transmission"; unabhängig von Shannon entwickelt durch Wladimir Alexandrowitsch Kotelnikow; Hans Dieter Lüke, Zur Entstehung des Abtasttheorems, in: ntz Bd. 31 (1978) Heft 4, 271-273

- Sampling-Theorem folgt unmittelbar aus Fourier-Analyse. Shannon-Nyquist-Theorem: Die Abtastfrequenz eines kontinuierlichen (aber quantenphysikalisch immer schon "diskret" springenden) bandbegrenzten Signals (Einschränkung!) muß mindestens doppelt so hoch sein wie die höchste Übertragungsfrequenz, um daraus ein zeitdiskretes Signal zu gewinnen, aus dem das Ursprungssignal - wenngleich nur theoretisch, medienanthropologisch also: für menschliche Sinne, daran orientiert, nicht etwa an einem korrespondierenden andern technischen Medium, das es genauer sieht - ohne Informationsverlust rekonstruiert werden kann. Beliebig genaue Approximation ist möglich - was pragmatisch (wenngleich nicht theoretisch) genügt.

- Modulation Sinussignal 3200 Hz z. B. (Installation Deutsches MuseumMünchen) per AM, FM, PAM, PCM. Zeitdehnung macht Signalform PCM besser erkennbar

- "Sampling ist im Unterschied zum Zitat, das seine Sinnumgebung transportieren soll, eine Transport- und Verarbeitungstechnik von Material. Sein methodisches Prinzip ist nichts anderes als der direkte Zugriff aufs Signal."<sup>61</sup>

Begriff des Sampling ursprünglich aus der elektronischen Musik; bezieht sich zunächst auf den Digitalisierungsvorgang, also die Wandlung von analogen in digitale Schallsignale, wobei die Amplitude des Analogsignals in festgelegten Zeitabständen mittels eines Analog-Digital-Wandlers

---

<sup>61</sup> Rolf Großmann, Xtended Sampling, in: Hans Ulrich Reck / Mathias Fuchs (Hg.), Sampling. Ein Symposium der Lehrkanzel für Kommunikationstheorie an der Hochschule für angewandte Kunst in Wien, Wien 1995, 38-43 (39)

ermittelt und gespeichert wird, so daß aus dem kontinuierlichen ein diskretes Signal entsteht. Dieser Abtastvorgang produziert Muster oder Proben (englisch "sample"). Beim Sound Sampling werden die Klänge anschließend verlustfrei kopiert und im Computer als Digitalaufnahme mit Hilfe von Filter, Mischpult weiterverarbeitet

## Sampling und Medienrecht

- "Beim Sampling werden Teile fremder Aufnahmen elektronisch kopiert (gesampelt). Diese digitale 1 zu 1-Entnahme verarbeitet der Produzent zur Erstellung eigener Musik. Dabei kann es sich um einen Sound oder nur um einen Klangfetzen handeln, manchmal werden aber auch ganze Passagen übernommen oder Takte, z. B. eine Rhythmussequenz, die in der Wiederholung damals größten Ton- und (als sogenannter Loop) dann das Gerüst des neuen Songs stellt. Das übernommene Sample wird oft noch bearbeitet oder verändert, wie durch Effekte", oder Vermischung mit anderem Klangmaterial = Dieter Nennen, Samplen oder nachmachen?, in: KW Magazin Nr. 84 (November 2013), ([www.Kulturmanagement.net](http://www.Kulturmanagement.net)) 12-15 (12); Rapper und Produzent Moses Pelham hatte einen ca. zwei Sekunden lange Rhythmuspart aus dem Kraftwerk-Song *Metall auf Metall* (1977) als Basis für seinen Sabrina-Setur-Song *Nur mir* entnommen. Rapper Bushido meinte, Passagen von durchschnittlich zehn Sekunden Länge aus Songs der französischen Gothic-Band Dark Sanctuary verwenden zu können: nicht erlaubt, so das OLG Hamburg im Oktober 2012

- kleinste Tonfetzen ("Samples") urheberrechtliche lange Zeit geschützt: <http://www.nennen.de/blog/blog/date/2013/01/21/artikel/tontraeger-sampling-was-ist-ueberhaupt-noch-erlaubt.html>

## Loops

- Tilman Baumgärtel, Schleifen. Zur Geschichte und Ästhetik des Loops, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2015

- technische Basis zunächst: *closed groove records*, wo die Plattenrinne nicht spiralförmig sich ent-wickelt, sondern ohne Motor-Fortschritt (direkt-)geschnitten ist (Motor 1: Drehung Plattenteller; Motor 2 = Tonarmfortschritt; wird von Schaeffer abgeschaltet). Schaeffer schafft damit die *Étude Pathétique* 1949. Diese Loop-Kompositionen enden später, als Schaeffer auf Tonbandschleifen wechselt. Vgl. Heribert Eimer am "Spulentisch" des WDR-Studios für elektronische Musik.

Schaeffer konstruiert das Phonogene (Paris 1951), das heute auch als elektronisches Moduls (Hardware) oder Software-Modul (MaxSP) fortexistiert.

Berlin, Kongreßhalle, 1963: Kongreß *Musik im Technischen Zeitalter*, u. a. mit Schaeffer und Pierre Henry. Filmaufnahme unter YouTube

Moderator: "Bisher war der Klang ein Gefangener der <sc. physikalischen> Zeit"; nun mit technischem Gerät. Der Ton wird der Zeit entrissen und stattdessen der Klang in den Raum geworfen. "Eine neue Macht der Manipulation der Klänge", die nicht mehr "Musik" heißt.

- Pierre Schaeffer, In Search of Concrete Music

## DIGITALISIEREN

### **[Textmaterial]**

- ontologische Frage "was ist" scheint für die Definition des Digitalen unangemessen. Die Frage ist vielmehr: *was tut* das Digitale. Ohne seine vollziehende Technik ist der Begriff nicht denkbar; von daher setzt der Wissenschaftshistoriker Michel Serres auf einen prozessualen Begriff der Digitalisierung <Serres 2001: 178 f.; Hinweis: Robert Dennhardt>.

- wert- und zeitdiskrete Abstraktion (Fingerabzählen bis logische Information im Computer als bits)

Kulturtechnik; wenn aber schon Ackerbau eine Kulturtechnik ist, ist es auch das Sampling-Theorem?

- bezieht sich nicht auf das Technisch-Apparative, sondern auf das Informatische

- "Digital" macht nur Sinn als Adjektiv; diskrete Ökonomie der Abstraktion

- Binärspeicher (Flipflop); elektronisches Zählen von binären Daten, um sie für den Computer prozessierbar zu machen

- eindeutige Adressierbarkeit = Verfügbarkeit; tatsächlich eine zeitkritische Praxis (Miyazakis "Algorhythmik"); verlangsamt abgestastet und langsam wiedergegeben wird der Signalverlust sinnfällig, vs. Psychoakustik (MP3-Kompression)

### **[Der Kern der Digitalisierung: A/D-Wandlung (Felix Pfeifer)]**

- Begriff "digital" ging von Uhrziffern aus, LCD-Display

- statt ontologischer Fragestellung operativ differenzieren: "Digitalisieren" und "digital"; "digital" nicht notwendig binär; programmierbarer vollelektronische Computer ENIAC rechnet um 1945 mit dezimalen Werten wie fast alle mechanischen Rechenmaschinen zuvor

- Rechenleistung läßt sich entweder als Steigerung von Geschwindigkeit optimieren, oder alternativ: Field Programmable Arrays (FPA) für Parallelrechnung: gleichzeitig mehrere Bits verarbeitet. Parameter

Geschwindigkeit elektrotechnisch ausgereizt; Aufheizung und Wärmestrahlung im Gigahertz-Bereich setzen hier physikalische Grenzen

- Alternativen zur gängigen A/D-Wandlung in Sample-and-Hold-Schaltung bilden Sensoren, die nur ihren Widerstand verändern (wie etwa Selen unter Lichteinwirkung), oder der Einsatz von Kondensatoren, deren Kapazität sich analog zum physikalischen Wert ändert (etwa Annäherung menschlicher Hand an einen Schwingkreis wie beim Theremin-Musikinstrument; gemessene Zeit ist dann proportional zum Abstand der Hand) und nach Maßgabe von "high" und "low" zu einer binär-diskreten Wertausgabe führt. Dabei wird die Zeit gemessen, die beim Auf- und Entladen des Kondensators vergeht. Aufgrund des angelegten Referenztakts läßt sich entscheiden, wieviel Zeit vergeht; Prozessortakt entscheidet, wie nach einer gewissen Zeit der Sensor statt Null nun Eins mißt - "zeitkritisch" im harten Begriffssinne; was passiert, wird gemessen: Transformation des Ereignisbegriffs in aktualistische Entscheidungen

- Lecher-Kreis = kapazitive Kopplung

- Im Verfahren der A/D-Wandlung zusätzlich zum zeitdiskret gesampelten analogen Signal parallel ein periodisches Vergleichssignal angelegt; folgt ein aktueller Vergleich kleiner/größer: *sample-and-hold*; gehaltener Wert verglichen mit Referenzsignal (etwa einer Rampe / Zeitachse in Oszilloskop); *plus* Sampling-Theorem: Takt gibt die Samplingrate vor (zeitdiskret); etwa einen Sinuston von 50 Hz mit einer Abtastrate von 100 Hz abtasten, um ihn verlustfrei zu reproduzieren

- Aliasing: wird Sinuswelle aus diskreten Abtastwerten rückgebildet, kann dieser eine andere Frequenz haben als das ursprüngliche Signal; Signal daher mindestens doppelt so schnell abtasten; CDs nicht mit 40000 Hz, sondern 44000 Hz

## **Die begrenzte Reichweite einer etymologischen Ableitung des Begriffs**

- Im Kern von Begriff und medientechnischer Praxis der Digitalisierung die analog/digital-Wandlung; veritabler Akt "medialer Transkriptivität" = Jäger et al. 2008. Zwei Praktiken der Übersetzung dabei am Werk - einmal eine elektrophysikalische, sodann eine nachrichtentheoretische. Ein Sensor (also ein Meßakt) wandelt an der Schnittstelle des rechnenden Systems zur Umwelt zunächst eine eingehende physikalische Größe in eine Spannung um; dies ist die unabdingbare Voraussetzung dafür, daß dann vom elektronischen A/D-Wandler digitale Werte ausgegeben werden können: eine Arithmetisierung, durch welche Weltsignale erst rechenbar sind.

- Ästhetik des Diskreten und die epistemologische Denkbarekeit des Digitalen in Kulturtechniken des Abendlands tief verwurzelt und eng mit alphabetischen Schriften und linguistischen Begriffen verbunden. Erst in seiner hochtechnischen Eskalation wird das Digitalisieren

diskursbestimmend und wirkungsmächtig geworden. Insofern gilt es auch der Verführung einer etymologischen Bestimmung des Digitalen zu widerstehen, sobald sie den funktionalen Kontext elektronischer Rechentechnik historisch unterläuft; Dennhardt 2008

- Begriff des Digitalen etymologisch aufgeladen: "digital" im weiteren Sinne ist alles, was wie mit Fingerrechnung abzählbar ist (von daher die Ableitung von lat. *digitus*). So weit gefaßt, verunklärt der Begriff jedoch die kritische Einsicht in heutige medienkulturelle Lagen (ein ähnliches Problem liegt im Mediumbegriff selbst).

