



Humboldt Universität zu Berlin
Seminar für Medienwissenschaft

Gullibloon und Sonifikation - Versuch in operativer Medienanalyse als Xenotext

Oswald Berthold

<oberthold@informatik.hu-berlin.de>

Berlin, 31. Okt. 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung / Über dieses Dokument	3
2	Sonifikation	3
2.1	Definition	3
2.2	Trajektorie	4
2.3	Klassifikationen	5
2.4	Aktive Verfahren	6
2.5	Mediale Komponenten	6
3	GulliBloon	7
3.1	Erfassung (Informationsgeneratoren)	10
3.2	Tracks	11
3.2.1	SineClock	11
3.2.2	Temperatur	11
3.2.3	Netzwerkverkehr	12
4	Mediale Tangenten	14
4.1	Komposition	15
4.2	Zeit	16
5	Dateien	18

1 Einleitung / Über dieses Dokument

Sonifikation ist die Verwendung von nichtsprachlichem Klang zur Informationsdarstellung. GulliBloon ist ein Projekt und Kollektiv, das in der elektronischen Medienexperimentation ¹ beheimatet ist, seit 2002 besteht und seitdem einige Arbeiten mit sonifikativem Charakter erstellt hat. Der Ansatz dieser Arbeiten soll auf seine medientechnische Struktur hin untersucht und dabei eine Verbindung zum Bezugsrahmen der Sonifikation hergestellt werden. Das Dokument besteht aus diesem Text, 12 Klangbeispielen und SuperCollider Code und entsteht als Ausarbeitung eines Referats im Kolloquium "Medien, die wir meinen" bei Prof. Wolfgang Ernst am Seminar für Medienwissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin.

2 Sonifikation

Sonification, que est ce que c'est?

2.1 Definition

Sonifikation ist ein Teil der unter dem Begriff *Auditory Display* zusammengefassten Techniken. Ziel *dieser* Techniken ist die akustische Informationsdarstellung ohne weitere Einschränkungen. Sonifikation wird als Begriff in seiner aktuellen Bedeutung seit ungefähr 1990 ([14], [12], [19]) verwendet. Eine naive Definition ist der eingangs verwendete Satz und lautet im Original auf [15]:

Sonification is the use of non-speech audio to convey information.

Eine ausdifferenziertere Version ist die folgende [11]:

Eine Technik die Daten als Input bekommt und Klänge als Output liefert heißt Sonifikation wenn

- Der Klang fest mit Eigenschaften der Daten korrespondiert
- Die Transformation vollständig systematisch ist
- Reproduzierbarkeit mit strukturell identischen Resultaten gegeben ist
- Die Anwendung absichtlich mit gleichen oder anderen Daten möglich ist

Nochmal in andere Worte gefaßt bezeichnet Sonifikation also die Überführung von beliebigen Datenreihen nach konsistenten Regeln ins Hörbare. Sie ist, wie schon erwähnt eine Teilmenge der Techniken des auditorischen Display, dessen Entstehungstrajektorie im mediaten Sinn sich mindestens zwei Jahrhunderte zurückverfolgen lässt und die sich unter hochtechnischen Bedingungen mehr denn je motiviert [2]:

Jede Messung lässt sich vertonen, genauso wie man sie visualisieren kann.

¹Zu einer Medienkunst muss hier Distanz geschaffen werden im Sinne einer Sichtweise der Ablösung von Kunst durch Medien.

2.2 Trajektorie

Die Nutzung des akustischen Wahrnehmungskanals ist eine grundlegende Möglichkeit von Lebewesen, der Mensch eingeschlossen, Wissen über den Zustand und die Dynamik ihrer Umgebung zu gewinnen. Dies geschieht neben passivem Hören auf von der Umgebung erzeugte Geräusche auch durch gezieltes Anregen von Objekten, z.B. durch Klopfen, Schlagen, Schütteln, Reiben, Kratzen, Betasten und ähnliches [10]. Material, Steifheit, Hohlheit, Kompaktheit und andere Eigenschaften können durch dieses Verfahren bewertet werden und helfen im weiteren Umgang mit diesen Objekten. Neben dem Alltagseinsatz solcher Fähigkeiten lassen sich z.B. auf akustischem oder weiter gefasst, schwingungsanalytischem Weg, relativ leicht Materialschäden an verschiedenen Werkzeugen oder Konstruktionen feststellen ([5], S.18).

Die Weiterentwicklung des eben zitierten Vorgehens in eine technisch mediate Form lässt sich anschaulich am Beispiel der *mediaten Auskultation* nachvollziehen. Unabhängig davon ob die technische Basis des Mediums mechanisch oder elektronisch ist, hält Sterne fest, dass am medialen Prozess in diesem Falle des Hörens (Wahrnehmens) mit instrumenteller Unterstützung sowohl das Instrument als auch spezielle "Techniken des Hörens" nicht nur beteiligt sondern konstituiv notwendig sind [26].

The techniques of listening that became widespread with the diffusion of the telephone, the phonograph, and the radio early in the twentieth century were themselves transposed and elaborated from techniques of listening developed elsewhere in middle-class culture over the course of the nineteenth century.

[...]

By this emphasis on technique i mean to denote a concrete set of limited and related practices of listening and practical orientations toward listening.

Mit anderen Worten, die Entwicklung technischer Medien zur Unterstützung menschlicher Sensorik in der Verkleinerung der "schwarzen Sektoren" ([13], S. 67) unseres Erfahrungsbereichs muss die Entwicklung neuer Techniken der Nutzung bereits bestehender Sinnes-Modalitäten beinhalten, die trainiert werden können und müssen. Der hier verwendete Technikbegriff leitet sich von M. Mauss's "Techniken des Körpers" ab ([26], S.91).

