

[Wolfgang Ernst: NOTIZEN ZUR MEDIENARCHÄOLOGIE]

NOTIZBUCH "DIGITAL / DIGITALISIERUNG"

[staccatohaft formulierte Thesen, Exzerpte, Module (nicht redigiert, nach Themenblöcken geordnet)]

Detailliertes Inhaltsverzeichnis (kapitelweise):

MEDIENEPISTEMISCHE OSZILLATIONEN: ANALOG, DIGITAL

- Sinn und Unsinn von Dichotomien: analog / digital; kontinuierlich / diskret
- Zwischen analogen und binären Bauteilen
- Was heißt eigentlich "analog"?
- Ein medientechnisches Prinzip des "Analogen": die Ersatzschaltung
- Zelluläre Automaten
- Radioempfang analog / digital
- Buchstäblich "digital"
- Zwischen digitalen Momenten: Zeitlosigkeit?
- Sich dem Kontinuierlichen diskontinuierlich nähern
- Grenzwertig: Fourier
- Zahl und Fluß (Reelle Zahlen)
- Kontinuierlich / diskontinuierlich
- Analogiebildungen
- "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 Analogem im Digitalen
- Medien des Digitalen: Relais, Röhren und FlipFlop
- Implizite Mathematik
- Das Hirn: analog sowie digital
- "digital" divers
- Den A/D-Umbruch aktiv denken
- In Turingmaschinenzuständen leben, in Übergangswahrscheinlichkeiten (Markov-Ketten) denken
- *Zwischen* zwei Zuständen: "0 / 1"
- Das griechische Vokalalphabet als Bedingung des Digitalen
- Ein Kriterium der Differenz von analog und digital: die Zeit
- *Re-entry* des Analogem im Ästhetischen
- Anästhetik des Digitalen
- Archive

- Digital versus narrativ? Analoges Erzählen, digitales Zählen
- Loops
- Begriffsbestimmungen
- Begriffsverwirrungen
- Die linguistische Variante von "Digitalität"
- Für wohldefinierte Begriffe in der Medientheorie
- Ungleichzeitigkeiten
- Binarisierung *avant (?) la lettre*: antike Prosodie
- 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
- Digitale Medienarchäologie der Videosignale Bairds
- Mathematisierung der Kommunikation
- Mit Diskontinuitäten rechnen
- Der Codec
- Schaltung zwischen analog und digital
- Halb-digitale Momente des Analogrechners

SAMPLING UND "DIGITALISIERUNG" KONKRET

- Der Kern der Digitalisierung: A/D-Wandlung
- Die begrenzte Reichweite einer etymologischen Ableitung des Begriffs der "Digitalisierung"
- Analog-digital-Wandlungen (mechanisch)
- A/D-Wandlungen
- Sampling / zeitdiskrete Proben nehmen
- "Analoges" Sampling
- Digitalisierung der Kommunikation: PCM
- Medienkulturelle Konsequenzen der Digitalisierung: eine ahistorische Form der Tradition
- Das digitalisierte Bild: ein Unbild? Zur Referentialität des Digitalen
- Das "digitalisierte" Bild
- Sampling als Medienarchäologie: *Restoring Baird's Image*
- Das Registrierbare und das Registrierte
- Zeit-Reste
- Kompressionsverfahren visuell
- Nyquist-Shannon-Interpolation Formel
- Datenverluste in A/D-Umwandlung
- Archivischer Rest, technisches Rauschen
- 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
- Sampling

- Sampling und Quantisieren
- Das Sampling-Theorem

PANDEMIEBEDINGTE "DIGITALISIERUNG"

- COVID-19 und die Medientheorie
- Genetische Intelligenz und der Techno/ógos der Pandemie
- Rückkehr in die realpräsenste "Normalität"

=====

MEDIENEPISTEMISCHE OSZILLATIONEN: ANALOG, DIGITAL

Sinn und Unsinn von Dichotomien: analog / digital; kontinuierlich / diskret

- das "Kontinuierliche:" eine metaphysische Unterstellung? analoge Medien indexikalisch Medien, digitale symbolisch (Goodmans Symboltheorie)
- ausdrückliche Unterscheidung analog / digital taucht in Macy-Konferenzen zur Kybernetik auf, um Rechnertypen zu unterscheiden; als medientechnischer Terminus diese Unterscheidung epistemologisch wirksam geworden und zieht die Reflexion von Kontinuierlichem und Diskretem nach sich - "Begriffe, die nicht wie a/d Signale referenzieren, sondern Modelle der Natur selbst. Damit ist die Frage nach dem Verhältnis der Medien zur Physik aufgeworfen" = Ankündigung Bernhard Siegert, Vorlesung "Analog/Digital. Zur Genealogie einer medientheoretischen Basisdichotomie", Fakultät Medien, Bauhaus-Universität Weimar, Wintersemester 2001/2002; steht damit die Mächtigkeit der Differentialrechnung auf dem Spiel, welche die Welt als Schauplatz stetiger Funktionsabläufe begreift; Plancks Einsicht in Quantensprünge von Energie; dazu gehören die Elektronen als das physikalische Elementarteilchen von Elektronik; unterstellt Modell des *computational universe* der Natur selbst eine diskrete, geradezu rechnende (Konrad Zuse) Natur
- läßt sich nach dem Sampling-Theorem "aus den endlich vielen diskreten Zeitsignalen [...] wieder vollständig und völlig fehlerfrei das originale kontinuierliche Signal herstellen. [...] Doch warum gelingt dann nicht dasselbe [...] bei Amplituden- oder Energiewerten?" = Horst Völz, Ist Kybernetik nur noch Nostalgie?, in: Klaus Fuchs-Kittowski / Siegfried Pietrowski (Hg.), Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften. Georg Klaus zum 90. Geburtstag, Berlin (trafo) 2004, 73-81 (79)
- Michael Nolls, *Digital Computer as a Creative Medium* (1967); hier erstmals das "Digitale" in Verbindung mit "Medien"begriff

- Luhmann: Übertragungsmedium "viskos"; Speichermedien "körnig";
Fritz Heider: feste / lose Kopplung

- analoge Medien (und deren phantasmatischen Geister-Effekte)
indexikalisch, digitale Medien hingegen operieren symbolisch

- Schmitt-Triggerschaltung "ein Bindeglied zwischen analoger und digitaler Elektronik. Eine beliebige Eingangsspannung wird eindeutig in die Zustände An und Aus umgesetzt. Ein Beispiel [...] ist ein Dämmerungsschalter. Wenn es dunkel wird, soll eine Lampe eingeschaltet werden. Wichtig ist, dass es im Übergangsbereich nicht zum Flackern der Lampe kommt" = Burkhard Kainka, Lernpaket Elektronik-Experimente (Handbuch), Poing (Franzisi) 2004, 53 - eben jener Moment, den Spencer-Brown als zeitlichen Moment und Gotthard Günther in dreiwertiger Logik anschreibt. "Die Schaltung darf also erst bei einer größeren Helligkeit wieder einschalten. Zwischen beiden Schaltpunkten muss es einen gewissen Abstand (Hysterese) geben" = Kainka ebd., damit es nicht zu einer *time of non-reality* (Norbert Wiener) kommt

- Bau eines Oszillators / Tongenerator "mit nur drei Bauteilen, der theoretisch überhaupt nicht funktionieren dürfte, wirft ein Schlaglicht auf den Unterschied zwischen Theorie und Praxis. Mit einem realen Oszilloskop [...] erkennt man, dass es sich um eine Kippschwingung handelt. Der Piezo-Kondensator wird also immer schlagartig entladen und lädt sich dann langsamer wieder auf" = Burkhard Kainka, Lernpaket Elektronik-Experimente (Handbuch), Poing (Franzisi) 2004, 90; Modell auf der CD *Electronic Workbench* zeigt eine Schwingung. "Die Unterschiede zwischen Praxis und Simulation basieren auf einem nicht ganz realitätsnahem Modell des Transistors in EWB. Die Basis-Emitterstrecke eines realen Kleinsignaltransistors verhält sich in Sperrichtung ähnlich wie eine Zenerdiode [...] funktioniert ein Transistor wegen seines symmetrischen Aufbaus auch mit vertauschtem Emitter und Kollektor [...]. Diese beiden Besonderheiten erklären, dass es zu einem Emitterstrom kommt, noch nicht aber die Kippschwankungen. [...] es funktioniert, aber keiner weiß warum"; zeigt der Versuch "anschaulich, dass man der Simulation und aller Theorie allein nicht trauen darf, in der Praxis können immer wieder unerwartete Effekte auftreten" = ebd. - Veto des Realen, Kontingenz der tatsächlichen Physik, Widerstand der analogen Welt; quantenmechanische Annahme diskreter Sprunggrößen im atomaren Bereich, die sich nur probabilistisch fassen lassen (Nils Bohr); Pattee 1974

- medienempistemologischer Unterschied zwischen "analog" und "digital" komplex: "Der Film etwa zerteilt den Zeitfluß in diskontinuierliche Momentaufnahmen, die Fotografie hat ihre Bildpunkte" - vielmehr stochastisch - "in der Körnung des Negativs, das Tonband seine magnetischen Partikel. Nicht die Quantelung selbst, sondern ihre Zählbar-

und Adressierbarkeit markieren den grundlegenden Unterschied" = Rolf Großmann, Zur Hybris von Mensch und Maschine in den Neuen Medien, in: Christian W. Thomsen (Hg.), Hybridkultur, Siegen 1994 (Arbeitshefte Bildschirmmedien Nr. 46), 88

- analog / digital, akustisch: Abraham Moles demonstriert es an einer psychotechnischen Beschreibung des Ohrs: Kanalkapazität desselben verantwortlich dafür, ab wann die jeweils in Quanten zerlegte Information als Kontinuum wahrgenommen wird; verweist Großmann in einer Fußnote auf die Dichotomie von analog und digital, als kontinuierlich / diskontinuierlich als metaphysikverdächtig: "Es wird oft übersehen, daß 'analog' und 'digital' kein dichotomisches Begriffspaar bilden, da auch das Analoge zählbar sein kann" = Großmann ebd., Anm. 5

- aristotelische Zeitdefinition: Bewegung messen heißt, sie zählen

- schreibt Max Bense in seinen *Konturen einer Geistesgeschichte der Mathematik*, "daß es innerhalb der Physik durch das Eindringen der Forschung in atomare Vorgänge im Zusammenhang mit der Quantentheorie bzw. der Quantenmechanik (Unbestimmtheitsrelation) zu einer mächtigen Infragestellung dieses auf Stetigkeit, Folge und Differentialgleichung begründeten Barock gekommen ist" = 126; zitiert hier nach: Rieger 2003, 510

- stehen techno-logische Medien der Physik (die ihrerseits ein Modell der Natur ist, neuzeitlich) ebenso nahe wie der Kultur; mathematische Unterscheidung kontinuierlich / diskret als Unterscheidung zwischen Geometrie und Arithmetik; semiotisch "natürliche" *versus* "arbiträre" Zeichen (Index *versus* Symbol)

Zwischen analogen und binären Bauteilen

- Ästhetik digitaler Epistemologie; einen Kreis nicht länger *idealiter* (im Sinne Platons), sondern von seiner tatsächlich stattfindenden binären Representation auf dem Matrixbildschirm her zu denken, als algorithmische Funktion diskreter Geometrie - also treppenförmig; kontinuierliche Linien ziehenden Vektorgraphik ließ sich auf Kathodenstrahlmonitoren noch stetig darstellen, weil das Darstellungsmedium selbst analog; im Wettstreit mit hochaufgelösten Pixeln (Oversampling) gerät diese Option zum medienarchäologischen Anachronismus; resultiert die epistemologische Erkenntnis: "Im Allgemeinen ist der Analog-Computer nur für eine bestimmte Funktion ausgelegt, da der gegenseitige Zusammenhang der Recheneinheiten nicht oder nur sehr schwer zu ändern ist; das Programm eines Digital-Computers dagegen ist einfach zu verändern, woraus sich eine universale Einsatzmöglichkeit ergibt" = Martinus Bernardus Immerzeel, Mikrocomputer ohne Ballast, München (Franzis) 1984, 12