Auf den Macy-Konferenzen in New York, also im Rahmen der emergierenden Kybernetik als Wissenschaft, wird 1946 die Differenz von analog und digital ausdrücklich thematisiert; Pias (Hg.) xxx. Zu jener Zeit koexistierten Digital- und sogenannte Analogcomputer, die sich im Zeitverhalten radikal unterscheiden. Digitalcomputer processieren Signale als alphanumerisch kodierte Daten (in der von-Neumann-Architektur) strikt sequentiell ("one bit at a time"). Welthafte Signale werden in Symbole, konkret: rechenbare Zahlen übersetzt.

## **Eine Welt der Signale**

- Kybernetik nähert sich dem Signalbegriff als Information, also körperlos. Um aber stattzufinden, muß Information verkörpert sein: "Alle Signale sind Zeitfunktionen physikalischer Größen, z. B. elektrische Spannung. Die physikalische Größe wird *Signalträger* genannt. <...> Die zu übertragende Information wird einem Parameter des Signals (z. B. Amplitude des Signalträgers) aufgeprägt. Dieser Parameter des Signals wird *Informationsparameter* genannt" = Hans Fuchs / Lothar Könitzer, Digital Meßwerterfassung, 2.Aufl. Berlin (VEB Verlag Technik) 1975, 9. "Kann der Informationsparameter in den technisch bedingten Grenzen jeden beliebigen Wert annehmen, so spricht man von *analogen Signalen*" = ebd., etwa Sinusschwingung

- "Kann der Informationsparameter in diesem Bereich nur endlich viele diskrete Werte annehmen, so wird das signals als *diskretes Signal* bezeichnet. Besonders einfach erweisen sich solche diskreten Signale, bei denen der Informationsparameter nur zwei Werte annehmen kann; diese Signale werden als *binäre Signale* bezeichnet" = ebd.

- Digitale Signale bilden eine Analogie ("Entsprechung") zweiter Ordnung: "*Digitale Signale* sind solche diskreten Signale, bei denen die diskreten Werte des Informationsparameters Worten eines vereinbarten Alphabets entsprechen, d. h., daß alle kodierten Signale digitale Signale sind" = ebd.

- zeitkritische Impulse = zeitliche *Stellung*

## **Begriffsbestimmungen**

- Digitalisieren im technologischen Sinne die Hochzeit von Physik und numerischer Logik; Allianz von kontinuierlichen Größen und diskreten Werten. Implizit wird mit diesem Begriff etwas vorausgesetzt, das nicht-digitaler Natur ist: die physikalische Umwelt. "Ausführung setzt Physikalismus voraus und dieser ist im Widerspruch zum digitalen Mechanismus."<sup>62</sup>

Hinter Shannons binärem Informationsbegriff verbirgt sich die schaltalgebraische Allianz von Logik und Materie: Erst elektromagnetische Relais, dann Elektronenröhren in Flipflop-Schaltung und schließlich Transistoren privilegierten ingenieurstechnische Operationen im An/Aus-Modus. Der binäre Code als privilegierte Form des Digitalisierens resultiert aus der pragmatischen Tatsache, daß solcherart kodierte Information effektiv an elektromagnetische Relais übergeben werden; mit vollelektronischer Kippschaltung mithin in einem Zeitfenster prozessierbar, das jenseits menschlicher Kulturtechniken des Öffnens / Schließens ("Tür") liegt

- Digitalisieren eine ganz und gar technologische Praxis, beruht aber auf einer konzeptionellen Loslösung von Materie und Energie im Namen von Information <Wiener 1948/1968>. Im Kontext eines technologisch definierten Digitalen sinkt der Energieeinsatz auf eine mikro-, mithin subkritische Dimension und ist damit (anders als es in Analogmedien der Fall ist) nicht entscheidend für das Gelingen der Operation. Diese Abstraktion stellt eine medientheoretische Leistung des 20. Jahrhunderts von epistemologischer Tragweite dar.

- "Digital" eine nachrichtentheoretische Qualität; macht von daher nur als Adjektiv Sinn (Robert Dennhardt)

- Digitalisieren meint zunächst die *Prozessierung*, also einen technologischen Vollzug von Informationsverarbeitung in Form von diskreten Datensequenzen, die sich im Wesentlichen auf die Binärziffern 0/1 reduzieren lassen (binär-diskret). Daten haben in ihrer digitalen Form Zahlenwerte - mit denen u. a. Zahlen im arithmetischen Sinne, aber ebenso andere Signale kodiert sind, wie die Multimediawelt uns täglich bunt und lärmend vor Augen und in die Ohren führt. Im elektronischen Computer werden solche Daten als Impulsketten verarbeitet, deren Ziffernwert auf zwei Informationsmöglichkeiten reduziert ist, das *bit* ("binary digit"). Elektrophysikalisch repräsentiert wird es durch die Spannungspegel High und Low, interpretiert als die "0" und "1" des dualen Codes).

\_\_ Konsequenzen für den Begriff der Kommunikation: Unterhalten sich Menschen unmittelbar oder in der von Analogtechniken wie Radio und Telefon augmentierten Form, geschieht dies auf der Grundlage von nieder- und hochfrequenten Schwingungen. In elektronischen Datenverarbeitungsmedien aber zählen physikalische Ereignisse allein in kodierter Form als Information, elektrophysikalisch realisiert in Ketten und

---

<sup>62</sup> Oswald Berthold, E-mail vom 18. November 2009

Gruppen getakteter Impulse. Dies ist eine von der Morsetelegraphie her vertraute Form; insofern geht die digitale Kommunikation den Analogmedien voraus, um später umso mächtiger wiedereinzukehren. Inzwischen werden auch die klassischen Fernsprechsignale in Impulsformen umgesetzt, deren Verstärkung und Verarbeitung deshalb besonders einfach ist, weil hier nur noch Schalter diskret auf- und zugehen, ohne Rücksicht auf stetige Zwischenwerte nehmen zu müssen.

"Diese 'Digitalisierung', die Überführung aller Informationen in die den elektronischen Datenverarbeitungsmaschinen gemäße Form von Folgen gleich großer und gleich langer Impulse, die die Information nur durch ihre zeitliche Gruppierung ausdrücken" = W. T. Runge, Elektronische Geschwindigkeit ist keine Hexerei (Vortrag, gehalten auf TELEFUNKEN-Empfang der Fachpresse anlässlich der Hannover-Messe 1966), in: radio-tv-service Nr. 77/78, 19xxx, 2895-2899 (2898)

Die Notationsform von Zahlen nach ihrem horizontalen, nicht mehr geometrisch-figurativen Stellenwert stellt mathematikgeschichtlich jene Eskalation dar, welche zugleich abstrakte und mechanisierbare Operationen mit ihnen ermöglicht (während das Rechnen mit dem Abakus ein konkret-anschauliches bleibt). Digitalisierung im engeren Sinne ist gekoppelt an diese Zuweisung, denn in ihrer mechanisch effektivsten Form erscheint sie als binäres Notation, wie sie Gottfried Wilhelm Leibniz 1703 als Alternative zum Dezimalsystem entwickelte. Der alphabetische Code ist hier auf zwei Symbole reduziert - was später in einer Ökonomie von Rechenzeit *versus* Einfachheit resultiert. Ein zeitkritisches Argument:

- der medienarchäologische Blick: "The length of numbers in binary notation is at least double that of numbers in the decimal system <...>. This makes the binary system impractical for human calculators, but it does not upset computers in the least. From the computer's point of view, these sequences of 1 and 0 are convenient, for they are easily codified in electric signals; the passage of current expresses 1, its interruption 0" = Denis Guedj, Numbers. The Universal Language, xxx (Thames & Hudson) xxx, 59. Einmal unter Strom gesetzt, egalisiert die blitzschnelle Geschwindigkeit elektronischer Rechner den (aus menschlicher Sicht) Nachteil der längenhaften Notation, weil er den phnomenologischen Zeitsinn vielfach unterläuft.

- Impulsketten als spezifische Verkörperungen des mathematischen Stellenwertsystems (hier zur Basis 2) werden im Computer entweder sequentiell oder vermittels des Bus-Systems zeitlich gruppenweise (also parallel) zunächst in Nibbles, also Vierergruppen, dann in achtstelligen Bytes oder größeren Worten verarbeitet.

- Digitalisierung in erster Linie: Rücksichtnahme auf das Wesen hochtechnischer Maschinen

- "digital" (von lat. *digitus*) buchstäblich "mit Fingern" zählen, meint präziser aber: mit Zahlen etwas tun. Für *digits*, also Zahlensymbole, gibt es verschiedene Realisierungen. "Digitalschaltungen kennen am Ein- und Ausgang nur die Werte 1 und 0, allenfalls eine Reihe von festgelegten Stufenwerten, deren entscheidendes Merkmal es ist, im Rechenprozeß

deutlich unterscheidbar zu sein<sup>63</sup>, also zeitkritisch das von Nelson Goodman definierte Kriterium der Disjunktheit zu erfüllen.<sup>64</sup>

Medienepistemologisch bedeutet Digitalisierung die Übersetzung von Welt in operative Mathematik (sofern der Welt selbst nicht schon im pythagoräischen oder quantenphysikalischen Sinne Mathematikhafte unterstellt wird).

Schauplatz dieser "Übersetzung" ist die Schnittstelle von Umwelt und Rechenmaschine (die gleichwohl selbst Teil der physikalischen Welt ist, die sie als Information simuliert).

Analog-Digital-Umsetzer liefern an ihrem Eingang einen binären Digitalwert, der proportional zu einem angelegten Spannungswert ist. Umgekehrt ist es möglich, von einem Mikrocomputer erzeugte Zahlenwerte als Analogwerte auszugeben, die dann etwa als Töne vernehmbar sind.

- Digitalisieren transformiert also nicht stetige Eingangssignale in stetige Funktionen (wie analoge Medien es vollziehen und Analogcomputer es modellieren), sondern leistet auf numerischer Basis die diskrete Abtastung welthaftiger Signale in möglichst gleichabständigen Zeitpunkten.

## **Prolog**

- Digitalisierung zu einem kulturellen *umbrella word* geworden, zu einer Metapher für die computerisierte Medienkultur der Gegenwart. Tatsächlich aber meint Digitalisierung im strengen Sinne -und von daher ist ihr diskursiver Gebrauch eine Synekdoche - ein präzises technomathematisches Verfahren, das im 20. Jahrhundert zur rechnenden Bewältigung technobasierter Kommunikation geworden ist. Es handelt sich mithin um eine technomathematische Praxis, die als Verfahren zu einem eigenen Modus der kulturellen Kommunikation geworden ist.