- Addition in einem Analogcomputer = Abb. 2 in Immerzeel 1984: 11, und als Rechnung im Dual- oder Binärsystem = ebd., 15 ff.; Metaphysik des Kontinuierlichen? "Eine besondere Eigenschaft der Analogtechnik liegt darin, daß seine Größe jeden beliebigen Werte zwischen zwei Grenzwerten annehmen kann. Das ist bei der Digitalrechnung nicht der Fall. Eine veränderliche digitale Größe kann nur schrittweise zu- oder abnehmen" = ebd., 12; bei Analoguhr mit Stunden- und Minutenzeiger Zwischenwerte von Minuten ablesbar - täuscht über diskrete Schritte der Räderuhr hinweg. "Bei einer Digitaluhr ist das nicht möglich, so daß zur genauen Zeitmessung noch eine Sekundenanzeige erforderlich ist. Das bedeutet, daß in der Digital-Technik die Genauigkeit dadurch vergrößert werden kann, daß man die Schritte, mit denen die Größen verändert werden, verkleinert" = ebd., 12

- Sampling-Theorem; doppelte Abtastung der Signal führt zur verlustfreien Reproduzierbarkeit des Ausgangssignals

- formuliert Divani in seinem Unterkapitel eine medienarchäologische Erinnerung seiner computerarchitektonischen Konstruktionserfahrungen mit *Minecraft* als "more reminiscent of analog mechanical calculating machines such as those ones built by Charles Babbage" = S. Divani, "Walking the way of the Signal", in: Stefan Höltgen et al., *A Case of Toy Computing. Implementing Digital Logics with "Minecraft"*, forthcoming in: A. Adamatzky (ed.), *Alternative Computing*, Singapur (World Scientific) 2021, sub-chapter 5.3; war natürlich auch die Difference bzw. Analytical Engine schon "digital", nur eben die Hardware mechanisch - interessant, welche labyrinthische Denkwege der Begriff des "Analogen" inzwischen nimmt

- McCulloch / Pitts, "A logical calculus": Kommunikation zwischen Neuronen im Hirn elektrisch / Neurotransmitter; Mischung "analog" / "digital" (auch chemische Übertragung); fungieren Neuronen wie elektronische Kondensatoren, Ladung / Entladung des (Zwischen-)Speichers gleich Hemmung der Himmlischen Wage in China

Was heißt eigentlich "analog"?

- vordergründig "ent-sprechend"; § 18 "Dem Logos entsprechen", in: David Espinet, *Phänomenologie des Hörens. Eine Untersuchung im Ausgang von Martin Heidegger*, Tübingen (Mohr Siebeck) 2009, 182-186; artikuliert sich diese Ent-Sprechung buchstäblich im hörbaren Bereich, oder im übertragenen Sinne des Sonischen: resonant; 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

- liegt Blickpunkt 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

Ein medientechnisches Prinzip des "Analogen": die Ersatzschaltung

- Simulation ökologischer Prozesse durch - im Sinne der kybernetischen Episteme - gleichursprüngliche elektrotechnische Modellierung (Gebrüder Odum); konkret: *equivalence circuits* oder *electrical analogues*

- werden Ersatzschaltpläne entworfen, "um komplizierte Schaltungen übersichtlicher und durchschaubarer zu machen"; gilt der Primat der Gleichursprünglichkeit (im Sinne des Analogcomputers), "dass durch die gewählten Vereinfachungen die Funktionsweise der Schaltung erhalten bleiben muss" = Schülerlexikon Physik, <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik/artikel/ersatzschaltungen>, Abruf 27. November 2020

- nutzt Martin Gildemeister 1919 Ersatzschaltkreise zur Modellierung der elektrischen Eigenschaften tierischer Membrane; Hodgkin-Huxley-Modell = Shintaro Miyazaki, The Strange Kinship of Algorithmic Filtering with Audio Filtering. A Critical (Media)-Theory of Filters and Extraction, Textbeitrag (deutschsprachig) zum 4. medienwissenschaftlichen Symposium der DFG (Thema "Filter", urspr. geplant für Mai 2020 in Mailand)

- Ersatzschaltbild "die graphische Darstellung einer Ersatzschaltung, die sich elektrisch genauso verhält wie die ursprüngliche elektrische Schaltung" = <https://de.wikipedia.org/wiki/Ersatzschaltbild>, Abruf 27. November 2020 - und ebenso "analog" zu biologischen, ökonomischen, ökologischen, mithin: kybernetischen Systemen. Unter dem medienepistemisch attraktiven Titel "Wirklichkeit und Modell" beschreibt ein Abschnitt des Wikipedia-Eintrags zum "Ersatzschaltbild" durchaus systemtheoretisch: beeinflussen sich verschiedene Elemente einer gesamten Schaltung gegenseitig; ist das Verhalten elektrischer Bauelemente damit abhängig von physikalisch realen Einflussgrößen wie Stromstärke, Frequenz, Temperatur; muss daher durch mehrere

Parameter beschrieben werden - vertraut als die *partielle* Differentialgleichung für Analogrechner (Norbert Wiener); das Veto solcher nichtlinearer Zusammenhänge - mithin der Einbruch des Realen - gegenüber der idealistischen Reduktion auf "die mathematische Behandlung. Dadurch kann eine Schaltung schwer durchschaubar werden. Häufig stellen Ersatzschaltbilder eine Vereinfachung gegenüber der Wirklichkeit dar" - eine taktisch bewusste medienanalytische Reduktion auf die *archai*; auch hier - wie in physikalischem Dualismus zwischen deterministischer und statistischer Theorie - eine Unschärferelation, ein "Kompromiss zwischen leicht handhabbarer und exakter Beschreibung des Systems"; ist es "eine Frage der Anforderung an die Genauigkeit, bis zu welcher Vereinfachung gegangen wird" = Wikipedia-Eintrag "Ersatzschaltbild"

- werden für Ersatzschaltbilder "in der Schaltungstheorie Modelle idealer Bauelemente definiert, die in ihrer Perfektion" - als reiner *lógos* - "nicht existieren, aber die Beschreibung des realen Verhaltens und die mathematische Behandlung erleichtern" - mithin also dinggewordene Hypothesen, resultierend in medientheoretischem ebenso wie -pragmatischem Platonismus: "Die Nachbildung des realen Verhaltens erfordert die Ersatzschaltung aus mehreren idealisierten Elementen" = Wikipedia, Eintrag "Ersatzschaltbild"

Zelluläre Automaten

- zelluläre Automaten: Wiedereinkehr des Analogcomputers als mathematisches Denkmodell im Digitalcomputer; vermag das Numerisch-Digitale kontinuierliche Prozesse nachzubilden; öffnet sich die Kluft zwischen dem Realen in seiner Kontingenz und der symbolischen Ordnung (der ganzzahlig rechnenden Maschine); inmitten des kulturellen Bemühens um symbolisch-technische Ordnung die fortwährende Provokation durch Zufall, Rauschen, Unordnung, stochastische Ereignisse - das potentielle Vetorecht der Realität

Radioempfang analog / digital

- auf der Interface-Ebene, wo das "Digitale" als Erstes schon in die Analogtechnik einbrach: in Radios, 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).

- werden typengleiche Kurzwellen-Radios - 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 Digitalempfängern 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 *alias* Welt

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: Zeitlosigkeit?

- 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); 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 Fotogreihe 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" = 41; wird dergleiche Prozeß aber nicht schrittweise gedacht (und nicht chronophotographisch als Effekt des Meßmediums diskretisiert), sondern als konstante Geschwindigkeit Achills, der eben nicht schrittweise seinen Lauf unterbricht, überholt er -trotz einer unendlichen Anzahl von denkbaren Schritten - die Schildkröte = 24;

diskret (quantisiert, "gesampelt", getaktet) gegen das Analoge

- 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 konstruierbar macht - eine Modellierung, kein Emulieren des Seins solcher Prozesse selbst

- Zeit selbst *sei* nicht mehr = Pointe Siegert 2003, 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; der Vollzug "digitaler" Medien noch notwendigerweise als "zeitlich" zu bezeichnen? oder besser: temporeal

- vermag Mathematik nicht von sich aus Handlung und Veränderung zu *zeitigen*, sofern sie reine 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" (Shintaro Miyazaki) zu werden - auf den Punkt gebracht durch den "run"-Befehl von Software.

Sich dem Kontinuierlichen diskontinuierlich nähern

- Differenz von Analogcomputer und Digitalcomputer; wird einmal mit der Physis selbst gerechnet, das andere mal 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 Energieniveaus - eine Einsicht, gegen die sich Leibniz und Einstein wehrten)

- Begriffe "variabel, stufenlos, stetig, kontinuierlich, analog" 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 insfoern, als das Meßergebnis nur ein ganzzahliges Vielfaches der kleinsten Einheit des zur Messung verwendete 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" = P. Müller, Speicher für nichtbinäre Signale, in: Helmar Frank (Hg.), Kybernetische Maschinen, xxx 1964, 151 ff. (151)

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

- "Jede Kippschaltung braucht eine Rückkopplung zum Erreichen eines stabilen Zustands" = Burkhard Kainka, Lernpaket Elektronik-Experimente (Handbuch), Poing (Franzis) 2004, 53 - etwa über die Emitteranschlüsse des Transistors. "Der Spannungsabfall im gemeinsamen Emitterwiderstand sorgt dafür, dass jeweils eindeutiger Zustand vorliegt" = ebd.

- vermag sich der kalkulierende Mediengeist stetigen Vorgängen auf zwei Wegen zu nähern: einerseits mit der Methode von Analogcomputern, d. h. durch analoge Modellierung der infinitesimalen Mathematik solcher Prozesse, oder radikal diskret, symbolrechnend: die Welt der Fraktale, *computable*

- Schlüssel zur Meisterung des Natürlichen (Stetigen, Kontinuierlichen, Dynamischen) mit Mitteln der diskreten Mathematik seit Leibniz und Newton die Infinitesimalrechnung, speziell: die Differentialrechnung; erzeugt verblüffende Analogien, etwa die zwischen einer freien mechanischen Schwingung und dem Verhalten eines elektrischen Schwingkreises. Lenin exzerpierte Ludwig Boltzmann: "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'" = zitiert nach: R. Thiel, Quantität oder Begriff, Berlin (Dt. Verlag d. Wiss.) 1967, 329; wurde von Thomson (Lord Kelvin) die Ur-Form des Analogrechners zur Gezeitenberechnung entwickelt

- "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 einbeziehen, 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

- faßt Fourier wellenphysikalische Phänomene; 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) und sie zum anderen auch als Synchronisationspulse eingesetzt werden können" = Martin Donner, Medienepistemologische Konsequenzen der Fourier-Analyse (Humboldt-Universität zu Berlin, Seminar für Medienwissenschaft, Hausarbeit 2006); *online xxx*

- Kodierung eine willkürliche (kognitive) Zuordnung von Signalen zu einem Alphabet aus Symbolen; jedes Symbol selbst ein materielles Signal. Gesprochene Sprache durch Spektrographie nicht wirklich als diskrete Verlautbarung lesbar (das Scheitern von "visible speech", schon bei Léon-Scott de Martinvilles Phonautogrammen); Bertil Mambergs, *Structural Linguistics und Human Communication*, 1963: signifikant nicht die tatsächlichen akustischen Laute, sondern die *kognitive* Sprach-Empfindung (Argument von Helmholtz); Morse-Code: Stromimpulse erst aus zeitkritischer Distanz hinreichend differenzier- und standardisierbar; in Zeitdehnung oder unter Vergrößerungslupe betrachtet, verliert sich die Unterstellung der Signale als Information; die "time of non-reality" zwischen binären Zuständen (Wiener) ist eine relative. "Information is a difference that makes a difference" = Gregory Bateson, *Steps to an Ecology of Mind*, University of Chicago Press 1999 [1971], 459, eben

nicht aus sich (auf Papier nebeneinander notiert), sondern erst durch eine diagrammatische Inbezug- / Invollzugsetzung (*computing*).

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

- 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 $\langle \Delta t \rangle$ 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 Continuum 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

- kein Scheitern der diskreten Maschine an den reellen Zahlen; Turing sieht gleich im ersten Satz von 1936 eine (eingeschränkte) Möglichkeit: berechenbare 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 π 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; stellt sich die Frage nach dem Analogen gerade im Digitalen

Kontinuierlich / diskontinuierlich

- Analogtechnik, wenn Signale und Systeme mit kontinuierlichen Werten beschrieben werden können; 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

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" = zitiert nach <http://www.heise.de/newsticker/100-Jahre-Verstaerkerroehre--/meldung/70347>; Zugriff März 2008; 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; proportionaler Analogiebegriff auf einen dynamisch-zeitbezogenen ausdehnen

- Analogie heißt nicht notwendig kontinuierlich; auch *algebraisch* formuliert, etwa $a:b = c:d$

„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)

- wie das diskrete Vokalalphabet die Sprache 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, strittig (ein *Widerstreit* in diesem Sinne) - gegen den mathematischen Logozentrismus, dem der Zeitbezug (also das Dynamisch-Prozessuale) des in-der-Welt-Seins entgeht

- 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 Zeitbildpunktfolgen.

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

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.

- Fechner / Webersches Gesetz in der Psychophysik als arithmetische Beantwortung der Frage, wann das (minimale) Anschwellen eines Reizes sprunghaft zu einer Empfindung führt; Bergson schreibt von " ΔE " und *rechnet* formelhaft (inmitten des alphabetischen Fließtextes) symbolisch damit = Henri Bergson, *Zeit und Freiheit* [*1888], Hamburg (Europ. Verl.-Anst.) 1994, 51

- Kosmos Experimentierkasten *Microcontroller*, Anleitung (Handbuch) Burkhard Kainka, Stuttgart (Franckh-Kosmos), Kapitel 7 "Messwerte am Bildschirm", 29 f.: 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 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 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"; zeigt sich als kontinuierliches Aufwärts oder Abwärts, was doch tatsächlich um winzige An-/Ausschaltungen der Diode handelt - die Wiedereinkehr des Wechselstroms auf digitaler Schalteebene: 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

- Glasfaserübertragung von Licht durch Elektronik kodiert oder dekodiert, um Informationsmenge überhaupt erst zu erzeugen / Verschlüsselung,

etwa durch Laser, der mehrere Millionen Schaltungen an/aus pro Sekunde erlaubt); Endgeräte die Verlangsamer; bei höherer Quantisierungsrate (digitaler Kodierung) Qualitätsverlust (bei Übertragung) von Information geringer als im analogen Verfahren

- Vinyl-Schallplatte *versus* CD-ROM; Digitalisierung hier die Umsetzung von Schwingungen („Musik“) in eine Folge von Zahlen. Das elektrische Signal, vom Mikrophon 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“ = Konrad Heidkamp, Diese digitalen Töne, in: Die Zeit Nr. 34 v. 17. August 1990, 68

- 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

- 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" = Benedict Schöffler, Die Phototelegraphie und das elektrische Fernsehen, Wien / Leipzig (Braumüller) 1898, 3; 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 fotografierten 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?

- verkörpert analoge Photographie eine tatsächliche chemische Licht(reaktions)spur des Abgebildeten; digitale Photographie demgegenüber eine tatsächliche Abstraktion; ist ein digitaler Wert physikalisch indifferent gegenüber "Ton" resp. "Bild"-Zeichen; diese Ausdifferenzierung hängt nur von Wieder-Implementierung in Physik (als Zugang für menschliche Sinne) an; elektromagnetische Speicherung des Bit (also die medienarchäologische Ebene) 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 Photographie 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) mit dem (elektro-)physikalische Realen

- kehrt mit dem digitalen Fernsehen 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.

- Methode, Bilder in einen "Text" zu verwandeln: "Diese Variante der Ekphrasis heißt schlicht und einfach Scanning" = Bilder sortieren. Vorschlag für ein visuell adressierbares Bildarchiv, Vortrag Stefan Heidenreich 13.XI.96 KHM Köln, TS Fassung 13.11.96, Seite 3 - 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 Jacquards 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, notwendig 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 (351)

Implizite Mathematik

- aktive / passive Bauteile an 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 Schweb. entspricht der Differenz aus

den Frequenzen der beiden Schwingungen (z. B. $102\text{ Hz} - 100\text{ Hz} = 2\text{ Hz}$);
Enders 3/1997: 278

- operiert mit Zwischenfrequenzen jeder Superheterodyn-
Radioempfänger: 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.

- gibt Analogrechner am XY-Schreiber bzw. dem Oszilloskop
Funktionskurven aus; lassen sich diese als Nomogramme entziffern.
Diese stellen mathematische Maschinen dar: "Ohne jede Rechnung -
leidglich mit Hilfe eines Lineals - ermöglicht das Nomogramm die
Bestimmung der [...] Werte" = Nomogramm zur Parallelschaltung von
Widerständen und Serienschaltung von Kondensatoren, in: Funk-Technik
Nr. 1/1948, 2, etwa die von Widerständen in Parallelschaltung oder von
Kapazitäten in Serienschaltung; Nomogramm ist als implizites
Kathodenstrahlbild (mit darübergelegtem Muster) lesbar, und damit
Analogrechnen durchführbar

Das Hirn: analog sowie digital

- kommunizieren Nervenzellen über elektrische und chemische
Synapsen; bei elektrischen Synapsen zwei Nervenzellen über enge
Zellkontakte miteinander verbunden; elektrische Erregung "direkt und
ohne weitere Verzögerung von einer Zelle zur anderen"; bei chemischen
Synapsen die elektrische Erregung nicht direkt übertragen, sondern
durch chemische Botenstoffe, Neurotransmitter = Gerhard Roth, Das
Gehirn des Menschen, in: ders. / Wolfgang Prinz (Hg.), Kopf-Arbeit; treten
kurzfristige Aktionspotenziale auf, analog (spannungsgesteuert) und
digital: Übermittlung von Ionen.

- Differenz zwischen Computer und Hirn 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" = Detlef Linke, Das Gehirn, München 2002, 81

"digital" divers

- 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; "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; radiotechnische "Modulation" von Trägerfrequenzen durch Sprache/Musik genuin analog, im Unterschied zur In/formation der Luftwellen durch kodierte Bits? 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

- digitalrechnerische 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 proportionaler Beziehungen zueinander. analog in diesem Sinne sind z. B. fast alle graphischen dArstellung variierender Größen wie Wachstum, Stimmverteilung, Planerfüllung usw., durch Kurven und Diagramme" = 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

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

- Oxymoron der "kontinuierlichen Kodierung" als 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 "kontinuierliche 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

- 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" = Bernhard Siegert, Passage des Digitalen. Zeichenpraktiken der neuzeitlichen Wissenschaften 1500-1900, Berlin (Brinkmann & Bose) 2003, 9; 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)

- Bildtelegraphie eine zeitkritische Frage der Synchronisation von Sender und Empfänger, um Verzerrungen zu minimieren; Lösung in digitaler 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" = Christian Kassung / Albert Kümmel, Synchronisationsprobleme, in: Albert Kümmel / Erhard Schüttpelz (Hg.), Signale der Störung, München (Fink) 2003, 143-165 (164)

- zwei Formen von möglicher Störung im Binären: einmal die symbolische, einmal die (physikalisch) reale ("analoge"); die von Lacan in Anlehnung an Shannon aufgeworfene Frage, was es denn eigentlich bedeutet, wenn das Symbolische im Realen implementiert wird - nämlich lauter "Friktionen"; Kernanliegen der Medienwissenschaft

- Idee eines Kalküls gleich 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: machtematische 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 Bool'sche Logik rechenbar und eskaliert im Computer.

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

- "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)

- wird Signal 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 an den Klängen 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")?

- über das Entstehen eines kontinuierlichen Ganzen aus einzelnen Bildpunkten: "Aus unserem makroskopischen Blickwinkel betrachtet, entwickelt sich nichts digital, sondern alles kontinuierlich" = Negroponte 1995: 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.

- wird die Opposition analog / digital auf der Informationsebene unterlaufen; Information ungleich Materie ungleich Energie (Wiener). "Das besondere Kennzeichen aller Kanäle ist, daß sie durchwegs in das Gebiet der Physik fallen" = Hans Titze, Ist Information ein Prinzip?, Meisenheim/Glan (Hain) 1971, 104; ist alle Information damit den Materialitäten verschrieben, in denen Codes übermittelt (oder verrauscht) werden; demgegenüber 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; muss die Binarität durch Beobachtung erst hergestellt werden, wo nicht mehr nur ein vordefinierter Zustand herrscht, sondern die Überlagerung mehrerer Zustände gleichzeitig - die Heisenbergsche Unschärfe

- auf dem Weg zur diskreten Zeit; löst zugleich den phatischen Referenten Zeit auf, in ein Begriffs-Custer aus Schwingungen, Frequenzen, Oszillatoren

- analoge Messung 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" = 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)

- 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" = Patrick Crogan, *Blade Runners: Speculations on Narrative and Interactivity*, in: South Atlantic Quarterly 101, Heft 3/2002, 657 (640)

- *Posthistoire* im Sinne von: jenseits der Narration trägt einen medienarchäologisch faßbaren Index; wird der *rechnende Raum* (Konrad Zuse) buchstäblich und mechanisch im Computer: ein Zustand, "wo das Erzählen wieder ins Aufzählen übergeht, *story* zu *storage* wird" =

Hartmut Böhme / Peter Matussek / Lothar Müller, Orientierung
Kulturwissenschaft, Reinbek (rororo) 2000, 148

- 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" = National Libraries: Their problems and prospects, Paris 1960 (UNESCO Manuals for Libraries 11), 36, zitiert nach: Röttsch 1962: 3; gehen Bücher nicht in der Information auf, die sie vermitteln, sondern in ihrer originalen Konfiguration aus Papier, Druck und Band haben sie *einen intrinsischen Wert*; hat jedes Exemplare desselben Buches (DB speichert Duplikate) "eine andere äußere Form und vor allem: eine eigene Geschichte" = Knoche, ebd.; 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

- Archiv als Umwandler von kontinuierlichen, analogen Zeitsignalen (Gegenwart, in seiner Metaphorik als "Leben") in diskrete 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 = 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

- als kodierte Signal jede Nachricht bereits Teil des synchronen Archivs der Gegenwart; älteste Darstellung eines Buchladens von 1499 zeigt einen Totentanz mit Setzer, Drucker und Buchhändler = Abdruck in: Reinhard Wittmann, Geschichte des deutschen Buchhandels, München (Beck) 1991, 33; typographische Diskretisierung korrespondiert hier mit der Modularität von Gerippen, der diskontinuierlichen Ästhetik des Archivs im Unterschied zur Unkalkulierbarkeit des Kontinuierlichen namens Leben

- nutzt Informatik 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 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")

- zwischen analog und digital: *Hysterese*; Einsatz analoger Röhren als digitaler Schaltelemente in frühen Computern

- operiert analoge Photographie technisch-physikalisch immer noch referentiell; bringt Malevich mit seiner gegenstandslosen Malerei (dem *Schwarzen Quadrat*) die Referentialität auf den Nullpunkt; wird damit 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" = Gerhard Glüher, Von der Theorie der Fotografie zur Theorie des digitalen Bildes, in: kritische berichte 2/98, 23-31 (25)

- 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, Telephonnummern mit in andere Stadtteile; somit an ihnen bestenfalls eine Herkunft, nicht aber mehr der aktuelle Ort zwingend ablesbar; wird das analoge Netz im digitalen Telefonsystem 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: komputativer Raum, "der den gesamten physikalischen Raum zu einem kybernetischen diskreten bzw. digitalen Universum macht" = 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)