- zunächst informationstechnische Definition der Digitalisierung; zeitigt diese Praxis der Digitalisierung Konsequenzen von epistemologischer Dimension; damit wird der Begriff auch zu einem erkenntnistheoretischen

## **Begriffsverwirrungen**

- französisch "Digitalisierung" (präziser) *numérisation*; Begriff "numérique" bringt den Unterschied des Digitalcomputers zur "analytischen Methode" buchstäblich auf den Punkt (auf deren Seite der Analogcomputer steht, optimiert auf die Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen)

---

<sup>63</sup> Siehe Siegfried B. Rentzsch, *Begriffe der Elektronik*. 4018 Fachwörter kurz und bündig erklärt, 4. überarb. Aufl. Poing (Franzis) 1995, 100

<sup>64</sup> Dazu Nelson Goodman, *Sprachen der Kunst*, xxx

- Unter "Digitalisierung" wird gemeinhin etwas subsumiert, was sich genau betrachtet in Diskretisierung und Binarisierung ausdifferenziert. Ist in einer Kultur, deren modellbildendes Medium der Computer ist, von "digital" die Rede, wird damit stillschweigend auch der Nebensinn von "binär" und "diskret" mitgedacht

"Digital" ist - der gängigen Diskurspraxis zum Trotz - nicht der Gegenbegriff zum "Analogen"; hierfür reicht bereits der Begriff des "Diskreten" hin. Diskretisierung, so die These Marshall McLuhans, ist eine kulturelle Praxis, die nicht erst mit dem spätmittelalterlichen Uhrtakt und später den Maschinen allgemein wurde (Lewis Mumford), sondern bereits mit dem altgriechischen phonetischen Alphabet als Diskretisierung kontinuierlicher Sprachflüsse einsetzte

- "Alphabete sind seit dreieinhalb Jahrtausenden der Prototyp alles Diskreten. Ob aber die Physik trotz ihrer Quantentheorie allein als Teilchenmenge, nicht als Wellenüberlagerung zu rechnen sei ist keineswegs erwiesen".<sup>65</sup>

Der spezifisch abendländisch Modus wissenschaftlicher Forschung, nämlich die Analyse, ist damit epistemologisch ins Werk gesetzt. Das Vokalalphabet stellt eine Form symbolischer Sprachanalyse dar und führte zur Elementarisierung des Sprachbegriffs selbst, woraus schon Aristoteles die protolinguistische Konsequenz zieht: die Entdeckung der "Phoneme" und der "Artikulation" als Schrifteffekt. Eine Eskalation dieser Diskretisierung findet in dem Moment statt, wo sprachliche Kommunikation an technische Schriften deligiert wurde, vornehmlich in Form des telegraphischen Morse-Codes.

- Zeit-Definition durch Aristoteles stellt bereits einen Modus des alphabetbasierten Denkens ("Analyse") dar, einer These McLuhans zufolge: einerseits Diskretisierung, andererseits Ausrichtung auf den Sehsinn - als *optische*, nicht sonische Bewegungswahrnehmung (alternativ: Klang)

Gemäß Nelson Goodmanns Symboltheorie ist jede Form der Notation, die distinktiv Eindeutigkeit herstellt, "digital" (im Sinne von unterscheidbar).<sup>66</sup>

Zugleich wird damit - so McLuhans Verständnis der Medienhistorie weiter - der (schreibende, lesende) Augensinn als Informationsaufnahmekanal gegenüber dem Ohr privilegiert. Dieser Prozeß wird durch die Mechanisierung der Schrift im Buchdruck noch verstärkt.

---

<sup>65</sup> Friedrich Kittler, Code oder wie sich etwas anders schreiben lässt, in: Karin Bruns / Ramón Reichert (Hg.), Neue Medien. Texte zur digitalen Kultur und Kommunikation, Bielefeld (transcript) 2007, 88-95 (93)

<sup>66</sup> Nelson Goodman, Sprachen der Kunst. Entwurf einer Symboltheorie, Frankfurt/M. 1997 (EO Structures of Appearance, 1951]

- Phonograph seit 1877 eines der ersten technischen Medien im engeren Sinn dar, insofern er nicht auf der symbolischen, sondern technisch-physikalischen Ebene operiert; bricht damit die Vorherrschaft des diskreten Alphabets durch Aufzeichnung tatsächlicher Klangflüsse im akustisch Realen ("analog"), und es bedurfte eines langen Umwegs, bis der zunächst als reiner *number cruncher* konzipierte Computer sich selbst infolge der Beschleunigung seiner Datenverarbeitung (auf der Basis von Elektronenröhren, später Transistoren) als fähig erwies, durch das Verfahren des stichprobenhaften Samplings (also das Digitalisieren linearer Signalströme) sonische und phonische, gemeinhin: linguistische Artikulation einerseits, und zweidimensional in Spalten und Linien angeordnete Information (also pixelbasierte Bilder) andererseits zu verarbeiten und zu resynthetisieren.

Wird in der Gegenwart von digitaler Kultur gesprochen, ist damit zumeist im tatsächlichen Sinne diese Form von binärer Datenverarbeitung gemeint, also die Verfahrensweise des Computers in der bis heute weitgehend dominanten von-Neumann-Architektur.

- mathematische Theorie der Information, seit ihrer durchschlagenden Formulierung durch Claude Shannon und Warren Weaver (1949), definiert Information als das "Maß für die Freiheit der Wahl, wenn man eine Nachricht auswählt"<sup>67</sup>; geschieht dies in Schritten einer binären Auswahl (also im Logarithmus zur Basis 2), ist damit die kleinste Informationseinheit des Digitalen, das *bit*, definiert.

- Als Information verliert das Signal seine Eigenzeitlichkeit als physikalisches Ereignis. Um diesen Preis erlaubt die zeitdiskrete Abtastung analoger Signale genau dies: die numerische Adressierung, also Berechenbarkeit eines Klangereignisses als Summe seiner Frequenzen.

"Man könnte nun annehmen, dass sehr feine Details sich einer Codierung durch ganze Zahlen entziehen. Manche konstruieren daher einen Gegensatz zwischen digital und analog und sehen darin zwei Welten <...>. Die Digitalisierung bildet demnach die Grundlage für Rechner und die Simulation logischer Schlussfolgerungen, während das Analoge eher dem stetigen Charakter der Materie und der Realität entsprach." Das Abtast-Theorem hat diese Dichotomisierung als Metaphysik enttarnt und stellt vielmehr "einen strengen Zusammenhang zwischen analogen und digitalen Signalen her. <...> Will man Details der Größe  $T$  auf einem Signal erkennen, genügt es, den Wert des Signals in Abständen abzutasten, die kleiner als  $T/2$  sind. Den zeitlichen Abstand zwischen zwei Abtastvorgängen bezeichnet man als Abtastperiode, deren Kehrwert als Abtastfrequenz."<sup>68</sup>

---

<sup>67</sup> Claude Shannon / Warren Weaver, *Mathematische Grundlagen der Informationstheorie* [AO 1949], München (Oldenbourg) 1976, 18

<sup>68</sup> Michel Serres / Nayla Farouki (Hg.), *Thesaurus der exakten Wissenschaften*, Frankfurt/M. (Zweitausendeins) 2001, Eintrag "digital", 175f (176)

- Digitalisierung, als "Sampling", ein Meßakt, der flexibel auf die Zeitlichkeit ("Frequenz") des Signals reagiert. Welt wird damit nicht der "vulgären Zeit" (Martin Heidegger) des dauerhaft und abstrakt gleichmäßigen Uhrtakts unterworfen, sondern die technisch getaktete Zeit (also eine Funktion der numerischen *Messung* im Sinne von Aristoteles) paßt sich der Frequenz der Signale, also der Welthaftigkeit der ("analogen") Physik selbst, an.

Shannons Definitionzufolge lassen sich sowohl analoge (kontinuierliche) wie diskrete Signale "nahezu vollkommen zuverlässig" (Serres / Farouki a.a.O.) übertragen, sofern sie entsprechend binär auf die Kanalkapazität hin kodiert werden.

- analoge Weltsignale durch Digitalisierung wieder einer genuin kulturtechnischen Praxis zugänglich: der Lektüre. Im Unterschied zum passiven Buchdruck, der erst durch menschliche Entzifferung in Bewegung gerät (gemeinhin "Imagination"<sup>69</sup>), sind die in digitalen Rechnern implementierten Symbole selbst handlungsfähig

### **Die linguistische Variante von "Digitalität"**

Aristoteles weiß, daß die analytische Unterscheidung von Phonemen in der Sprache ein Effekt ihrer Notation in diskreten, an sich bedeutungslosen Symbolen ist; so vollzieht sich die Geburt der Linguistik im Geist des Vokalalphabets.

Fernand de Saussures Linguistik erklärt Sprache aus rein differentiellen (Binär-)Operationen diskreter Phoneme und anagrammatischer Schriftspiele. Jakobson weitet diesen Ansatz auf die Analyse grundsätzlich aller quasi-sprachlichen Systeme der Kultur aus.<sup>70</sup>

Roman Jakobson, im Bestreben einer Philologie im (und für das) Informationszeitalter<sup>71</sup>, übernimmt die zu ingenieurstechnischen Zwecken, ausdrücklich *nicht* auf Bedeutungsvorgänge zielende Nachrichtentheorie und die damit verbundene Elementarisierung der Analyse für sein Modell einer semiotischen Linguistik und modifiziert sie zu diesem Zweck: "Jakobson zog es vor, statt vom Codierungsprozeß vom 'Code' zu sprechen. Dieser 'Code' stellte nicht wie bei Shannon eine Entsprechung zwischen Signal und Nachricht her, sondern zwischen einer Nachricht und ihrer Bedeutung"<sup>72</sup> - eine Verschiebung hin zur Semantik.

---

<sup>69</sup> Dazu Friedrich Kittler, *Aufschreibesysteme 1800/1900*, München (Fink) 1985, unter besonderer Berücksichtigung der poetischen Verfahren in der Romantik

<sup>70</sup> Siehe etwa Roman Jakobson, *Fundamentals of Linguistics*, 1956

<sup>71</sup>Zu diesem Begriff: Roman Jakobson, *Selected Writings*, xxx, Bd. II, 570

<sup>72</sup> Slava Gerovitch, Roman Jakobson und die Kybernetisierung der Linguistik in der Sowjetunion, in: Michael Hagner / Erich Hörl (Hgg.), *Die Transformation des Humanen. Beiträge zur*

Mit der Adaption der Nachrichtentheorie ist Jakobson auch von deren Irritationen heimgesucht: dem Signal-Rausch-Abstand, der sich im Falle von poetischen Ambiguitäten zugleich hermeneutisch stellt.<sup>73</sup>

- Im unterschiedlichen Rauschverhalten unterscheidend sich "analog" und "digital": Elektronenröhren vermögen - im Unterschied zu numerisch kalkuliertem Pseudo-Zufall in Chiffriermaschinen wie der ENIGMA und zu menschlichen Versuchen, Zufallsreihen ohne mittelfristigen Mustern zu genießen - echtes Rauschen zu erzeugen)