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

Den A/D-Umbruch aktiv denken

- Schnittstelle Amateurfunkmessen (AREB Dresden, HAM-Radio Friedrichshafen) / Vintage Computing Festivals (München, Berlin); ist die "Analog"technik der Funkwelt fortdauernd die Möglichkeitsbedingung von elektronischem *computing* (notwendig, aber nicht hinreichend zur Erklärung der A/D-Differenz); überschneiden sich beide Welten in die Digitalisierung von Funkgerät / der funkischen Übertragung von Code; am 16. Oktober 1986 im Schulfunk der DDR eine Testsendung: Horst Völz über effektives Programmieren in BASIC; anschließend drei Programmen zum Berechnen von Primzahlen gesendet. "Software auf Tonbandkassette sind Geräusche, deren Frequenzen vom Computer als Bits interpretiert werden. Diese 'Rauschlider' kann man auf andere Kassetten überspielen; man kann sie aber auch über das Radio funken" = René Meyer, Computer in der DDR, Erfurt (Landeszentrale für politische Bildung Thüringen) 2019, 118

- gewährt binäre (und damit schaltungslogisch in Form elektromagnetische Relais, elektronischer Kippschaltungen oder hochintegrierter Transistoren techno-logisch implementierbare) Numerik 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 demgegenüber 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? 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 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 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 solchen Schemas in einer Eins-zu-eins-Korrelation mit den Erfüllungsklassen einer ähnlich diskontinuierlichen Menge" = Nelson Goodman, Sprachen der Kunst, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1998, 154 f. - insofern ein Notationssystem (disjunkt). Aufgabe des Analogcomputer ist es, "eine absolute Position in einem Kontinuum zu registrieren" = 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

- "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" = Régis Debray, Vie et mort de l'image. Une histoire du regard en Occident, Paris (Gallimard) 1992, 300; bewahrt 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; steht das *bit* der Nervenreizung in einen non-arbiträren Verhältnis zum Impuls

- diagrammatische Indexikalität digitaler Objekte? "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" = 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; sind für Helmholtz Sinnesempfindungen nicht nur Zeichen von etwas Geschehendem, sondern "das *Gesetz* dieses Geschehens können sie uns abbilden" = Helmholtz 1998: 154

- insistiert im "Analogen" die Welt der Physik, die das Digitale ausfiltert

- "computer and networks; algorithms, codes, the digital [...]. We call it the machinic" = Giaco Schiesser, 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 einer Eins-zu-eins-Korrelation mit den Erfüllungsklassen einer ähnlich diskontinuierlichen Menge" = Nelson Goodman, Sprachen der Kunst, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1998, 154 f. - insofern ein Notationssystem (disjunkt). Aufgabe des Analogcomputer ist es, "eine absolute Position in einem Kontinuum zu registrieren" = 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.; Fehleranfälligkeit (Ungenauigkeit) des analogen Messens ein Defizit erst im funktionalen Kontext: digitaler Computer etwa war eine hochgezüchtete Zählmaschine, für Rechenaufgaben: H-Bombe (von-Neumann-Architektur), Los Alamos.

In Turingmaschinenzuständen leben, in Übergangswahrscheinlichkeiten (Markov-Ketten) denken

- Verhalten der Turingmaschine im Rahmen der (Übergangs-)Funktionen ihres inneren Zustands von äußerlichen Inputs bestimmt = Georg Klaus, Zur Soziologie der "Mensch-Maschine-Symbiose, in: Dt. Zs. f. Philosophie (1962), 885-902 (890 f.); "suppose that the number of states of mind which need be taken into account is finite" = Turing 1937: 250, analog zur Endlichkeit des symbolischen Alphabets

- demgegenüber inverse Turingmaschine als Einstellungsmodell: autoprogrammieren sich die endlichen "inneren Zustände" der Bewußtseinsmaschine als Funktion der jeweiligen Eingaben aus der Umwelt ruckweise / in temporalen Intervallen (zur zeitweiligen Stabilisierung / Δt) um, adaptiv gegenüber der jeweiligen Lage; verschränkt Turings "Orakelmaschine" algorithmische Axiomatik mit adaptiver Wichtung in künstlichen neuronalen Netzen; Lernfähigkeit als Umgewichtung numerisch fassbar?

- analog zur Differenz einer mathematischen Komposition nach innermusikalischen Gesetzen (der pythagoeische *lógos*) vs. Programmusik, die außermusikalische Tonmalerei (bis hin zu akustischen Signalen) mitprozessiert; neigt symbolverarbeitendes Wesen (sprachgesteuerter Mensch / negentropische Kultur) im Unterschied zum kybernetischen Homöostat (Ashbys "Analogrechner") zur Rekonfiguration in diskreten Sprüngen; "symbolische KI" i. U. zum konnektionistischen Ansatz (Wichtungen in neuronalen Netzen, Training); darf Herausforderung der vorprogrammierten Maschine durch das "diskretisierte Kontinuum" des Input nicht schneller / kritischer Sein als die Möglichkeit der symbolischen Ordnung, darauf in angemessener Zeit zu reagieren respektive sich adaptiv umzuprogrammieren

Zwischen zwei Zuständen: "0 / 1"

- Schaltschwellen: "Digitale Eingänge unterscheiden nur zwei Zustände, Eins und Null" = Burkhard Kainka, Lernpaket Microcontroller, Poing (Franzis) 2007, 45; beginnt schon mit dem Zusatz die Verwechslung von (elektrotechnisch) Realem und (zählendem) Symbolischen; ist die Benennung mit Zahl-Zuständen 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.

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 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)

- 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"

- 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" - damit im binären Zahlensystem anschreibbar, "durch paarweise kombinierte Ausschläge" = 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

- Form der Lochkarte, seitdem sie Jacquard für Webmuster Ende des 18. Jahrhunderts entwickelte

- 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.

- 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; können mit mathematischen Gleichungen im digitalen Raum alle Parameter von Musik adressiert werden

- läuft das griechische Vokalalphabet, in seiner Eintrainierung des Diskreten, auf die digitale Epoche hinaus

- Carl Sagan, SETI Programm (Search for Extra Terrestrial Intelligence) der Planetary Society in Pasadena (Kalifornien) 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" = 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

- analoge Übertragung weniger abstrakt als die digitale; werden durch die *speech-to-text-Software via voice* von IBM - 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; um eine Nachricht der physikalisch immer prinzipiell begrenzten Kanalkapazität 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 Münder 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

Ein Kriterium der Differenz von analog und digital: die Zeit

- formuliert Turing eindeutig, dass der Digitalcomputer technologisch verlangt, Zeit als *discrete* zu behandeln; von-Neumann-Architektur mit ihrer strikten Umsetzung des Turingschen Diktums, immer jeweils nur ein *bit* pro Zeitmoment abzuarbeiten, 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

- von Shannon vorgeschlagene Einheit [bit]; fraglich, was als Information hier angesehen werden kann, die elektronischen Signale in ihrer Gegebenheit, oder der flüchtige Zustand eines Registers zu einem bestimmten Zeitpunkt

- basieren gängige Klangsyntheseverfahren 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 Rastertung 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 Verkehierung 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 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 Medienumbbruch* 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 zu Sammelband

- In der von Grammophon, Mikrophon, 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

- 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 Telephonknacken, Radioknistern oder Fernsehschnee”
= xxx: 24 ff.

- das Digitale *zeitkritisch* denken; Oppositon analog/digital wird unterlaufen, sobald digitale Rechnungen die analogen Schwingungen 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" = Nicholas Negroponte, Total digital. Die Welt zwischen 0 und 1 oder Die Zukunft der Kommunikation, München (C. Bertelsmann) 1995, 23 - 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 wohlbekanntem 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; werden Eigengeräusche der klassischen Vinylscheibe 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" = 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*" = 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); wird erst in ästhetischer Form, also phänomenologisch 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 kritisiert). 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 = <http://www.gedankenmacher.de/html/commentarioli/janeinhysterese.php4>

- "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

- analoge Signalquelle wird digital analysiert (in Sampling-Raten), und in seine Frequenzanteile aufgespalten; analoge Messung zwar näher an der Physik, aber ungenauer

- 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" = 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)

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

- nicht fragen: Was *ist* das Digitale im Unterschied zum Analogen; schon diese Frage-Stellung (im Sinne Heideggers: *Was ist das, die Philosophie*) selbst ist diskretisierend, auf Unterschied setzend. Alternativ ließe sich *per analogiam* fragen; Frage ist vielmehr: seit wann 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 gescannte Handschriften aus Staatsbibliothek Berlin); kommen Kunsthistoriker und Archäologen mit Digitalisaten nur bis zur ikonologischen Ebene, nicht aber zur materiellen Information, zur Information, die in der Physik des Materials liegt

- ein "Digitalisat" selbst nicht symbolischer Natur, sondern eine mechanische oder elektrische (elektronische) Verkettung materieller Zustände; gilt schon für das Rechnen mit Ziffern: jede schriftliche Notation derselben in ihrer schieren Materialität (etwa Graphit) "analog"; hat Konsequenzen für Begriffe wie "digitaler" Nachlaß

- 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 Kantenerkennung, geschieht im Blick des Rechners; andere Halbwertszeit 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" = Roland Barthes, Elemente der Semiologie, Frankfurt / M. 1983, 68 f.; 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 Transmitterprozeß 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. 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)

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

- 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: Mosaik; Pinselstriche; operiert Malerei diskret, "Strich für Strich", mit dem Pinsel = in: *Painting Pictures. Malerei und Medien im digitalen Zeitalter*, Ausstellungskatalog Kunstmuseum Wolfsburg, Kerber Verlag 2002, 30-34 (31); verleitet das Digitale dazu, digitale Formen kulturell zurückzuerinnern; Risiko, in dieser kulturgeschichtlich versöhnlichen Geste die Differenzen zu verschwischen; 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 Editorial *Arifmetr*: 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 Kippunkt 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 = Barck et al. (Hg.) 1990: 453; 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" = Friedrich Kittler, Fiktion und Simulation, in: Ars Electronica (Hg.), Philosophien der neuen Technologie, Berlin 1989, 57-80

- Konrad Zuse, *Der rechnende Raum*, 1969: digitaler Raum als rechnender 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) - d. h. *filtert* und zur physikalischen Realität damit in etwa in einem Verhältnis steht wie das digitale "Bild" zum klassischen Bild

- meint "digital" 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; *epistémé* 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, indem es schlicht *zählt*; *erzählt* Heinz von Förster allerdings gerade das Zustandekommen seiner *quantenmechanischen* Gedächtnistheorie "von Anfang an". Die Beobachterdifferenz zum Objekt geht also selbst mit einem epistemologischen Wechsel, einem Genre-Wechsel als Transportmedium menschlicher Information zeitbasierter

Prozesse ("Geschichte") einher; demgegenüber eine genuin quantenmechanische Modellierung des neuronalen Erinnerns (Gedächtnisbilder) als quasi holographische "Überlagerung" (vielmehr indes: dissipative Verlagerung) diverser Wahrnehmungseindrücke / -fragmente, die sich - je nach Stimulus / Affekt / Assoziation blitzhaft wieder (re-)formulieren: das Mnemo-Qubit

Loops

- 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; Heribert Eimert am "Spulentisch" des WDR-Studios für elektronische Musik

- konstruiert Schaeffer das Phonogene (Paris 1951), das heute als elektronisches Modul (Hardware) oder Software-Modul (MaxSP) fortexistiert = Tilman Baumgärtel, Schleifen. Zur Geschichte und Ästhetik des Loops, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2015

- 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

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 eine zeitliche *Stellung*

Begriffsbestimmungen

- Digitalisieren im technologischen Sinne 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" (Kommunikation Oswald Berthold, November 2009)

- verbirgt sich hinter Shannons binärem Informationsbegriff schaltalgebraische Allianz von Logik und Materie; privilegierten erst elektromagnetisches Relais, dann Elektronenröhren in Flipflop-Schaltung und schließlich Transistoren 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 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 Fernsprechschnelle 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)

- 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 =Siegfried B. Rentzsch, Begriffe der Elektronik. 4018 Fachwörter kurz und bündig erklärt, 4. überarb. Aufl. Poing (Franzis) 1995, 100; zeitkritisch das von Nelson Goodman definierte Kriterium der Disjunktheit zu erfüllen

- bedeutet Digitalisierung medienepistemologisch die Übersetzung von Welt in operative Mathematik (sofern der Welt selbst nicht schon Mathematikhafte unterstellt wird); Schauplatz dieser "Übersetzung" die Schnittstelle von Umwelt und Rechenmaschine (die gleichwohl selbst Teil der physikalischen Welt ist, die sie als Information simuliert)

- liefern Analog-Digital-Umsetzer 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.

- transformiert Digitalisieren 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)

- 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" - 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" = 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)

- 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 Goodmanns Symboltheorie jede Form der Notation, die distinktiv Eindeutigkeit herstellt, "digital" (im Sinne von unterscheidbar) = Nelson Goodman, Sprachen der Kunst. Entwurf einer Symboltheorie, Frankfurt / M. 1997 (EO Structures of Appearance, 1951]. 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.

- 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" = Claude Shannon / Warren Weaver, Mathematische Grundlagen der Informationstheorie [AO 1949], München (Oldenbourg) 1976, 18; 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" = Michel Serres / Nayla Farouki (Hg.), Thesaurus der exakten Wissenschaften, Frankfurt / M. (Zweitausendeins) 2001, Eintrag "digital", 175 f. (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.

- lassen sich Shannons Definition zufolge 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"), sind die in digitalen Rechnern implementierten Symbole selbst handlungsfähig

Die linguistische Variante von "Digitalität"

- Roman Jakobson, im Bestreben einer Philologie im (und für das) Informationszeitalter; zu diesem Begriff: Roman Jakobson, Selected Writings, xxx, Bd. II, 570; 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" = Slava Gerovitch, Roman Jakobson und die Kybernetisierung der Linguistik in der Sowjetunion, in: Michael Hagner / Erich Hörl (Hgg.), Die Transformation des Humanen. Beiträge zur

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, 88 ff. - eine Verschiebung hin zur Semantik.

- mit Adaption der Nachrichtentheorie Jakobson auch von deren Irritationen heimgesucht: dem Signal-Rausch-Abstand, der sich im Falle von poetischen Ambiguitäten zugleich hermeneutisch stellt; zu Jakobsons Formulierung von "semantic noise" 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)

- unterscheiden sich "analog" und "digital" im unterschiedlichen Rauschverhalten: 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; 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

- ist es gerade das Digitale, das sich in der sogenannten Epoche digitaler Medien der menschlichen Wahrnehmung entzieht. Seit den Zeiten der chronophotographischen Bewegungsanalyse, die in kinematographische Projektion umschlägt, gilt: "Zerhackung oder Schnitt im Realen, Verschmelzung oder Fluß im Imaginären" = Friedrich Kittler, Grammophon - Film - Typewriter, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986, 187 - beruhend auf einem Effekt, den Michael Faraday in ganz und gar unikonologischem Sinne mit überlagerten Speicherträgern experimentierte.

- "digital" 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.

- 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, 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" = Régis Debray, *Vie et mort de l´image. Une histoire du regard en Occident*, Paris (Gallimard) 1992, 300; bewahrt 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-Typographie 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 ein Zugeständnis an menschliche Sinneswahrnehmung auf Interfaceebene.

- "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 Ikonologie 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

Binarisierung *avant (?) la lettre*: antike Prosodie

- 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 successiuon of instants instead of a conitnuous flow. A digital machine must essentially deal with discrete objects" = 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

- Helmholtz' Begriff der "Zwischenzeiten" (*temps perdu*) 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)

- betont Norbert Wiener, daß der Unterschied zwischen analog und digital "not sharp" sei - 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

- definiert G. E. Hutchinson im Diskussionszusammenhang, was "analoge" von "digitalen" Maschinen unterscheidet, den Begriff *analogical* folgendermaßen: als "the difference between the natural and real numbers" = 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); 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 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 Flipflop-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

Das Digitale als Extrem des Analoges: 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.
- schaltet ein "digitales" Signal 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.
- dienen Kippspannungen der Erzeugung steiler Impulse in elektronischen Systemen. "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; handelt es sich hier 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.

Digitale Medienarchäologie der Videosignale Bairds

- Bill Viola, der das elektronische Bild als den "Klang der Einzeilen-Abtastung" definiert 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
- sandte Douglas Pitt (Narrow Bandwidth Television Association) 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

- liegen Fehlerquellen im Falle von Bairds Phonovision-Plattenaufzeichnung 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 Wesenszug des sogenannten Digitalen: "A simulated square wave built from the first four harmonics" = ebd.

- beschreibt McLean 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, mithin Mathematisierung gemeint (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".

- ist erst in seiner mathematisierten Form 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 Kodierung der Kommunikation

- Informatisierung, frei nach Wieners klassischer Definition in *Kybernetik* von 1949, 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 welthaftiger 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 materialen, 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 / haptische Qualität der Integer-Zahlen

Der 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

Schaltung zwischen analog und digital

- Techno/logie die Verschränkung von Materie und Schaltplan (also Hardware und Logik). Im Computer ist dieser Schaltplan auf Ebene der Programmierung nicht fest verdrahtet, damit mathematisierbar; Verkabelung (*patching*) wird durch Algebra ersetzt

- Meßtechnik eine operative Entscheidung, etwa die Balkenwaage, die eine Gewichtung in eine analoge oder digitale Form bringt: einen Zeigerausschlag oder eine dezimale oder binäre Zahl

Halb-digitale Momente des Analogrechners

- rechnen Digitalcomputer beliebig genau. Sie behandeln Turing zufolge alle Größen „und gerade die Zeit“ als diskrete Elemente, also nach dem Vorbild des alphabetischen Codes, gleich der „vulgären Zeit“ (Heidegger) der Uhren. Turing schreibt 1947 über den digitalen Computer, „daß der Taktgeber uns erlaubt, Diskretheit in die Zeit einzuführen, so daß die Zeit zu bestimmten Zwecken als eine Aufeinanderfolge von Augenblick anstatt als kontinuierlicher Fluß betrachtet werden kann“ - hier im Bund mit dem quantisierenden Sampling, das Zeit als Kehrwert von Frequenzen behandelt. Epistemologisches Scharnier ist hier die Fourieranalyse, die ein Klangereignis, also ein Signal in der Zeit, als Komposition von Frequenzen, also rechenbaren Zeitwerten behandelt. McLuhan stellt - über Lewis Mumford hinausgehend - einen Zusammenhang zwischen Vokalalphabet, Gutenbergscher Typographie, Uhrwerk und Fließbandarbeit her; Kittler zufolge macht dies Digitalcomputer "zwar so dumm wie vormals Taylors Fließbandarbeit und

unfähig, Differentialgleichungen überhaupt anzugehen, aber es löst alle Intelligenz in elementare, also machbare Grundrechenoperationen auf. Anstelle der klassischen Differentialgleichungen sind Differenzgleichungen getreten und anstelle der ebenso eleganten wie heiklen Fouriertransformation ihre schnelle diskrete Variante, die [...] entstand, um noch Blitzkriege im Mikrosekundenbereich zeitdiskret abtasten zu können. Die zeitdiskrete Abtastung begann bekanntlich mit der Morsetelegraphie, ihren Relais und Tastern. Zum erstenmal definierte schiere Dauer in einer standardisierten Zeit den Zeichenstatus von Punkten und Strichen" = Friedrich Kittler, Am Ende der Schriftkultur, in: Gisela Smolka-Koerdt / Peter M. Spangenberg / Dagmar Tillmann-Bartylla (Hg.), Der Ursprung von Literatur. Medien, Rollen, Kommunikationssituationen zwischen 1450 und 1650, München (Fink) 1988, xxx-300 (296)

- wie es vormals allein die Prosodie leistete (auf die Augustin in Buch XI seiner *Confessiones* im Zusammenhang mit der Frage nach der Zeit ausdrücklich rekuriert)

- das Reissche Telephon: induzierte Unterbrechungen (durch Öffnen und Schließen des Stroms) verführen den Eisenkern bei höheren Oszillationen, als es die natürliche Materialität des Eisenkerns verträgt, zu quasi-Obertönen: „Der Eisenstab gibt nicht mehr seinen Longitudinalton, sondern einen Ton, dessen Höhe oder Tiefe der Unterbechungsanzahl (in gegebener Zeit) entspricht“ - das Analoge, buchstäblich. „Der Stab reproducirt den Ton, der dem Unterbechungsapparat zugeführt wurde" = Reiss, zitiert nach: Steinbuch 1968: 73

- zeitdiskrete Momente: "Bei manchen Analogrechnern sind Einrichtung vorgesehen, die ein selbsttätiges Anhalten nach einer einstellbaren Zeit oder ein periodisches Anhalten nach gewissen Zeitabständen erlauben" = Wolfgang Giloi / Rudolf Lauber, Analogrechnen. Programmierung, Arbeitsweise und Anwendung des elektronischen Analogrechner, Berlin / Göttingen / Heidelberg (Springer) 1963, 21

- "Parametron", ein Digitalcomputer, der mit Hochfrequenzen in Phasenverschiebung rechnet. So bewegt es sich aufeinander zu: einerseits der Digitalcomputer, der im Konkreten (wie von Norbert Wiener in den Macy-Konferenzen betont) immer nur annäherungsweise "digital" schaltet, und andererseits der Analogcomputer, der sich in Grenzen "digital" zu verhalten vermag. In der konkreten Materie sind beide Weise "aufgehoben" (Hegel); analoges XOR: <http://www2.informatik.hu-berlin.de/~oberthol/html/Analog%20XOR.html>

SAMPLING UND "DIGITALISIERUNG" KONKRET

Der Kern der Digitalisierung: A/D-Wandlung

- ontologische Frage "was ist" 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 prozessualer Begriff der Digitalisierung Serres 2001: 178 f.

- 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 abgetastet und langsam wiedergegeben wird der Signalverlust sinnfällig, vs. Psychoakustik (MP3-Kompression)

- ging Begriff "digital" 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

- 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 der "Digitalisierung"

- 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.

Analog-digital-Wandlungen (mechanisch)

- Rampe / Stiege vs. Treppe; Wandlung stetiger Bewegung in schrittweisen Takt Bewegung / Pause, Zeit / Unzeit ("time of non-reality", mit Norbert Wiener)
- setzt das Sampling von Bewegung recht eigentlich mit der numerischen Abzählung ein, mithin die aristotelische Definition der "Zeit" / musikalisches Metrum, Takt; medientechnische Verdinglichung: Hemmwerk in der mechanischen Räderuhr; kinematographisch: Chronophotographie
- "analoge Stetigkeit" eine Metaphysik gegenüber der quantenphysikalischen Einsicht in diskrete Planck-Energieeinheiten auf Elektronenebene?
- 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; algebraische Gleichung vermag also an die Stelle einer dynamischen Maschine zu treten - aber doch nur im Symbolischen; 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 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 vokalphabetischer 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

A/D-Wandlungen

- kontinuierlich ansteigende Stromspannung, bis zum Moment des abrupten (impulsbildenden) Zündens (Thyratron-Elektronenröhre); 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 damit "Janssens photographischer Revolver, in dem eine sich drehende lichtemofindliche 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."

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

- ereignet sich A/D-Wandlung 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" = Anleitungsbuch zum Busch-Experimentiersystem 2188 *Computer-Technik*, Viernheim 1988, 63; medienmaterielle Möglichkeitsbedingung dafür der Kondensator als Verzögerungsspeicher, der es erlaubt, zwischen logischen Zuständen keinen Kurzschluß, sondern phasenverschobene Verzögerung herzustellen - im Kern der pendelartige "Mechanismus" des Schwingungskreises, wo elektrischen und magnetische Ladung gegenseitig in Phase passieren; Bedingung des Digitalen also ein Schwingungsereignis im Analogen; liegt das kybernetische Opfer im Überspringen der

gelegentlich "verbotenen Zone", einer "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 über Funk (W-LAN) abrufbar ist

- vermag laut Sampling-Theorem eine (digitale) Zahl das Ereignis einer periodischen Schwingung vollständig zu erfassen; die Frequenz ist 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 $2/3$ und der vollen Betriebsspannung schwanken. [...] Der zweite digitale Schaltzustand 'low' (L oder 0) darf zwischen 0 V und $1/3$ der Betriebsspannung liegen. Liegt die Spannung zwischen diesen beiden Werten [...], kann eine digitale Schaltung damit nicht arbeiten" = Anleitungsbuch Busch 1988: 17; kommt an dieser Stelle 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" = Anleitungsbuch Busch 1988: 17. 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.