### **Für wohldefinierte Begriffe in der Medientheorie**

- Wohldefinierte Begriffe der Medientheorie (beginnend mit dem Wort "Medium" selbst) verliert sich nicht in der etymologischen oder umgangssprachlichen Kontextualisierung von Begriffen; für Philosophieren mag dies zwar fruchtbare sein (*nota* Martin Heidegger), also für die internen Resonanzen sprachlichen Gedächtnisses, doch technische, technologische und technomathematische Ereignisse sind primär non-diskursiver, nicht-sprachlicher Natur. Die Etymologie des Digitalen erinnert an (lat.) Finger, erlangt nachträglich Bedeutung aber allein aus seiner eingegrenzten Funktion: nicht etwa Zeigen oder Berühren, sondern (in diskreten Schritten) Zählen - hier als dekadisches 10-Finger-System; Zur mittelalterlichen Zählhand und fingerbezogenen Komputistik: Horst Wenzel, Von der Gotteshand zum Datenhandschuh. Zur Medialität des Begreifens, in: Sybille Krämer / Horst Bredekamp (Hg.), Bild - Schrift - Zahl, München (Fink) 2003, 25-57

- "Daher wird digital nur im Kontext mit Zahlen korrekt verwendet. Sie entstehen aber erst dann, wenn den diskreten Werten Zahlen zugeordnet werden" = Horst Völz, Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin, Aachen (Shaker) 2001, 382; siehe ders., Zum Begriffsbereich von "analog" und "digital", in: Nachrichtentechnik/Elektronik 29 (1979), 217-219; handelt es sich hiermit um einen gewaltsamen Akt der Kodierung, der Zurordnung, der Abbildung (*mapping*). "Wenn kontinuierliche Größen (elektrische Signale) auf diskrete Werte 'gezwungen' werden, so heißt der Vorgang *Quantisierung*" = ebd., 380

---

Kulturgeschichte der Kybernetik, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2008, 229-274 (240), unter Bezug auf: Roman Jakobson, Linguistik und Poesie [1960], in: ders., Poetik. Ausgewählte Aufsätze 1921-1971, hg. v. E. Holenstein / T. Schelbert, Frankfurt/M. 1979, 88ff

<sup>73</sup> Zu Jakobsons Formulierung von "semantic noise" siehe Erhard Schüttpelz, Quelle, Rauschen und Senke der Poesie, in: Georg Stanitzek / Wilhelm Voßkamp (Hg.), Schnittstelle: Medien und kulturelle Kommunikation, Köln (DuMont) 2001, 187-xxx (200)

Tatsächlich ist es gerade das Digitale, das sich in der sogenannten Epoche digitaler Medien der menschlichen Wahrnehmung entzieht. Seit den Zeiten der chronographischen Bewegungsanalyse, die in kinematographische Projektion umschlägt, gilt: "Zerhackung oder Schnitt im Realen, Verschmelzung oder Fluß im Imaginären"<sup>74</sup> - beruhend auf einem Effekt, den Michael Faraday in ganz und gar unikonologischem Sinne mit überlagerten Speichenrädern experimentierte.

"Digital" ist in diesem Zusammenhang ein Unterbegriff von "diskret" und läßt sich seinerseits noch einmal in (beispielsweise) "binär" ausdifferenzieren - als Bezeichnung für die jeweilige Zahlenbasis. "Abweichend davon wird der Begriff *dual* nicht für eine Zahlenbasis, sondern für physikalische Systeme / Speicherzellen mit nur zwei möglichen Zuständen verwendet" <ebd., 382> - womit deutlich wird, daß Medien (die wir meinen) nur als physikalisch-logische Doublette zu denken sind.

Wo Technik an Körpern bleibt und nicht in Maschinen wandert, bleibt dieser Vorgang noch im kulturtechnischen Bereich.

Im kulturellen Diskurs gewinnt die Qualität "digital" ihre Signifikanz als Gegenbegriff zu "analog". Im medientechnischen Zusammenhang aber werden beide Begriffe vielmehr als mannigfaltig verschränkt gewußt - vom gegenseitigen Grenzwert bis hin zum (nur scheinbaren) Oxymoron der "kontinuierlichen Digitaltechnik". Im Kern weiß diese Methode um das Opfer, das im Akt des technologischen Samplings (dem Sampling-Theorem zum Trotz) gebracht wird: "Durch die Amplituden-Quantisierung geht <...> unwiderbringlich Information verloren. Dies war der gedankliche Ausgangspunkt für die Kontinuierliche Digitaltechnik. Sie benutzt Zeit-Intervalle des kontinuierlichen Signals und bildet dazu eine einfachere Approximations-Funktion, von der dann nur die Koeffizienten übertragen bzw. gespeichert werden" = Horst Völz, Kontinuierliche Digitaltechnik. Eine neue hochleistungsfähige Methode zur Digitalisierung von Signalen, Aachen (Shaker) 2008, i. Kontinuierliche Digitaltechnik rechnet mit Zeit selbst.

- Kriterium für medientheoretische Begrifflichkeit der funktionale Zusammenhang, in dem solche Begriffe ihrerseits dann zu einer gegebenen Epoche diskursmächtig geworden sind; so wird der bislang eher innerphysikalische Begriff des "Mediums" in dem Moment zu einem Buchtitel außerhalb der Physik, als eine technologische Medienwirklichkeit eine eigene Theorie und Wissenschaft verdient: Marshall McLuhans *Understanding Media* (1964) auf dem Höhepunkt der Radio- und Fernsehkultur.

## **Ungleichzeitigkeiten**

- das Digitale als *diskursiver* Begriff nur von seinem Gegenbegriff her zu verstehen: dem "Analogen". Beide Modi der Signal- respektive Informationsverarbeitung haben sich nicht linear auseinander entwickelt,

---

<sup>74</sup> Friedrich Kittler, Grammophon - Film - Typewriter, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986, 187

sondern gehen fortwährend neue Konstellationen, "Überlagerungen" (Kittler 1993) ein

- medienarchäologische Perspektive schärft - im Anschluß an Michel Foucaults *Archäologie des Wissens* - den Blick auf *Diskontinuitäten* zwischen analog und digital (und erweist sich damit ihrerseits als "digital", im Unterschied zum analogen, Kontinuitäten privilegierenden Modus von Historiographie)

„Dans l’histoire de l’image, le passage de l’analogique au numérique instaure une rupture équivalent dans son principe à l’arme atomique dans l’histoire des armements ou à la manipulation génétique dans la biologie.“<sup>75</sup> Tatsächlich bewahrt aber auch noch das *bit* den kleinsten denkbaren analogen Bezug zur Wirklichkeit, insofern es deren Impuls(e) abbildet und in elektrische Signale *umsetzt*, un-willkürlich. Allein der parallele Effekt, die Rechenbarkeit dieser Impulse, unterscheidet das Reich des Digitalen von dem des (nur-)Analogen.

- klassisches Analogmedien wie der Film hat aus schierer psychophysiologischen Notwendigkeit und aufgrund seiner technischen Verfaßtheit immer schon digitale Qualitäten, indem die Spule als das eigentliche Trägermedium aus diskreten photographischen Kadern in Reihe besteht und im Projektionsmechanismus für einen kurzen Zeitpunkt intermittierend stillgestellt wird, um den Nachbildeffekt im Menschen zu zeitigen. Der filmische Schnitt ist eine unmittelbare Folge aus dieser diskreten Lage, und seine dramaturgische Konsequenz, die Montage, operiert mit nichtlinearen Verknüpfungen.

- gilt für das Fernsehbild, daß es ansatzweise bereits halb-digital ist: "Bairds solution to the problem was to send a synchronisation signal that changed the speed of the receiver's disc motor - speeding it up or down by tiny amounts" <aus dem Begleitheft zum Modellbausatz *The Televisor* der Middlesex University>, quasi schon numerisch (in Form getakteter Zeit), implizit mathematisch-diskret (*vulgo* "digital").

- einzelne filmische Kader: Speicherung analoger, im physikalischen Sinne mit stetigen Wertübergängen arbeitende photochemische Werte (Licht / Farbe), im Kern also klassische Photographie; ändert sich radikal mit pixelbasierten Bildern im CCD-Chip, das aus dem Bild nicht nur ein Mosaik, sondern eine mathematisierbare Matrix macht, die eine exakte Adressierung (und damit berechnende Manipulierbarkeit) bis auf die kleinsten Elemente hin ermöglicht. Digitalisierung übersetzt die Welt der Physik in Modelle derselben - aus einer Welt des Realen in eine Welt der Symbole. Unerwartete tritt damit in einer Welt symbolischer Maschinen (Computer) die Gutenberg-Galaxis wieder ein. Während jedoch ein Text (in Schrift oder Druck) auf einem klassischen Speichermedium des Menschen bedurfte, um prozessiert zu werden, ist der Mensch am Computer zum Leser zweiter Ordnung geworden, und die Rückübersetzung ins Analoge

---

<sup>75</sup> Régis Debray, *Vie et mort de l’image. Une histoire du regard en Occident*, Paris (Gallimard) 1992, 300

ein Zugeständnis an menschliche Sinneswahrnehmung auf Interfaceebene wird.

"Im Digitalen sind <...> die Bestandteile einer Datei diskrete Zustände. Das bedeutet für digitale Bilder: Es gibt nichts zwischen einem Pixel und den angrenzenden Pixeln. Diskrete Zustände sind für den Menschen aber sinnlich nicht erfahrbar; die Physis seines Wahrnehmungsapparates und auch seines Körpers ist vom Analogen, kontinuierlich ineinander Übergehenden gekennzeichnet. Das Digitale kommt also einher mit einem Verschwinden des Körpers darin = Andreas Menn, Textbeilage (Köln, Juli 2000) zu seinem Digitalvideo *Workout* (1999), vorgestellt im Rahmen des Seminars *Ikonomie der Energie*, Kunsthochschule für Medien, Köln, Wintersemester 1998/99

- Bedingung für Informationsverarbeitung in einer digitalisierenden Kultur, daß der Computer auf Maschinenebene die Daten zu lesen (und zu schreiben) vermag. Produkte dieser Vorgänge heißen in einem unglücklichen Neologismus Digitalisate

### **Digitalisierung *avant (?) la lettre***

- altgriechische Prosodie hat sich, obgleich der technische Phonograph erst zweitausend Jahre später realisiert wurde, gerade deshalb in der Zeit überliefert, weil sie selbst (nach dem Vorbild des sprachanalytischen Alphabets) mit einem Zeit-Alphabet arbeitete, welcher den Rhythmus auf zwei Elemente reduzierte:

"It was a feature of the ancient Greek language that the distinction between short and long syllables was clear-cut. All verse metre was based on this binary opposition, whether it was spoken verse or sung. Even in prose oratory the interplay of long and short syllables automatically yielded rhythmic patterns" = M. L. West, *Ancient Greek Music*, Oxford (Clarendon Press) 1994, 130; folglich haben altgriechische Komponisten von Vokalmusik im Allgemeinen nur zwei verschiedene Symbole zur Notation verwendet, einen einzelnen und einen doppelt langen Notenwert, in Korrelation mit der Natur der beiden Silben

### **Zeit des Digitalen: die Räderuhr mit Hemmung, die Taktung**

- "digital" als technomathematische Praxis (also Signalverarbeitung) immer auch "zeitdiskret". Aus digitalisierten Analogsignalen werden damit zeitdiskrete Signale, die damit einer algorithmischen Verarbeitung zugänglich sind. Der zeitdiskrete Charakter der digitalen Signalverarbeitung läßt den wortspielerischen Begriff des "Algorhythmus" angebracht erscheinen, insofern auch Rhythmus (so definiert vom Musiktheoretiker und Aristoteles-Schüler Aristoxenos) sich aus diskreten Zeiteinheiten (*chronoi*) aufbaut, im Fall antiker *mousiké* (Prosodie und Tanz) gar im binären (eigentlich ternären) Modus: lang-kurz (und Pause), ein im Morsecode wiederkehrender Rhythmus zeitdiskret kodierter Kommunikation.