- Begriff der "hindrance" bei Shannon

- lassen Schaltungsdiagramme (Schaltpläne) physikalisch subtile / kritische 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

Sampling / zeitdiskrete Proben nehmen

- Descriptive Experience Sampling eine strukturierte Tagebuchtechnik (momentary assessment); tragen Probanden 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 eben aus dem täglichen Leben sampeln kann)" = Hurlburt 2006

- das Leben "sampeln" - wie schon Goethes Tagebuch; eine von Robert Steiger zusammengestellte *dokumentarische Chronik* unter dem Titel *Goethes Leben von Tag zu Tag* (Zürich / München 1982). Das Vorwort unterstreicht, daß es sich dabei „um die ursprünglichste Einheit jeglichen Erlebens und Sich-Ereignens handelt" = Steiger 1982: 5. "[A]us Tag nach Tagen besteht denn doch das Leben" = Goethe an Johann Heinrich Voß den Jüngeren, 22. Juli 1821; Leben vollzieht sich also weniger in organischen Zusammenhängen denn in diskreten Sprüngen. Weiter Steiger: "Diese Optik der Momentaufnahmen erlaubt das Erfassen der

feinsten und verborgensten Entwicklungsmomente" = Steiger ebd. 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 in Steigers 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

"Analoges" Sampling

- Sampling erfolgt bereits mit analogen Rechenelementen im Analogcomputer: "Bei der Berechnung und Simulierung kontinuierlicher linearer Systeme mit einem elektronischen Analogrechner ist die Integration die fundamentale Rechenoperation. An die Stelle des Integrators tritt bei der Untersuchung von diskontinuierlich arbeitenden Systemen der Abtaster, der die Eingangszeitfunktion zu den Abtastzeitpunkten mißt und über eine Abtastperiode speichert" = A. Kley / G. Meyer-Brötz, Analoge Rechenelemente als Abtaster, Speicher und Laufzeitglieder, in: Elektronische Rechenanlagen Bd. 3 (1961), Heft 3, 119-122 (119)

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

- quantisiert Pulse Code Modulation (seit 1943 an den Bell Labs entwickelt) 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: 286 f.

- wird das analoge Eingangssignal Abtasttheorem von Shannon / Nyquist zufolge zunächst mit einer Rate abgetastet, 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" = Bernhard Siegert, Relais. Geschichte der Literatur als Epoche der Post, Berlin (Brinkmann & Bose) 1993, 286 - zeitkritisch mithin; 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

Medienkulturelle Konsequenzen der Digitalisierung: eine ahistorische Form der Tradition

- heißt Digitalisierung epistemologisch gefaßt: 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" = <http://de.wikipedia.org/wiki/Digitalisierung>; Stand: 6. Oktober 2009; tritt an die Stelle eines Mangels (Überlieferungsverlust) ein Überschuß - ein anderer 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 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" = 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; 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 Hellige (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

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

Das "digitalisierte" Bild

- Digitalisierung von Bildern bezeichnet gemeinhin die Einlesung von Bildvorlagen durch rechnende Medien; bereits das klassische 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: *Restoring Baird's Image*

- 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 Abtastung 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.

Das Registrierbare und das Registrierte

- Quantisierungsrauschen; was verliert chemische Photographie durch digitale Bilddetektoren? "Wenig, vielleicht hier und da gar gewonnen (an Geschwindigkeit z. B.) (mit „CCDs“ Licht in digitale Pixel verwandeln und mit ihnen rechnen, was berechenbar ist); und wissen, „was“ sie ist. Nämlich ein, im Sinne des Wissens, vollständig reversibler Prozess ohne inneren Erinnerungswert. „Digital“ können wir beliebig Bilder herstellen, überlagern, vermischen, fraktalisieren, „dithern“ etc., ohne auch nur ein Pixel in diesem Prozess zu verlieren. Im Digitalen reicht der „Undo“-

Button, um alles wiederherzustellen wie es war. Nicht einmal anschauen müssen wir unsere Pixelbits, wir verpacken sie mittels ein paar Headern in ein Soundfile und wandeln ihre Daten in „Musik“ im John Cage'schen Sinn. Das geschähe ebenso verlustfrei wie ein Bildherstellungsprozess und wäre diesem vollständig äquivalent" = Wolfgang Hagen, Die Entropie der Fotografie. Skizzen zur einer Genealogie der digital-elektronischen Bildaufzeichnung, in: Herta Wolf (Hg.), Paradigma Fotografie. fotokritik am Ende des fotografischen Zeitalters, Bd. 1, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 2002, 195-235

- „Objects are not *recorded* in this system as much as they are *rendered*." 72 = Druckrey, Dada 1994: 7

Zeit-Reste

- "rest", engl. eine Zeitkategorie; Zeit als Kriterium von "Rest" - mit der These, daß es "zeitkritische" Prozesse sind (Zeitverarbeitung als kritischer Parameter), welche das Wesen der elektronischen Medien definieren

- Reste-Frage wird zeitkritisch (ablesbar im Begriff "Echtzeit" digitaler Operationen; kein Zeitverzug mehr)

- Zeit-Reste: Wilhelm Ostwald formuliert in seiner Schrift *Energetische Grundlagen der Kulturwissenschaft* 1909 dafür: "Vergeude keine Energie, sondern verwerte sie" - in Anlehnung an den ersten, aber nicht den informationstheoretischen (Wiener: Information ungleich Materie / Energie) Hauptsatz der Thermodynamik (Mayer). Ostwald weiter: Organisationsformen schaffen, die ein Arbeiten, Forschen, Operieren "ohne Zeitverluste" ermöglichen = Ostwald 1909: 174 f.; Gilbreth; "Zeit-Liga" Moskau

- mißt Digitalisierung analoges Signal (eine Sinuskurve etwa) in einem bestimmten Zeitintervall - zum (kartesischen) Raum wird hier die Zeit. Anbaloge Schwingung zeichnet sich durch fließende Übedrgänge aus (Welle); digital tritt an diese Stelle die Treppenkurve. Deren Meßdaten werden als Zahglenwerte im Binärcode abgespeichert, in einer üblicghen Sampling-Frequenz von 44.100 Mal pro Sekunde, also 44,1 kHz. "Wenn die Daten einma abgespeichert sind liegen sie in Form von Zahlenketten vor. In diesem Zustand haben sie keinen festen Zeitbezug mehr" = Kiefer xxx: 191

Kompressionsverfahren visuell

- was bei analog/digital-Umwandlung verlorengieht; Scannen und Bearbeiten von Bildvorlagen in Bitmustern, also pixelweise (gespeichert

in TIFF-Format); Scanner tastet ein Objekt mit einem Licht- oder Elektronenstrahl punkt- bzw. zeilenförmig ab; erst dann kann er die erhaltenen Meßwerte weiterverarbeiten, wenn sie digitalisiert worden sind, also rechenbar

- was fortfällt, sind die kontinuierlichen Übergänge, konkret: Fehlerraten in der Optical Character Recognition; dazu Wolfgang Limper, OCR und Archivierung. Texterkennung, Dokumentation, Textrecherche, München (te-wi-Verl.) 1993, Kap. 5. Demgegenüber ersatzweise Differentialrechnung, indem durch Limeswerte mit der kleinsten Differenz, die keinen Unterschied mehr macht (Beispiel: Parabel, an der nur der Anfangsteil abgeschnitten wurde), gerechnet wird - kleinste Unterschiede (Reste), die nicht mehr zählen

- Beitrag Böszörményi zu Publikation *Suchbilder*:

"*Kompressionsverfahren*, mit deren Hilfe wir die Größe der Bildpunktmenge einer Videoaufnahme ohne einen spürbaren Qualitätsverlust drastisch reduzieren können - wobei die diesbezügliche Toleranz nicht unabhängig vom Beobachter ist. Einem gutgeschulten Beobachter kann ein Bild schon unakzeptabel sein, das einem Laien noch vollwertig erscheint. Im Laufe der Kompression wird die Bildpunktmenge einer Reihe von mathematischen Transformationen unterworfen, von denen einige verlustfrei, andere aber verlustbehaftet sind. Als Ergebnis erhalten wir eine interne Darstellung der Videoaufnahme, die viel weniger Speicherplatz als die ursprüngliche Darstellung benötigt, und aus der die ursprünglichen Bilder - abgesehen von den beabsichtigten Verlusten - wiederhergestellt werden können. Die Videos werden in dieser komprimierten Form gespeichert und bei Bedarf über Rechnernetze übertragen. Vor dem Abspielen muss die Bildpunktmenge als für den Menschen wahrnehmbares Bild wiederhergestellt werden." Wenn aber Computer nicht mehr nur mit Menschen, sondern untereinander kommunizieren, bemerken sie diese Differenz sehr genau. Ob in Börsendaten, oder aber in sogenannten intelligenten Waffen; wird ein solcher Rest tödlich

- Mechanik / *mechané*, also wörtlich: "List" der verlustbehafteten Komprimierung basiert auf Erkenntnis, dass der Mensch annähernde Repräsentationen von Bildern weitgehend korrigieren kann. Das macht die einfache aber wichtige philosophische Bemerkung besonders plausibel, dass im Speicher des Computers überhaupt keine Bilder, sondern ausschließlich *Repräsentationen* von Bildern enthalten

- was ausgefiltert wird: Beispiel MPEG, im Prozeß des Komprimierens, um den Datenstrom einer digitalisierten Videosequenz zu reduzieren: Entfernen oder Umstrukturieren von Daten, verlustfrei oder -behaftet. Verlustfrei: etwa Lauflängen-Kodierung, bei der fortlaufende Bildbereiche mit der gleichen Farbe entfernt werden; werden mehrmals hintereinander vorkommende Zeichen nur einmal zusammengefaßt und mit einem

Zähler kodiert. "Verlustbehaftete Komprimierungsmethoden versuchen hingegen, jene Bildinformationen zu entfernen, die dem Betrachter subjektiv nicht auffallen. Diese Verfahren erhalten die Originaldaten nicht und es gehen Bildinformationen verloren. [...] In der Praxis kommt der zeitlichen Komprimierung große Bedeutung zu" = "Digital Video Guide III: Videoformate und Kompressionstechniken" = www.de.tomshardware.com/video/19990816/video-3-04.html, Abruf Januar 2004

- Kompressionsfehler: sog. "Artefakte" (Bausteine), bes. im Bereich scharfter Kanten und Übergänge; hier scheint im Fehler das Digitale (Treppen statt kontinuierlicher Kurven) auf

Nyquist-Shannon-Interpolation Formel

- "Information is information, not matter or energy. No materialism which does not admit this can survive at the present day" = Norbert Wiener, in: Computing Machines and the Nervous System, in: ders., Cybernetics or control and communication in the animal and the machine, Cambridge, Mass. (M. I. T. Press), 2. Aufl. 1962 [*M. I. T. 1948], 116-132 (132); demgegenüber Poletajew: "Uns erscheint jene Tatsache sehr wichtig, daß eine Nachricht nie anders existiert als in Form eines Signals eines Ereignisses, d. h. in Form eines materiellen Objektes" = I. A. Poletajew, Kybernetik. Kurze Einführung in eine neue Wissenschaft, hg. v. Georg Klaus, Berlin (Dt. Verlag d. Wiss.) 1962, 30; folgt der Hinweis auf den Rest: "Keine Beschreibung eines Ereignisses durch Signale kann vollständig sein" = ebd.

- von analogen Übertragungsmedien her gedacht, ist Darstellung eines kontinuierlichen Signals in Form eines diskreten die Quantelung eines Signals. Ein Verfahren dafür ist die Quantelung nach der Zeit - ein zeitkritischer Prozeß

- Quantisierung in der Fourier-Transformation: Kodierungsgenauigkeit wird dem Wahrnehmungsmodell des Menschen angepaßt - also ein medienanthropologischer Standpunkt. "Im Falle der Quantelung nach der Zeit werden diejenigen Werte des kontinuierlichen Signals fixiert, die im gegebenen Moment existieren" = Poletajew 1962: 35; der Treppen-Übersprung wird durch statistische Abrund eingeebnet; dennoch wird dabei Signal bei der Quantelung entstellt

- "Wenn ein kontinuierliches Signal mit einer oberen Grenzfrequenz f_{\max} mit einer Abtastrate von mehr als $2 f_{\max}$ abgetastet wird, kann man das Ursprungssignal ohne Informationsverlust aus dem abgetasteten Signal rekonstruieren" = Rainer Malaka / Andreas Butz / Heinrich Hußmann, Medieninformatik. Eine Einführung, München 2009, 63; Möglichkeit der "verlustfreien" Rekonstruktion des ursprünglichen Zeitsignals durch

Abtastung gemäß dem Sampling-Theorem eine bloß theoretische / ideale, denn abhängig von der Intensität der Abtastung und der damit weitreichender erfaßten GröÙte von f_{\max} steigert sich der notwendige Rechenaufwand exponentiell. Medienpraktisch wird daher die maximal berücksichtigte Frequenz durch den Kanal bestimmt, innerhalb dessen das Ursprungssignal zur Übertragung kommt; daraus resultiert nurmehr eine Annäherung an das ursprüngliche Signal innerhalb als tolerierbar empfundenen Ungenauigkeit; erfolgt etwa vor dem Hintergrund des Frequenzbereichs der menschlichen Sprache (maximal 3500 Hz) die Abtastung in der digitalen ISDN-Telephonie mit 8 kHz; damit im Bund stehen aktuelle Datenkomprimierungsverfahren. Hinzu kommt das Rauschen, die zufälligen Einwirkungen und Verzerrungen, denen das Signal bei seiner Entstehung, Übertragung oder Speicherung unterworfen ist <ebd.>

- Harry Nyquist 1928: "Certain topics in telegraph transmission theory";
Shannon 1949: "Communication in the presence of noise"

- Nyquist-Frequenz die (kleinste) Sample-Rate, welche die Rekonstruktion des originalen Signals erlaubt, d . h. ein Signal verlustfrei zu diskretisieren / zu quantisieren; muß doppelt so hoch sein; gilt die Formel: Je höher die Zahl der Abtastungen pro Zeiteinheit (Abtastfrequenz), desto genauer das Ausgangssignal abbildbar / *mapping*. "Zugleich steigt aber auch das Datenaufkommen" = Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg, URL xxx, womit diese Rechnung zu einer von Rechenkapazitäten wird

- Abtastung die Wandlung der stetigen Signalkurve in eine Treppenfunktion. Abtast-Theorem: bei höchster Signalfrequenz ist mindest eine (mehr als) zweimalige Abtastung pro Schwingung nötig, in kontinuierlichen Medien; Sinuskurve, ein liegendes "S" durch zwei Punkte; Abb. in: Hugh Davies, A History of Sampling, in: Feedback Papers 40 (Juli 1994), 2-15 (3). "In a complex waveform, with its outline being translated into sampled slices "the highest point would not be sampled correctly, because it occurs between two slices in a manner that a computer could not predict" = ebd.

- the discrete time sequence of a sampled continuous function;
<http://www.digital-recordings.com/publ/pubneq.html>; "Rest" also das, was ausgefiltert wird bei analog/digital-Umwandlung; dann wiederum bei digital/analog-Rück-Umwandlung ("Rekonstruktion" des ursprünglichen Signals); ist nur unter Verlusten möglich in der Übertragung von einem Medium zum anderen, so "daß das empfangene Signal nicht unbedingt dasselbe ist wie jenes, das vom Sender ausgestrahlt wurde" = Claude E. Shannon, Die mathematische Theorie der Kommunikation, in: ders. / W. Weaver, Mathematische Grundlagen der Informationstheorie, München 1976, 77; *aliasing*

- bei zu geringer digitaler, zeitdiskreter Abtastung des zugrundeliegenden Signals Risiko der Entstehung von buchstäblich virtuellen (weil exklusiv im Rechenprozeß zustandekommenden) Phantomfrequenzen bei der Rücktransformation
- bewahrt analoge Speicherung / Übertragung (etwa Schallplatte) das Reale des Tons, aber um den Preis, gleichzeitig Rauschen mitzuschleppen oder gar mitzugenerieren - "Abfall", Überschuß; Auftritt "signal-to-noise ratio" in der Nachrichtentheorie / Kanal-Kapazitätsberechnung Shannons. Digital wiederum wird ausgefiltert - Rest als Mangel, nicht Überschuß; 44,1 kHz Abtastung = 44100 mal/Sek. wird ein Wert ermittelt; doppelte Abtastung, damit eine Schwingung als solcher faßt wird und nicht verlorengelassen in zu weitem Abstand der Abtastung
- Sinuskurven auf kartesischem Koordinatensystem: alle Zwischenwerte zu jedem Zeitpunkt relevant = "analog", stetig; diskrete Filterung dagegen digital. 16 Bit-Abtastung: in bestimmten Zeitabständen = getaktet. Lautsprecher aber gibt alles analog aus; Ton = Schallwelle; Lautstärke bestimmt Ausschlag
- mechanische Abtastung durch Stifte (digital / binär, Lochkarte); Klang aus einer Musikwalze im realen physikalischen Raum, übertragen durch rein physikalisches Medium Luft; verstärkt durch das analoge Mikrophon / Lautsprecher; werden die stetigen Schwingungen auch stetig übertragen
- kommt es, sobald solche Klänge digital eingelesen werden, zur Filterung, Rasterung. Was durch dieses Raster fällt, sind etwa Obertöne; kann die Differenz analog / digital im digitalen Medium Computer selbst dargestellt werden: Wunder einer Maschine, die (wie von Alan Turing konzipiert) alle anderen Medien zu simulieren vermag, insofern sie eine universale diskrete Maschine darstellt
- höchstmöglich standardisierte Samplingrate zur Zeit: 96 kHz/24-Bit Stereo; damit werden in den Decca-Studios (LONDON) alte Aufnahmen einem Remastering unterzogen: Originalbänder aus dem klimatisierten Decca-Archiv geholt und auf den entsprechenden (archäologischen) Maschinen abgespielt. Analogbänder werden dann dem Remastering unterzogen, hohes Niveau der Klangtreue; Spleißstellen werden ausgebessert und Nebengeräusche ausgefiltert, dann neue Masterdatei in CD-Standard von 44,1 kHz/16-Bit Stereo umformatiert = Begleitheft zur Serie "Decca Legends"; Opfer der Schallplatte
- Sampling im Unterschied zum Zitat, das seine Sinnumgebung transportieren soll (Fall des Archivs: seine administrative Umgebung, Kontext), eine Transport- und Verarbeitungstechnik von Material. "Sein methodisches Prinzip ist nichts anderes als der direkte Zugriff aufs Signal" = 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)

- für *Musique concrète* (Pierre Schaeffer im Studio Paris nach WKII - nicht zufällig nach Stuka-Geräuschen) ging es um musikalisches Abfall-Material (wie in Walter Ruttmanns Hör-Stück xxx); Sampling reduziert selbst dies noch, wirklich medienarchäologisch, "auf die isolierte akustische Schwingung oder genauer auf das Datenwort der Messung des Samples" = Großmann 1995: 41

- trennt binärer Rechner überhaupt nicht mehr ontologisch zwischen "Rest" / Rauschen und "Text" / Code; ihm ist alles gleichrangig als Bits verfügbar

- technischer Begriff des Samples tritt zunächst in Shannons Abtast-Theorem auf. "Er bezeichnet dort die diskreten 'Scheiben', die aus dem Kontinuum des analogen Signalfusses herausgeschnitten werden" = Großmann 1995: 43; Begriff des "streaming" verhüllt metaphorisch, daß Signale diskret verarbeitet werden. Abtastrate von 48 kHz bei einer Auflösung von 16 bit linear zu speichern (Audio in Stereo)

- Medienkunstinstallation Jim Campbell, *Church on Fifth Ave* (2001): Fußgänger bewegen sich quer durch den Bildausschnitt, verwandeln sich aus ihrer diskreten Darstellung in eine analoge, kontinuierliche: "A matrix of 32 x 24 (768) pixels made out of red LEDs displaying a pedestrian and auto traffic scene in NY from an off street perspective. There is a sheet of diffusing plexiglass angled in front of the grid. As the pedestrians move from left to right the figures gradually go from a discrete representation to a continuous one (or metaphorically from a digital representation to an analog one)." Movie: <http://www.jimcampbell.tv>. Jede "analoge", scheinbar kontinuierliche Repräsentation aber ist in der algorithmischen Signal- als Datenverarbeitung unhintergebar diskret; sichtbar an den Ränder des QuickTime Movies. Das Analoge wird zu einer Nostalgie, einem *re-entry* des Digitalen selbst

Datenverluste in A/D-Umwandlung

- beginnt A/D-Umwandlung schon im Widerstreit zwischen Zählung und Erzählung. Etwa Alphons Bertillons Anthropometrie: Was an zu vermessenden Körpermerkmalen ("Signalement" = "Beschreibung einer Person zum Zweck der Wiedererkennung", S. XIX) nicht punktmäßig erfaßbar ist, nicht numerisch: "besondere Merkmale"; bedürfen der verbalen Beschreibung = Alphons Bertillon, *Das anthropometrische Signalement*, 2. Aufl. (autorisierte deutsche Auflage) Bern (Sturzenegger) 1885, Iv; Bertillon: Fehler, Mißerfolge im Verfahren sind keine Funktion der Technik (Photographie), sondern des humanen Messens und Dateneintrags

- A/D-Umwandlung bei Eingabe, D/A-Umwandlung bei Ausgabe: Synchronisierungsschwierigkeiten; hörbare Verzerrungen des "Rests"; werden beide Schnittstellen zur (Außen-)Welt untereinander rückgekoppelt, entsteht eine "kybernetische Maschine" = Wörterbuch der Kybernetik Bd. 1, hg. v. Georg Klaus, FFm (Fischer) 1969 (in Lizenz: Berlin, Dietz, 2. Aufl.), 329

- Betrug der Wahrnehmung durch Zeitoperationen; Kino mit 16 Bildern / Sek.

- zeitdiskrete Abtastung und wertdiskrete Quantisierung; "Digitalisierung" analoger Signale um welchen Preis? Dem Nyquist/Shannon-Theorem zufolge ist ein Signal signalgetreu, also verlustfrei durch doppelte Abtastrate der höchsten im Signal enthaltenen Frequenz rekonstruierbar. Was aber ist der Maßstab: die menschliche Wahrnehmung, die sich medientechnisch leicht betrügen läßt, oder die objektive (quanten-)physikalische Welt?

- A/D-Umwandlung: zeitdiskrete Abtastung und wertdiskrete Quantisierung; um welchen Preis "Digitalisierung" analoger Signale? Nyquist / Shannon-Theorem zufolge ein Signal signalgetreu, also verlustfrei durch doppelte Abtastrate der höchsten im Signal enthaltenen Frequenz rekonstruierbar. Was aber ist der Maßstab: die menschliche Wahrnehmung, die sich medientechnisch leicht betrügen läßt, oder die objektive (quanten-)physikalische Welt? "Bewegung archivieren"; Aufzeichnungsmedium schreibt am Verlauf einer Wieder-Holung mit, oder bringt diese überhaupt erst hervor

- Digitalisierung der Aufzeichnungen: Transformation oder Entsprechung i. S. des Sampling-Theorems?