- Shannon verwendet den Begriff von "hinderance" in seiner Beschreibung logischer Schaltkreise = 0/1-Differenz, elektrophysikalisch; Bernhard Siegert, *Passage des Digitalen*, <Einleitung>, sowie Claude E. Shannon, An/Aus, xxx, Anm. d. Übers., xxx. Dergleiche Begriff für die Uhrwerkhemmung benutzt

- *idealiter* unendliche oder nichtige Impedanz zwischen den zwei Polen einer Schaltung heißt technisch *hinderance*; die Zwischenzeit der Schaltung selbst (die von Norbert Wiener definierte "time of non-reality") aber zählt nicht: "Zwischen = und 1 *gibt es keine Zeit*. Deswegen gibt es die Welt des Symbolischen. Es ist der Entzug des Realen, durch das es das Symbolische gibt. Es ist die *hinderance*, die die diskretisierte Zeit gibt" = Siegert: 9

- periodische Taktung durch den Mechanismus der Räderuhr mit Hemmung bildet den mechanischen Vorlauf diskreter Zeitkodierung von Seiten eines technischen Mediums (während am Gnomon / der Sonnenuhr erst die extern beigefügte, also buchstäblich symbolisch zugeschriebene diskrete Skala eine Unterscheidung des ansonsten kontinuierlichen Schattenverlaufs ermöglicht):

"We might say that the clock [der Takt des Rechners] enables us to introduce a discreteness into time, so that time for some purposes can be regarded as a succession of instants instead of a continuous flow. A digital machine must essentially deal with discrete objects."<sup>76</sup>

- Claus Pias, Time of Non-Reality. Miscellen zum Thema Zeit und Auflösung, in: Volmar (Hg.) 2009, 267-282, siehe auch Helmholtz' Begriff der "Zwischenzeiten" bei der Messung von Nervenlaufzeiten am Froschschenkel

Nicht schon Digitalisierung, erst in Verbindung mit exakter Taktung kommt die Begründung des Digitalen operativ zu sich (hier im Anschluß an Aristoteles' mathematisierten Zeitbegriff)

## **Zwischen analog und digital**

"Every digital device is really an analogical device which distinguishes region of attraction rather than by a direct measurement. In other words, a certain time on non-reality pushed far enough will make any device digital" = Wortmeldung Norbert Wiener, im Rahmen der Diskussion "Possible Mechanism of Recall and Recognition" (Macy-Konferenz 1949), in: *Cybernetics / Kybernetik. The Macy-Conferences 1946-1953, Bd. 1: Transactions / Protokolle*, hg. v. Claus Pias, Zürich / Berlin (diaphanes) 2003, 122-159 (158)

---

<sup>76</sup> Alan Turing, Lecture to the Mathematical Society on 20 February 1947, in: *The Charles Babbage Institute Reprint Series for the History of Computing*, Bd. 10, A. M. Turing's ACE Report of 1946 and Other Papers, Cambridge, Mass. 1986, 111

Norbert Wiener betont, daß der Unterschied zwischen analog und digital "not sharp" ist - also selbst eher analog, kontinuierlich (stetig) denn digital (abrupt)?

"I could get devices intermediate between digital and numerical devices. The important thing of the digital device is the use of non-linearity in order to amplify the distinction between fields of attraction and that can be done to a greater or lesser degree. <...> I think it is necessary to consider the physics of digital devices" = ebd., 159

G. E. Hutchinson definiert im Diskussionszusammenhang, was "analoge" von "digitalen" Maschinen unterscheidet, den Begriff *analogical* folgendermaßen: als "the difference between the natural and real numbers"<sup>77</sup> und verweist damit ausdrücklich zurück auf "the Greek mathematicians. Wiener ergänzt: "If you want to say that in one case you are dealing with counting and in the other, with measuring, the concept of the machine goes back to the Greek" = ebd.

## Unschärfen des Digitalen

- Julian Bigelow: »Ich glaube es ist entscheidend hervorzuheben, dass das [Digitale] eine verbotene Zone des Dazwischen einschließt und eine Abmachung, niemals irgendeinen Wert dieser verbotenen Zone zuzuschreiben.« »Behandle sie, als würden diese Übergänge einfach nicht existieren«, so der Psychologe John Stroud, und Logiker Walter Pitts: »die aktuelle Kontinuität ignorieren" = Cybernetics – Kybernetik. Die Macy-Konferenzen 1946-1953, hrsg. von Claus Pias, 2 Bde., Zürich / Berlin 2003-04, Bd. 1, 186f. (Übersetzung Claus Pias). [Zitiert hier nach: Beitrag PIAS in Volmar (Hg.) 2009, xxx]. *Tertium non datur.* / keine Daten-Zwischenzeit: "weil alles digitale Rechnen eine Funktion der Zeit ist, lässt sich mit Norbert Wiener, dem Namensgeber der Kybernetik, einfach konstatieren, dass dessen Grundlage die Schaffung einer »time of non-reality« ist = ebd., 158, "die zwischen zwei stabilen Zuständen liegt, deren »Realität« sie durch ihre eigene *non-reality* erst begründet und ihnen damit zur Operationalität verhilft"

## Begriffsgeschichte des Digitalen

- Ersterwähnung des "Digitalen" im Kontext von elektronischen Computern: Diss. / Publikation Dennhardt, *Die Flipflop-Legende*

Als medienarchäologische Urszene des Digitalcomputers fungiert die Schaltung, das Eccles-Jordan-Trigger Relais von 1919. Dennoch erscheint der sowohl technische als auch epistemologische Begriff der

---

<sup>77</sup> Wortmeldung in der Diskussion zu: Ralph W. Gerard, Some of the Problems concerning digital Notions in the central nervous system, in: Cybernetics / Kybernetik. The Macy-Conferences 1946-1953, Bd. 1: Transactions / Protokolle, hg. v. Claus Pias, Zürich / Berlin (diaphanes) 2003, 171-202 (192)

Digitalisierung und mithin des Digitalcomputers in Texten der Mediengeschichte des Computers als ein problematischer.

- Dennhardt, *Flipflop-Legende*: In Williams Asprays *Computing Before Computers* von 1990 wurden die Begriffe analog und digital verglichen, indem der technische Begriff analog einem anderen gegenübergestellt wurde, um eine technologische bzw. epistemologische Opposition zu initiieren. „Indeed, Atanasoff was the first to use the word “analogue” to describe that type of computer [Atanasoff-Berry-Computer, 1939]

- "Digital" first used by George Robert Stibitz in 1942" = Aspray 1990, 239 u. 247. Abschlußbericht über ein computergestütztes Luftabwehrsystem aus dem Nachlaß von Stibitz von Anfang April 1942, in dem er auf die grundsätzlichen freiprogrammiertechnischen Vorteile des Computierens lediglich zweier diskreter Spannungswerte hinweist, im Gegensatz zum bis dahin ausschließlichen Verarbeitens analoger Spannungssignale oder vieler diskreter Spannungswerte: "Digital Computers introduce a consideration not found in kinematic analog computers, namely, the ordering of computation steps in time [number train, Stibitz 1942a, 40, Fig. 3.1 c. Vgl. Abb. 15] In a vague sense, therefore, digital computation is dynamic in character <...>" = Stibitz 1942b, 3

- George R. Stibitz, Typoskript (Memorandum) vom 23. April 1942, on "Digital Computation for A. A. Directors": "Computing mechanisms have been classified as `analog´ or as `pulse´ computers. The latter term seems to me less descriptive than the term 'digital'"; facsimile of this document in: Robert Dennhardt, *Die Flipflog-Legende und das Digitale. Eine Vorgeschichte des Digitalcomputers vom Unterbrecherkontakt zur Röhrenelektronik 1837-1945*, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009, 157

- *algorhythmic* in terms of Shintaro Miyazaki, xxx <Micro-Sound>, in: Axel Volmar (Hg.), *Zeitkritische Medien*, xxx

- Aspray 1990: W. Aspray, *Computing Before Computers*, Ames 1990

- Eccles 1919: Eccles/Jordan, *A Trigger Relay Utilising Three-Electrode Thermionic Vacuum Tubes*, in: *The Electrician*, Vol. 83, September 1919, p. 298. Vgl. *Radio Review*, Vol. 1, No. 3, December 1919.

- Stibitz 1942a: G. R. Stibitz, *Report on electronic predictors for anti-aircraft fire control*, April 1942, in: *Box 14 des Inventory of the Papers of George Robert Stibitz concerning the Invention and Development of the Digital Computer*, Dartmouth College Library, Hanover, New Hampshire 1973

Stibitz 1942b: G. R. Stibitz, *Digital Computation For A. A. Directors*, Nicht veröffentlicht. Eine Kopie ist im Besitz von Friedrich Wilhelm Hagemeyer

**Das Digitale als Extrem des Analogenen: A/D-Wandlung (*vice versa*)**

- Rechtecksignal läßt sich durch Überlagerung von Grundschwingungen mit ihren Harmonischen annähernd exakt erzeugen
- wirkliche Zerlegung der Nervenimpulse in sinusförmige Komponenten (Fourieranalyse) findet im Gehör nicht statt. "Im Gegenteil: sogar sinusförmige Schallwellen werden neuronal getriggert [digitalisiert] und in Impulsfolgen verwandelt" <Fricke ebd.>.
- "digitales" Signal schaltet nur scheinbar diskret zwischen zwei Zuständen; tatsächlich durchläuft es nach wie vor kontinuierlich und stetig den Wertebereich reeller Variablen, doch als Extremwert. Das gilt für binäre Schalter in Computern ebenso wie für Neuronen im Gehirn.
- Gibbssches Phänomen: Überspringer an Kippstellen der Schwingungskurven. Einerseits wird das Digitale gefeiert, weil es gegenüber dem Analogen einen Gewinn an Genauigkeit in allen zählenden Prozessen darstellt, andererseits "wabert" es (auch Siegerts Lieblingswort in seiner *Passage des Digitalen*) im schwingenden, also Zeitbereich: eine wirklich schöne Unschärfe.
- Der Erzeugung steiler Impulse in elektronischen Systemen dienen Kippspannungen. "Das Umkippen von einer stabilen Lage in die andere, ausgelöst durch einen von außen zugeführten Impuls, ist ein dynamischer Vorgang und wird durch die in der Schaltung vorhandenen Zeitkonstanten bestimmt" <Stöllner 1964: 53>. Es handelt sich hier also um eine zeitkritische Zuspitzung, mithin Dynamisierung dessen, was als "0/1"-Logik allzu stationär und geometrisch erscheint: das Digitale *im Vollzug*, also als genuines Medienereignis, als technomathematische Operation.

## **Digitalisierung der Kommunikation (PCM)**

- Daß die Bilder, Töne und Texte numerisch wurden, folgte einer zeitkritischen Auflösungslogik, "die keinen anderen Sinn oder Zweck verfolgt, als schneller verschickt und kleiner verpackt zu werden" = Christina Vagt, in Volmar (Hg.) 2009, Schlußsatz; *packet switching* im Internet
- Pulse Code Modulation (seit 1943 an den Bell Labs entwickelt) quantisiert die nach Maßgabe des Abtasttheorems gewonnenen Signale, die auf der Zeitachse bereits diskret behandelt werden, seinerseits in abzählbaren Werten verwandelt und auf der denkbar einfachsten Impulsebene, nämlich als Null oder Eins, seriell in Code-Gruppen verschickt. Fünf Impulse - hier im Anschluß an den 5-bit-Code von Émile Baudot - reichen aus, die quantisierten Äquivalente zum herkömmlichen Alphabet und einige Sonderzeichen zu übermitteln <dazu Siegert 2003: 286f>.
- Abtasttheorem von Shannon / Nyquist zufolge wird das analoge Eingangssignal zunächst mit einer Rate abgestastet, die mindestens doppelt so hoch ist wie die höchste Frequenz des Input-Signals. "Das Ergebnis ist eine Puls-Amplituden-Modulation (PAM), das heißt ein Signal, das in einem seiner Parameter, der Amplitude, analog und im anderen, der

Zeitvariablen, diskret ist"<sup>78</sup> - zeitkritisch mithin. Es folgt die Quantisierung des PAM-Signals in der Darstellung durch diskrete Stufenwerte; "by quantizing we limit our 'alphabet'", schrieben Oliver, Pierce und Shannon "mit jener Technikern eigenen Begeisterung für alphabetisierende Methoden"

- Loslösung des Alphabets von jeder phonetischen Referenz; Bruch von Digitalisieren mit der Linguistik. Bei der Digitalisierung handelt es sich um eine technisch, nicht sprachliche Form der Datenaufzeichnung und -übermittlung. Vokalalphabetische Schrift ist Diskretisierung als Segmentierung (im Sinne von Artikulation), aber nicht Digitalisierung

## Sampling

Im Sampling als nachrichtentechnischem (nicht kunstpraktischen) Verfahren von *computing* wird die diskursiv bis zur Unkenntlichkeit verschwommene Unterscheidung zwischen "analog" und "diskret" in zeitkritischer Hinsicht konkret: Kleinste Zeitzeichen (*samples*) von aktuell einer 44100stel Sekunde, also "diskret gemachte Zeit <...> erlaubt <...> Manipulationen am Realen"<sup>79</sup>, wie sie bislang nur am Symbolischen möglich war - gerade weil ein technischer Kunstgriff gefunden wurde, Signale mit Mitteln des Symbolischen, nämlich diskret, zu verarbeiten.

Digitalisierung heißt die nachrichtentechnische Transformation zeitkontinuierlicher Signale in eine Folge diskreter, abzählbarer Zustände - eine wesentliche Transformation auf der Seinsebene. Sampling als Verfahren, dessen Name zu einer mit kleinsten Versatzstücken komponierenden Praxis in der Audiokultur überhaupt geworen ist, zerfällt genau betrachtet in zwei wesentverschiedene Bestandteile: a) den Akt der Abtastung eines wertkontinuierlichen (klassisch "analogen") Signals in äqidistanten kleinsten Zeitintervallen, und b) die Quantisierung, mithin also Mathematisierung dieser Abtastproben in speicher- und übertragbaren (und damit auch berechenbaren Bitmengen)

Strikte Bedingung für elektrotechnische Quantisierung kontinuierlicher Signale ist die Operation *sample and hold*: Die Erzeugung eines diskreten Takts und der kurzzeitigen Speicherung des jeweils erfaßten Spannungswerts, der damit mathematisch definierbar und numerisch adressierbar wird. Schalter und Kondensator sind eine der möglichen Verkörperungen dieses Schaltmoduls. Zeitereignisse werden hier zu Momenten.

Entstanden ist diese konkrete Form der Digitalisierung als Verfahren der Analyse, d. h. der diskretisierenden Messung von Signalflüssen. Schon das Aufschreiben oraler Poesie sampelt Sprache vokalalphabetisch, und der chrono-photographische Aufnahmeprozeß (Muybridge / Marey) beruht auf

---

<sup>78</sup> Bernhard Siegert, *Relais. Geschichte der Literatur als Epoche der Post*, Berlin (Brinkmann & Bose) 1993, 286

<sup>79</sup> Friedrich Kittler, *Fiktion und Simulation*, xxx, 74

der diskreten, stufenförmigen Abtastung von Bewegung (was schon Henri Bergson um 1900 dann als technisches Mißverständnis von Dauer kritisierte). Zur massenmedialen Erscheinungsform wird die Digitalisierung in dem Moment, wo die Analyse in Synthese sich verkehrt.

- Begriff des Quantisierens leitet sich von dem Quant als kleinster, abzählbarer Einheit physikalischer Größen ab. "Unterzieht man den Vorgang der Analog-Digital-Umsetzung <wie ihn der Buchdruck selbst schon darstellt> von zeitlich veränderlichen analogen Größen <etwa der Schrift> einer <...> genaueren Betrachtung, so geht der Umsetzung des Informationsparameters Signalamplitude in einen Digitalwert eine *zeitliche* Diskretisierung voraus. <...> Enthält eine Zeitfunktion  $x(t)$  keine höheren Frequenzen als  $f_0$ , so läßt sich der Originalverlauf aus Abtastwerten wiedergewinnen, die in Zeitabständen kleiner als die halbe Periode  $T_0 = 1/f_0$  sind. <...> Anders verhält es sich mit der Diskretisierung der Amplitude. Hier tritt ein *prinzipbedingter Informationsverlust* auf = Werner Richter, Grundlagen der elektrischen Meßtechnik, 2. bearb. Aufl. Berlin (VEB Verlag Technik) 1988, 39 f.

Digitalisierung (analog-digital-Wandlung) heißt die Übersetzung einer signaltechnisch gemessenen Welt in ihre (Be-)Rechenbarkeit durch zeitdiskrete Abtastung und wertdiskrete Quantisierung; ist die Welt in ihrem Wesen schon "digital" (konkret: in bit-weisen Informationen) verfaßt? Konrad Zuse stellt diese Frage in *Rechnender Raum* (Braunschweig 1969)

- Rechenraum im physikalischen Sinne Raum, der in Quanten bemessbar ist. Im Zentrum steht dabei für die Quantenphysik das sogenannte Wirkungsquantum. Niels Bohr hatte Atome zunächst in einer Weise beschrieben, die eine mikrokosmische Spiegelung des Makrokosmos zu sein scheint: Die Elektronen (also genativ geladenen Elementarteilchen) eines Atoms (im Fall von Wasserstoff tatsächlich nur eines) bewegen sich um den Atomkern (mit seinen positiv geladenen Protonen) nach Gesetzen ähnlich der Planetenkreisbahn um die Erde. Max Planck aber beschreibt 1929 in *Das Weltbild der neuen Physik*: den Bruch dieser seit der altgriechischen Naturphilosophie vertrauten, über die europäische Renaissance wiederbelebten versöhnlichen Analogie: "Ein sonderbarer Unterschied aber besteht darin, daß die Elektronen immer nur auf ganz bestimmten, diskret voneinander verschiebene Bahnen kreisen können, während bei den Planeten keine einzelne Bahn vor einer anderen von vornherein bevorzugt wird."<sup>80</sup>

- "digital" heißt Abzählbarkeit; damit zwei Voraussetzungen impliziert: Diskretheit und Zeitfolge

- *Digital physics* hält das Universum selbst für komputabel = Fredkin 1990; Bruch mit der klassischen Kontinuums-Physik des Stetigen, die Gottfried Wilhelm Leibniz noch so vehement verteidigte. Im Gegenteil, das

---

<sup>80</sup> Max Planck, *Das Weltbild der neuen Physik* [\*1929], 11. unveränd. Aufl. Leipzig (Barth) 1952, 21

Kontinuierliche selbst wird zu einer Metaphysik im Modell des "rechnenden Raums" (Konrad Zuse) respektive Universums: technomathematische Antwort auf diese Frage ist die Interpolation: ein Verfahren, zu diskreten Daten eine (quasi-)kontinuierliche Funktion zu ermitteln, die diese Daten abbildet, d. h. sie aus einer räumlichen Distribution im kartesischen Koordinatensystem in die Zeit (zurück-)zu versetzen

- Information, laut Norbert Wiener, weder Materie noch Energie. Dafür steht in der technomathematischen Praxis das Sampling als technologisches Grundprinzip des Überführens analoger Signale (Bilder, Klänge) in diskrete Information.

Um welchen Preis geschieht die "Digitalisierung" analoger Signale? Dem Nyquist/Shannon-Theorem zufolge ist ein Signal signalgetreu, also verlustfrei durch doppelte Abtastrate der höchsten im Signal enthaltenen Frequenz in kleinsten diskreten Treppenstufen "rekonstruierbar": "Nach Glättung der Kanten erhält man eine Näherung der <...> Kurve zurück."<sup>81</sup> Es handelt sich hier um eine implizit historistische Hermeneutik mit Mitteln der numerischen Mathematik, verdichtet auf kleinste Ereignisse. Was aber ist der Maßstab: die menschliche Wahrnehmung, die sich medientechnisch leicht betrügen läßt, oder die objektive (quanten-)physikalische Welt?

- Tritt ein welthaltiges Signal damit aus dem Reich des physikalisch Analogen ins ideelle Reich des Digitalen ein? Recht eigentlich erscheint ein sogenanntes digitales Medium der menschlichen Wahrnehmung auf Interfaceebene (aus notwendiger Rücksicht gegenüber der Sinnesphysiologie) immer nur analog; für Menschen entzieht sich die Digitalisierung der Welt: "Information ist <...> genau wie *das Digital* eine abstrahierende Beschreibung für ein Medium, als dessen *Form* Klänge erscheinen können. Deshalb existiert keine *digitale Musik*, kein *digitaler Klang* an sich. Was wir nach der Digital-Analog-Wandlung wahrnehmen, sind Klänge, die digital vorliegend Daten *darstellen*" = Michael Harenberg, Virtuelle Instrumente zwischen Simulatin und (De)Konstruktion, in: Soundcultures. Über elektronische und digitale Musik, hg. v. Marcus S. Kleiner / Achim Szepanski, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2003, 69-93 (78)

- Problem von computerbasierten Simulationen realer physikalischer Vorgänge vertraut, die ihrerseits eine von der Kultur der Digitalisierung genuin hervorgebrachte epistemologische Verfahrensweise darstellen: "In simulations, errors can arise <...> as a result of transforming continuous equations into discrete ones and of transforming a mathematical structure into a computational one. All discretization techniques present the possibility of roundoff errors or instabilities creating undetected artifacts in simulation results" = Eric Winsberg, Simulated Experiments: Methodology for a Virtual World, in: Philosophy of Science, 70 (2003), 105-125 (120)

## Das "digitale" Bild

- Digitalisierung von Bildern bezeichnet gemeinhin die Einlesung von Bildvorlagen durch rechnende Medien; bereits das klassische

---

<sup>81</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Digitale\\_Signalverarbeitung](http://de.wikipedia.org/wiki/Digitale_Signalverarbeitung);  
Bearbeitungsstand: 7. November 2009

photographische Filmbild operiert im (*avant la lettre*) digitalen Modus: Es fixiert einen Raum als eine momentane Zuständlichkeit in der Zeit, eine Form von zeitdiskretem *sampling*. Löst sich dieses photochemische Bild indes auf CCD-Chips in diskret adressierbare Pixel aus photoelektrischen Ladungen auf, vermag es selbst durch und durch dynamisiert, also verzeitlicht zu werden; es ist also nicht mehr schlicht ikonische *stasis* in der Zeit, sondern selbst ein Modus von Zeit, resultierend in der bewegungsrechnenden Option des quasi-kontinuierlichen *morphing* als einer bildrhetorischen Figur von Zeitbildern.