- computerbasierte Simulationen realer physikalischer Vorgänge, 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 transorming 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); *zeitbezogener "Rest"* als Funktion zeitkritischer Medienprozesse

Archivischer Rest, technisches Rauschen

- mit Resten rechnen; am Beispiel der Williams Tube tatsächlich: Eingesetzt in Mark I-Rechner, Manchester University, durch Max Newman

/ F. C. Williams, Juni 1948, mit "stored program capability". Williams Tube "uses the residual charges left on the screen of a CRT after the electron beam has been fired at it. (The bits are read by firing another beam through them and reading the voltage at an electrode beyond the screen" = Mark Brader, *A Chronology of Digital Computing Machines (to 1952)*, in: *Computer History* = <http://www.freeflight.com/fms/comp>; Rest als Verzögerung hier Speichermedium in der Zeit

- gehen alte Archive bei ihrer Übertragung in den digitalen Raum nicht restlos in Virtualität auf. Als physikalischer Übertragungswiderstand meldet sich die Welt des Analogen, der Physik, also: des Restes, zu Wort. "Mitsprache" der Materialität von Speicherung, Übertragung und Intelligenz; der "materiale Widerstand selbst als *Zeitfaktor*"; "[a]m Rauschen der Medien erwächst der Wahrheit ihre Historizität" = Michael Wetzler, *Von der Einbildungskraft zur Nachrichtentechnik*.

Vorüberlegungen zu einer Archäologie der Medien, in: *Mediendämmerung. Zur Archäologie der Medien*, hg. v. Peter Klier / Jean-Luc Evard, Berlin (Tiamat) 1989, 16-39 (30)

Sampling

- A/D-Wandlung: "Wenn eine analoge Größe wie die Spannung in eine digitale Größe, also eine ganze Zahl umgesetzt wird, muss der Wandler jedes mal eine Entscheidung treffen, ob es schon die nächst höhere Stufe ist, oder nicht. An den Übergängen zwischen zwei Stufen führen dann unvermeidliche Ungenauigkeiten dazu, dass man die höhere und mal die kleinere Zahl geliefert wird" = Kosmos Experimentierkasten *Microcontroller*, Anleitung (Handbuch) Burkhard Kainka, Stuttgart (Franckh-Kosmos), 34 f.

- Mehrfachsampling, Morphing: Überblendung; Effekt des kontinuierlichen Übergangs (analog) als Funktion des Digitalen; zeitdiskretes 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) als strukturierte Tagebuchtechnik ("momentary assessment"); Probanden tragen eine Art Uhr, die zehnmal pro Tag nach Zufallsverteilung ertönt; füllen Probanden ihr Tagebuch (bzw. Fragebögen) ausfüllen, in denen "psychologische Konstrukte so operationalisiert sind, dass man sie daraus das tägliche Leben des Individuums sampeln kann" = Hurlburt 2006; das Leben "sampeln"

- Vorwort der von Robert Steiger zusammengestellten *dokumentarische 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; 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; lassen sich 24 Stunden pro Tag Totalaufzeichnung im Medium Schrift noch leisten; erst in kleinste Bewegungsheiten zerlegt wird überhaupt das *Individuum*; artikuliert 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

- Gegenstand der Wavelet-Analysen - wie schon Fourier-Analysen - jene Abläufe in Natur und Technik, die periodische Muster aufweisen. "Wavelets dagegen, die im Unterschied zu den Winkelfunktionen der Fourier-Analyse zeitlich lokalisiert sind, gestatten eine gleichzeitige Aussage über den Zeit- und den Frequenzverlauf" = Buchumschlagtext zu Hubbard 1997, unterlaufen exklusive Alternative der gegenseitigen Kehrwerte von Zeit und Frequenz

- akustische Unschärferelation: "Eine Schallwelle einer einfachen Frequenz (oder Wellenlänge) korrespondiert zu einem reinen Ton, ähnlich zum Zustand eines Teilchens mit genau bekanntem Impuls. Um die Tonhöhe exakt zu bestimmen, muss man ihn eine gewisse Zeit hören, was vielen Schwingungen entspricht"; Gabors Kritik an Fourier: Ein- und Ausschwingen des Tones buchstäblich mit einkalkulieren in die Analyse. "Daraus folgt, dass ein reiner Ton nicht sehr gut 'zeitlich lokalisiert' ist. Wenn ich im Gegensatz dazu in die Händeklatsche, ist das Geräusch sehr kurz <sc. ein Impuls> und daher gut zeitlich lokalisiert, aber wenn ich wissen möchte, welcher Ton dazu gehört, so wäre es korrekt zu sagen, dass alle Frequenzen oder Töne in dem Geräusch vorhanden sind. Offensichtlich kann man nicht beides haben" = Sander Bais, Die Gleichungen der Physik. Meilensteine des Wissens, Basel / Boston / Berlin (Birkhäuser) 2005, 75

- "Die Übertragung eines Signals kann also völlig verzerrungsfrei erfolgen, wenn die Verteilerfrequenz doppelt so hoch ist wie die höchste Signalfrequenz" = H. Raabe, Untersuchungen an der wechselzeitigen <sic> Mehrfachübertragung (Multiplexübertragung), in: Elektrische Nachrichtentechnik Bd. 16, Heft 8 (1939), 213-228 (218)

- bauen sich im Computer bestimmte Sinus-Darstellungen im / als Rechenprozeß auf; aus intendierter Darstellung eines Vorgangs wird damit ein Vorgang selbst - weil alles im selben "rechnenden Raum" (Zuse) stattfindet, der Computer also zeitdiskrete Prozesse nicht mehr

nur veranschaulicht und repräsentiert, sondern im Moment der Darstellung selbst es vollzieht

- wird im digitalen Sampling gerade der Zeit(kritische)Aspekt eliminiert wird; tritt Quantisierungsrauschen nicht durch die zeitliche Quantisierung auf sondern durch diejenige im Wertebereich, d. h. zum einem beliebigen Zeitpunkt t wird ein analoges Signal abgetastet mit Wert $f(t)$, wobei $f(t)$ eine reelle Zahl ist; dieser Wert wird nun quantisiert, wofür je nach verwendeter bit-Tiefe lediglich N (etwa $N = 8$, $N = 12$, $N = 16$, ...) als endlich viele diskrete Werte zur Verfügung stehen; "Rauschen" eines Samples damit genau der Abstand der Diskretisierung; wird in der Quantisierungsstufe der nächstgelegene ganzzahlige Wert angenommen (operativer Pythagoreismus); gemessen über das ganze Signal das Rauschen als Signal-Rausch-Abstand (SNR) bestimmt: Quotient aus Signalleistung und Rauschleistung

Äquidistante, zeitdiskrete Abtastung als solche

- zunächst als Chronotechnik 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 Schritte: 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 = Richter 1988: 39 f.

- *Abtastung* in der Signalverarbeitung [nach Wikipedia; Abruf Anfang Februar 2013] bedeutet zunächst die (zumeist) äquidistante Abtastung 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 tritt eine Sample-and-Hold-Schaltung, welche den Wert eines Abtastmoments für die Länge - d. h. Δt - des Rechteckimpulses konstant hält, "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

- 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

- luden frühe Software-Sampler 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; Referenzierbarkeit von Sound, vertraut vom "Incipit" der Hornbostel-Kennzeichnung auf den Verpackungsdeckeln der musikethnographischen Wachszyylinder, wird hier mikrotechnisch

- 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, in: 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; 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 grundverschiedenen 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" (Heinz von Foerster)

- 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 Telegraph 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 Museum München) 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" = 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)

- 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 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) 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") urheberrechtlich geschützt, <http://www.nennen.de/blog/blog/date/2013/01/21/artikel/tontraeger-sampling-was-ist-ueberhaupt-noch-erlaubt.html>

Sampling

- wird im Sampling als nachrichtentechnischem (nicht kunstpraktischen) Verfahren von *computing* 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" = Friedrich Kittler, *Fiktion und Simulation*, xxx, 74, 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 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 geworden ist, zerfällt genau betrachtet in zwei wesentverschiedene Bestandteile: a) den Akt der Abtastung eines wertkontinuierlichen (klassisch "analogen") Signals in äquidistanten 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 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; werden Zeitereignisse hier zu -punkten / Momenten

- diese konkrete Form der Digitalisierung entstanden 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 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) 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)

- "sonderbarer Unterschied aber besteht darin, daß die Elektronen immer nur auf ganz bestimmten, diskret voneinander verschiebener Bahnen kreisen können, während bei den Planeten keine einzelne Bahn vor einer anderen von vornherein bevorzugt wird" = Max Planck, Das Weltbild der neuen Physik [*1929], 11. unveränd. Aufl. Leipzig (Barth) 1952, 21

- "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 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" = http://de.wikipedia.org/wiki/Digitale_Signalverarbeitung; Bearbeitungsstand: 7. November 2009; handelt es 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)

- Quantisierungsrauschen 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)

Sampling und Quantisieren

- Quantisierungsrauschen entsteht beim Übergang / Bruch zwischen dem Reellen und den *computable numbers*; benennt Störungen bei der digitalen Umsetzung analoger Signale, wenn etwa eine Welle mit endlicher Auflösung in ein digitales Signal umgewandelt wird.

- 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?)

- 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" = 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)

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 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

PANDEMIEBEDINGTE "DIGITALISIERUNG"

COVID-19 und die Medientheorie

- gewinnen Verfahren der Klang-, Stimm-, Sprach- und Musikererkennung, -analyse und -synthese durch die aktuelle Pandemie an Bedeutung, da an die Stelle vormals realraumgebundene Situationen und Ereignisse wie akademische Lehrveranstaltungen und Konferenzen, administrative Versammlungen, musikalische Konzerte und Kunstfestivals durch neuartige "sozio-mediale" (Shintaro Miyazaki) Konstellationen - etwa Videokonferenzen unter Zoom - treten und diese damit nicht schlicht imitieren und ersetzen, sondern deplazieren; werden digitale Formate algorithmisch analysierbar; durch OpenSource-Software transparent halten

- ist die virale Infektion ein Geschehen im Realen; prallt indessen mit der Administration des *lock down* sowie des Impfschutzes auf die

symbolische Ordnung; zählt im Sinne der Immunantwort die tatsächliche Impfung in einem Vakzin, als Einbruch des Realen (Spritze) in den konkreten biologischen Körper; steht indessen bereits die Artifizialität des Impfstoffes (ob nun Vektorimpfstoff, oder mRNA), als "Simulation" des Virus, und die gegenseitige Kodierung im Körper, für eine Verschränkung von symbolischer Ordnung und Realem; ist beider Trennung nicht ontologisch-"kategorial", sondern originär verschränkt: vermag die symbolische (kulturell wissenskodierte) Ordnung im Realen nur von daher etwas (etwa Immunantworten) hervorzulocken, weil es dort im Sinne eines impliziten *Technológos* schon angelegt ist

- Hardware / Software-Verhältnis in Analogie zum genetischen "Code": symbolische Ordnung hier nicht vorgängig im Realen der biologischen Wetware implementiert, sondern ko-originär mit ihr am Werk

- stellen Viren die Frage nach dem *Biológos*; emaniert *lógos* hier von Bio-Materie / -Energie; unterscheidet sich dieser vom *Technológos* hinsichtlich einer - in freier Anlehnung an Gaston Bachelards Neologismus - Logotechnik (die epistemische Kehrseite der Begriffsmünze "Technologie"); stellt dieses Experimentalfeld / Labor eine technische Konkretisierung der althergebrachten Geist / Materie-Dichotomie resp. Snows "zwei Welten" (Natur- vs. Geisteswissenschaften) dar; prallt in Technologie Geist gestaltend / gestaltete Materie (analog zu Baruch Spinozas *natura naturans* vs. *natura naturata*) auf Materie / Energie - als logotechnisch "mateRealisiert" (Natur zweiter Ordnung resp. der symbolischen Ordnung angeeignet); unterläuft Technologie die Dichotomie Kultur / Natur, Körper / Geist; stellt Philosophie die Frage nach dem "ontologische" Status des Virus = Mladen Dolar, Abstract zum Vortrag "What, If Anything, Is a Virus?", Themenabend *Acousmatic Appearances* im Rahmen der Acousmatic Lectures, Errant Sound Galerie, Berlin, 26. Juli 2021; demgegenüber technologische Konkretion (Computer"viren") ein Artefakt; emanieren Artikulationen des *Technológos*

Genetische Intelligenz und der *Technológos* der Pandemie

- weichen neue Mutanten des COVID-19 Virus (März 2021) bereits nicht mehr nur den Schnelltestverfahren, sondern den Immunantworten selbst aus; *Technológos* der anderen Art