Die optische Wahrnehmung im Menschen selbst operiert im diskreten Modus: Nicht nur, daß das auf die Retina (Netzhaut) projizierte (Umkehr-)Bild einer Außenwelt von Zäpfchen und Stäbchen mosaikgleich aufgelöst wird, sondern die Weiterleitung durch den Sehnern ans Hirn erfolgt nicht kontinuierlich, sondern in elektrischen Impulsen; Heinz von Foerster, *Sicht und Einsicht*, xxx

## **Sampling als Medienarchäologie**

- Bill Viola, der das elektronische Bild einmal als den "Klang der Einzeilen-Abtastung" definierte und damit (unwillkürlich?) die phonographische Bildaufzeichnungsmethode John Logie Bairds, nämlich seine sogenannten *Phonovision*-Platten, beschreibt (wie es in Form der analogen Bildplattenspieler von TELDEC / Telefunken in den frühen 1970er Jahren noch einmal eine Renaissance erlebte) = Bill Viola, Der Klang der Einzeilen-Abtastung, in: *Theaterschrift 4: The Inner Side of Silence*, Brüssel (September 1993), 16-54; urspr. publiziert in: Dan Lander / Micah Lexier (Hg.), *Sound by Artists*, Art Metropole & Walter Phillips Gallery, Canada, 1990

- Douglas Pitt (Narrow Bandwidth Television Association) sandte dem um eine digitale Restauration solcher Phonovision-Bilder bemühten Donald McLean, der dort ein verbliebenes Exemplar solcher Bildplatten vermutete, auf Anfrage zunächst ein Audiotape mit dem, was angeblich Aufzeichnungen des 30-zeiligen Fernsehens aus der Zeit Bairds waren: "He was enthusiastic about what the computer processing might achieve. The tape contained three recordings, one of which was supposedly of a woman smoking a cigarette. Despite my rudimentary processing, the woman was difficult to make out, though there was a white line apparently hanging down from her mouth. Could this be the cigarette?" = McLean 2000: 60

- kommt die medienepistemische Differenz zwischen analoger und digitaler Elektronik ins Spiel. "Video is fickle about being recorded on tape - especially when, like these 30-line recordings, it was recorded directly without processing. It could well have been that the copying process had distorted the video signal" <ebd.>, so daß sich McLean auf die Spur von Originalbildplatten, um sie direkt abtasten zu können. Warum Abtastung? "to transcribe them in a controlled fashion" <ebd.>. Hier kommt digitale Intelligenz ins Spiel; die medienarchäologische Methodik heißt in diesem

Zusammenhang Transformation der elektromechanischen Signale in Information. Dann werden sie mit mathematischer Intelligenz (also algorithmisch) berechenbar und lassen sich durch Digital-Analog-Konversion wieder als Bild sichten. Was der "Ton"Abnehmer (*pick-up*) aus den Rillen der Platte in elektromagnetische Signale verwandelt, wird erst durch Abstastung im nachrichtentechnischen Sinne berechenbar, sprich: durch Sampling (was zugleich die Eskalation gegenüber Violas harmloser Begriffsverwendung der Einzeilenabtastung" markiert). Was hier aufblitzt, ist der Kern dessen, was sich hinter dem Begriff "Digitalisieren" verbirgt und im weiteren Sinne dann auch Optionen der Korrektur defekter historischer Film- oder eben auch Videoaufnahmen *off-line* erlaubt: "Sampling the smoothly varying signal is just that - capturing the value of the voltage at regular intervals. The frequency at which we sample the signal has to be sufficiently high to collect enough samples to build up a picture. Too few samples and we miss information; too many and we waste memory storage" = McLean 2000: 108

- Nyquist-Frequenz berücksichtigen: "The frequency for sampling a signal should be a minimum of at least twice the maximum frequency within that signal" <ebd.>, um eine *signaltreue* Rekonstruktion des Signalereignisses zu ermöglichen

McLean beschreibt unter dem Adjektiv "stable" das Sampling im Modus "sample-and-hold", also der ultrakurzen Zwischenspeicherung momentan abgetasteter Werte - das zeitkritische Mikrointervall: "Taking samples of the voltage at regular intervals gives us a sequence of stable voltage values that we feed to the converter hardware. Each stable voltage value is converted into a number, represented in binary notation to reflect the hardware implementation. The scale of these numbers is adjusted so that the extreme numeric range represents the extreme range of brightness values. For an 8-bit wide binary number, those extremes are 0 to 255, equivalent in binary notation to 00000000 and 11111111 respectively" = McLean 2000: 108 - die digitale Bandbreite von Grauwerten.

- Fehlerquellen im Falle von Bairds Phonovision-Plattenaufzeichnung liegen vor allem in der Phase und der Frequenz. Analysierbar werden sie mit Hilfe der Fourieranalyse - eine mathematische Technik, die eine komplexe Wellenform (sofern sie periodisch ist) in ihre einzelnen sinusidalen Wellenkomponenten aufzulösen. "Any complex waveform is made up from component sine waves (the harmonics) all with different features. Those features are amplitude, or the relative sizes of the sine waves, frequency, or how rapidly each of the sine waves change, and phase, or where each of the sine waves start in their cycle at the beginning of the waveform" = McLean 2000: 119

Aus der Analyse in Synthese verwandelt (das Geheimnis des Massenmedienwerdens aller vormaligen Meßmedien wie Phonograph, Kinematograph und bildröhrenbasiertem, mithin oszilloskopischen Fernsehen), nistet hier auch die elektrophysikalische Realität des binären Codes: "We can create a simple square wave by adding the component parts - the odd harmonics - together in appropriate fractions. <...> The perfect square wave includes an infinite sequence of harmonics. In reality, any electrical system, whether it is an

amplifier or even just a length of cable, has upper and lower limits on its frequency response" = McLean 2000: 119

In McLeans Legende zu einem Amplituden-Zeit-Diagramm solcher Signale fassen wir einen Wesenszug des sogenannten Digitalen: "A simulated square wave built from the first four harmonics" = ebd.

McLean beschreibt die wundersame Metamorphose von Signalen zu Information: "The stream of numbers is created into a list of values that are stored in the computer as a data file holding the raw, unprocessed data. The signal is now digital and is the starting point for digital signal and image processing" <ebd.>. "Line by line, the correction values plot out the profile of errors in the signal's timing" = McLean 2000: 93

- Medienarchäologie nicht mehr nur eine Methode menschlicher Medienwissenschaft, sondern (analoge) Medien werden (digitale) Medien erkannt, und der Computer mithin wird selbst zum Archäologen von Medienereignissen: "If it were not for computer technology, Baird's *grammophone videodiscs* would continue to be curiosities that merely hinted of a time before television as we know it. Their latent images would remain unseen and the information imbedded in them would still be completely unknown" = McLean 2000

## **Mathematisierung der Kommunikation**

- Digitalisierung nicht nur Diskretisierung, sondern auch Verzifferung von kontinuierlichen, aber auch von un stetigen Signalen. Diese Verzifferung ist alphanumerischer Natur und arbeitet mit einem endlichen Zeichenvorrat, einem Alphabet. Wie die Typographie operiert der digitale Code auch mit dem an sich Zwischenraum (dem *spatium*), doch bedeutet er nicht schlicht die Rückkehr der schriftlinear orientierten *Gutenberg-Galaxis* (McLuhan 1962) in neuem Gewand, sondern ihre zeitkritisch und mathematisch zugespitzte, technologisch implementierte, auch Bild- und Speichermatrizen umfassende Variante: der alphanumerische Code (Flusser 1999).

- Signal wird im Modus des Digitalen nicht mehr im unmittelbaren Sinne als kontinuierliches physikalisches Ereignis verhandelt, sondern als Information. Claude Shannon hat diesen Paradigmenwechsel im Kommunikationsbegriff als Kombination von Elektrotechnik und Mathematik eingeleitet. Plastisch wird dies in dem Moment, wo an die Stelle von Verstärkern in Kommunikationsleitungen (für die, im Falle des Telefons, Robert von Lieben die Elektronenröhre entwickelte), die bislang immer auch die Störungen mitverstärkten, der *regenerative repeater* tritt, der das binär kodierte Signal deshalb weitgehend fehlerfrei zu verstärken vermag, weil Zwischen- und Randwerte hier fortfallen. An die Stelle der physikalischen Übertragungszeit tritt hier die logische Zeit.

Enggeführt auf die Epoche, in der der Begriff "Digitalisierung" diskursmächtig wurde, meint er mithin Mathematisierung (die Verrechnung von Signalen als Information). Es ist dies eine numerische Mathematik im

binären Modus (der Computer in der von-Neumann-Architektur), im Unterschied zum Analogrechner, der nicht mit wohlunterscheidbaren diskreten Werten, sondern mit Stromspannungen selbst "rechnet".

Erst in seiner mathematisierten Form ist Digitalisierung eine epistemologisch neue Qualität; Grundlegung solchermaßen digitalisierter Kommunikationspraktiken in der Nachrichtentechnik des 20. Jahrhunderts (und jenseits) geschah durch Claude Shannons *Mathematical Theory of Communication* (1948/49). Obgleich damit nicht das technische Verfahren der Abtastung beschrieben ist, markiert schon der Titel den wesentlichen Zug der Digitalisierung: die damit einhergehende Mathematisierung ("Informatisierung") und Zeitdiskretisierung. Diskretisierung erlaubt die Kodierung der Kommunikation.

Informatisierung, frei nach Norbert Wieners klassischer Definition in seiner *Kybernetik* von 1949, bedeutet eine Abstraktion von Materie und Energie, den beiden bislang dominierenden technologischen Parametern. Bei der Digitalisierung werden physikalische Daten in eine Abfolge von Zahlen konvertiert "und erst zum Zwecke der sensorischen Aufnahme des Menschen auf dem Personal Computer oder anderen Umwandlungs- oder Darstellungsgeräten wieder in analoge Form umgewandelt" = Thomas Meschede, *Der Schutz digitaler Musik- und Filmwerke vor privater Vervielfältigung nach den zwei Gesetzen zur Regelung des Urheberrechts in der Informationsgesellschaft*, Frankfurt/Main et al. (Peter Lang) 2007, 18

- findet eine Abstraktion statt. Ein Flipflop (erst aus Röhren, dann Transistoren gebaut) stellt jeweils eine kleinste Informationseinheit (ein *binary information unit*) dar (physikalisch übersetzt: An/Aus). Analogcomputer dagegen berechnen Weltvorgänge mit Hilfe welthafter Modelle. Sie stellen keine symbolverarbeitende Maschinen dar, sondern rechnen in der elektronischen Version mit Stromspannungen (alternativ in mechanischen oder hydraulischen Varianten) - und zwar in allen Operationen parallel. Kondensatoren inkorporieren hier jeweils eine stetige Variabel, anders als die diskreten Transistoren in Digitalcomputern; <http://www.cds.caltech.edu/~hsauro/Analog Computer>

## **Mit Diskontinuitäten rechnen**

Digitalisierung vollzieht auf der mikrotechnischen Ebene, was Michel Foucaults *Archäologie des Wissens* einleitend für die makrotemporale Zeitwahrnehmung gefordert hat: eine Kehre der Privilegierung der Kontinuitäten (der historische und historiographische Diskurs) hin zu einer Analyse von Diskontinuitäten. War in der analogen (Elektro-)Technik das Signal in einer schieren Physikalität noch der zentrale welthafte Bezugspunkt, geht mit der Digitalisierung eine Immaterialisierung respektive Virtualisierung einher, die - der etymologischen Genese des Digitalen (mit "Fingern" rechnend) aus der Zählhand des Mittelalters zum Trotz - einen Verlust des Haptisch faßbaren bedeutet.

- Medienarchäologie der Digitalisierung nicht mehr schlicht mit Materialien, sondern ebenso mit mathematischen Artefakten befaßt, zwischen *Hard(ware)* und *Soft(ware) Science*

- in Medientheorie Marshall McLuhans betonte "Taktilität" kehrte unter der Hand in einer anderen Form wieder ein, wenn die Eingabetastatur am Computer das zentrale Steuerungsinterface für Datenprozessierung wurde

### **Medienkulturelle Konsequenzen der Digitalisierung: eine ahistorische Form der Tradition**

Epistemologisch gefaßt, heißt Digitalisierung: Zur Zahl wird hier die Zeit. Daraus ergeben sich medienkulturelle Anschlußfragen. Die vertraute "historische" (also entropieanfälligen) Zeit, der Fluch aller Langzeitüberlieferung, wird hier zugunsten einer technisch-"vulgären" (Martin Heidegger) Zeit der Invarianzen aufgehoben. Das hat Konsequenzen für den Begriff der Tradition: War diese zumeist verlustbehaftet, d. h. gekennzeichnet durch Transformationen der schriftlichen Urkunde oder des materialen Monuments, ist im digitalen Raum die Kopie weitgehend ununterscheidbar vom Original und verliert damit ihren sinnlich unmittelbar faßbaren historischen Index (im Sinne klassischer Quellenkunde). Vielmehr tritt mathematische Intelligenz an die Stelle der Überlieferungsverluste, also eine flache Korrektur: Datensätze werden von vornherein redundant abgespeichert, um Datenverlusten vorzubeugen, und/oder durch Fehlerkorrekturalgorithmen (wie in der CD-Praxis) kompensiert. Daraus resultiert (mit aller ontologischen Konsequenz): Originale werden an ihren korrupten Stellen nicht restauriert, sondern (teil- oder stellenweise) regeneriert, mithin: gleichursprünglich neu hervorgebracht, eher rekursiv denn traditionell. "Das bedeutet, dass man beim Kopieren von digitalen Datenträgern im Normalfall nicht nur eine dem Original gleichwertige Kopie erhält, sondern die Fehlerkorrektur-Daten neu erstellt werden und damit die digitale Kopie von digitalen Inhalten sogar besser ist als das digitale Original."<sup>82</sup> An die Stelle eines Mangels (Überlieferungsverlust) tritt ein Überschuß - ein neuer Begriff von Tradition.

Gerade weil die mathematische Theorie der Information auf ein Konzept von Nachrichtenverarbeitung setzt, das sich ausdrücklich von Begriffen wie Energie und Materie löst, findet auch eine Verflachung ihrer Welthaftigkeit statt. Ein Digitalisat ist zwar ein Abbild (im Sinne von topologischer Zuordnung, *mapping*) seiner welthaftigen Vorlage, bleibt aber deren Abstraktion. Digitalisierung vermag die potentielle Informationsbreite, die in der Materialität oder in der energetischen Eigenheit des Dings liegt, nicht zu fassen: "Beispielsweis ermöglicht eine hochauflösende Fotografie zwar das Lesen des Texts einer Pergamenthandschrift, kann aber z. B. nicht für physikalische oder

---

<sup>82</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Digitalisierung>; Stand: 6. Oktober 2009

chemische Verfahren zur Altersbestimmung der Handschrift verwendet werden" = Wikipedia, Eintrag "Digitalisierung"

## **Das digitalisierte Bild: ein Unbild? Zur Referentialität des Digitalen**

- Resultiert aus der medienkulturellen Praxis des Digitalisierens ein Verlust an Authentizität? Das digitale Bild, aus medienarchäologischer (statt phänomenologischer und kunstwissenschaftlicher Sicht), stellt gar kein Bild mehr dar, sondern schlicht eine Visualisierung von etwas, das zuvor durch Digitalisierung in eine zweidimensionale mathematische Matrix verwandelt wurde (und als "core dump" tatsächlich ein "Speicherbild" darstellt).

(In diesem Verständnis ist auch der Klang von einer Compact Disc genau betrachtet eine Sonifikation: die akustische Ausgabe eines computativen Algorithmus).

"The results of digital recordings and transmissions resemble the model or reproduce it in analogue form. But this is a case of what we have called 'indexical similarity', not of iconicity, if *iconicity* is reserved for cases of similarity established by a subject's simulating activities. The mirror, says Pirenne (1970:11), 'does not represent reality, it presents to us reality.' This is exactly what digital records do as well."<sup>83</sup> Ist diese Beziehung eine quasi-indexikalische? Das, was für Menschen wahrnehmbar als lichtiges Bild auf einem Computerbildschirm erscheint, "ist aufs Innigste <...> mit den Inhalten des Bildspeichers verknüpft. Was im Bildspeicher steht, wird vom Display Prozessor gelesen und in Signale verwandelt, die die Beschichtungen des Monitors anregen bzw. <...> die LCD Elemente. Zwischen sichtbarem Bild und unsichtbarem Speicherinhalt besteht eine eindeutige Beziehung <...> in beide Richtungen" = Frieder Nake, Zeigen, Zeichnen und Zeichen. Der verschwundene Lichtgriffel, in: Hans Dieter Hellge (Hg.), Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computerbedienung, Bielefeld (transcript) 2008, 121-154 (149). Erstmals ko-existiert das Bild als phänomenologisches Wesen und als mathematische Funktion, mithin also in zwei Körpern.

- alternatives Verfahren, die vektorbasierte Errechnung von Gestalten (Kurven, Kanten, Linien) durch mathematische Algorithmen, stellt immer schon eine geometrische Idealisierung dar und ist insofern technoplatonisch

- Symbolisation (in Form von *bits*) bedeutet eine Abstraktion und Informatisierung des Vorbilds; dennoch ist das Verhältnis der *bits* zum

---

<sup>83</sup> August Fenk, A view on the iconic turn from a semiotic perspective, in: Herbert Hrachovec / Alois Pichler (Hg.), Philosophy of the Information Society, Frankfurt/M. et al. (ontos) 2008, 27-42 (38), hier unter Bezug auf: Maurice H. Pirenne, Optics, Painting and Photography, Cambridge (UP) 1970

Vorbild nicht ein arbiträres. Wenn die digitale Matrix durch Sampling, also zeit- und wertdiskrete Quantisierung eines Vorbilds gewonnen wurde, ist es quasi-indexikalisch von der Form des Vorbilds (und jedes zugrundeliegenden physikalischen zeiträumlichen Ereignisses, also Signals) gestaltet und präfiguriert; für den Fall der digitalen Erfassung von Tanz etwa ist es die Bewegung. Allerdings ist danach nicht mehr identifizierbar, ob und wann einzelne Pixel manipuliert wurden; das Digitalisat gerät damit an die Grenze der Funktion einer archivischen Urkunde.

## Codec

- **Codec** (engl. *coder* und *decoder*) = Verfahren bzw. Programm, das Daten oder Signale digital kodiert und dekodiert; direktes Umwandeln von einem Format in ein anderes (bspw. MPEG-2 zu MPEG-4 oder MP3 zu WMA) = Transkodierung

- werden zumeist beim Kodiervorgang die analogen Signale nicht verlustfrei digitalisiert, sondern Dynamikreduktion des analogen Signals sowie eine Datenkompression des digitalen Signals; je nach Ausmaß und Verfahren zu Qualitätsverlusten bei der Rückwandlung des digitalen Datenstroms in die analogen Signale (Bild- und Tonqualität; auch Kontinuität der Wiedergabe: Einbruch des Zeitreals. Kehrwert von Übertragung / Speicherung: "Damit wird eine Verringerung der für die Übertragung des digitalen Signals notwendigen Bandbreite erreicht, bzw. eine Verringerung der für die Speicherung notwendigen Speicherkapazität" = <http://de.wikipedia.org/wiki/Codec>; Abruf 4. Januar 2010

- Robert Dennhardt, Die Flipflop-Legende und das Digitale. Eine Vorgeschichte des Digitalcomputers vom Unterbrecherkontakt zur Röhrenelektronik 1837 - 1945, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2008

- demgegenüber "Instantanität" (Florian Sprenger) der elektromagnetischen Funkmedien; gelingt die zeitliche Untertunnelung der Raum-Distanz; 19. Jahrhundert elektrotechnische Eskalation gegenüber Heines Bemerkung zum verkehrstechnischen Auseinanderklaffen von Raum und Zeit, wie es ein Rückblick des frühen 20. Jahrhunderts ausgerechnet aus der Sicht der Firma Telefunken diagnostiziert: "Das moderne Zeitalter der Naturwissenschaft und Technik zeigt ein doppeltes Streben: Erkenntnis und Dienstbarmachung der Naturkräfte und Überwindung von Raum und Zeit. <...> Durch die Entwicklung der Mechanik und all der Maschinen, die deren Gesetzen gehorchen, insbesondere durch die Ausbildung der modernen Verkehrsmittel, sind für uns Raum und Zeit in der Vorstellung bereits sehr zusammengeschrumpft. Aber nicht überwunden. Und das wird auch mit ihrer Hilfe niemals gelingen. Denn die Gesetze, von denen die mechanischen Kräfte beherrscht werden, schließen in sich die Unmöglichkeit ein, in einer für unsere Begriffe verschwindend kleinen Zeit nach jedem beliebigen Ort der Erde zu gelangen. Aber dank der geheimnisvollen, für uns körperlichen Wesen transzendentalen Kräfte der Elektrizität und des Magnetismus sind

wir auf dem besten Wege, zu einer "irdischen Allgegenwart" zu gelangen, natürlich nur zu einer sinnlichen. Es war in der Tat ein ereignisvoller Abend an jenem dritten August ds. Js., an dem das erste offizielle Telephon-Gespräch von Berlin nach dem 12000 km entfernten Buenos Aires geführt wurde - die Verwirklichung der "Ubiquität" (Paul Valéry) und der "Noosphäre" (Teilhard de Chardin)