Die Voraussetzungen dafür sind neben weichen menschlichen Eigenschaften wie Lernfähigkeit und Experimentierfreude gerade auch im menschlichen Gehör auf physiologischer Ebene gegeben:

Die mechanische Auslenkung der Basilarmembran ist eigentlich viel zu schwach, um die abgehenden Nerven zu reizen. Die Membran muss nach Stimulation selbst aktiv zu schwingen beginnen, um von den Nervenzellen registriert zu werden. Sie tut dies mit einem Verstärkermechanismus, der von den Nerven aus dem Gehirn reguliert wird. Damit besitzt die Schnecke ausdrücklich die technischen Voraussetzungen, um sich auf bestimmte Frequenzen oder bestimmte Rhythmen vorzubereiten und eine *Vorauswahl* unter den ankommenden Schallgeräuschen zu treffen. Dies wäre eine Möglichkeit für das Gehirn, nicht nur zu hören, sondern gleichzeitig auch mitzubestimmen, was es hören will - und was nicht ([2], S.154).

Die Ausführung dieser Techniken interagiert mit folgenden Ausdifferenzierungen des Hörens [11].

Musikalisches Hören - Alltagshören - Analytisches Hören

Unter vielen vom Phonographen inspirierten Ideen, welche in den “Mediengründertagen” [13] zutage traten, ist für die Sonifikation Rilkes Vorschlag zur Abtastung der Schädelkranznaht von besonderer Wichtigkeit [13]. Diese dort zitierte Idee steckt im Kern aller Sonifikations-phantasien und -implementierungen: die Zuführung beliebiger Daten (physikalische Strukturen und Dynamiken nach ihrer numerischen Erfassung) als Parameter eines klangerzeugenden Prozesses. Dies stellt einen transformativen Unterschied zur mediaten Auskultation dar, welche nur die Verstärkung ursprünglich versteckter Klangphänomene exerziert. Übergreifend gilt aber, dass das Instrument diese Phänomene überhaupt hörbar macht und ein spezieller auditiver Wahrnehmungsmodus, das analytische Hören, vonnöten ist um zu einem Wissensgewinn ausser dem Wissen um An- oder Abwesenheit des Klangs zu kommen.

Mit der medientechnischen Integration des Telefons und später des Radios wird die die Ablösung des Schalls von seinem “angestammten” Trägermedium (Luft, Wasser, Festkörper) [29] ermöglicht und durchgeführt. Moleküldichteschwankungen können in elektrische Spannungsschwankungen umgewandelt werden. Dies eröffnet zum einen eine Vielzahl neuer Manipulationsmöglichkeiten, zum anderen konvergieren Schallereignisse mit einer grösseren Klasse von Schwingungsphänomenen, deren gemeinsamer Repräsentationsraum neben der Mathematik die Elektrizität wird. Besonders die Manipulationsmöglichkeiten werden durch die Erfindung des Magnetophons noch einmal massiv erweitert. Das Magnettonband erlaubt unter anderem die Gewinnung der Zeitachsen-basierten Manipulation von Signalen ([13], S.162–170). In diese Generation auditiver Displays fallen einige wichtige Beispiele, so der Geigerzähler, die Hörbarmachung von Spannungsimpulsen durch Anschluss eines Telefonlautsprechers an Nervenzellen, Experimente zur Ersetzung des fehlenden Sinns bei Blinden, nämlich die Entwicklung eines nichtsprachlichen Vorlesegeräts ([30], S.174 sowie [14]), die Entwicklung des elektroenzephalographischen Verfahrens, akustische Leitsysteme für Bomberpiloten im zweiten Weltkrieg [13] sowie der Einsatz klanggebender Verfahren in der Anfangsphase der Computerentwicklung ([14] S.33, [27] S.44, [8]).

Die Arbeit von Speeth [25] markiert einen methodischen Meilenstein durch die Einführung eines IBM 7090 Computers samt Program in die Sonifikationskette. Mit dem Einsatz von digitaler Signalverarbeitung kulminiert dieses Mediensystem zu einem *epistemischen Netzwerk* [29]. Bei konstant bleibender Forderung an die Präzision ermöglicht die digitale Signalverarbeitung mit deutlich geringerem Aufwand als beim Einsatz analoger Verfahren, Transformationen unterhalb zeitkritischer Wahrnehmungsschwellen auszuführen, innerhalb des Systems zu routen, eine Batterie von klassifizierenden Verfahren zur Anwendung zu bringen und die mit Symbolen versehenen Ereignisse zur benötigten sonischen Komplexität aufzublähen. Auch der Aufwand zur Erstellung und Verwendung von Simulationen als Informations-generator unterläuft hier seine zeitkritische Schranke. Damit ist der Boden bereitet auf dem sich der Sonifikationsbegriff der 1990er Jahre entwickeln kann. Neben vielen spezialisierten Anwendungen wie Biosignalmonitoring in der Medizin sind zwei mit Bezug auf den General Purpose Computer insbesondere erwähnenswert, da sie sich auf ihr technisches Trägermedium beziehen. Dies ist zum einen die Entwicklung klangunterstützter grafischer Nutzerschnittstellen für PCs die zeitlich in etwa mit dem Beginn der systematischen Erarbeitung von Sonifikation zusammenfällt ([14], S. 41) und zum anderen Aktivitätsmonitoring von Computer-Netzwerken und -Systemen, siehe oben und exemplarisch [1].

2.3 Klassifikationen

Springen wir nun direkt in die Begriffswelt des aktuellen technischen Diskurses. Sonifikationen können anhand der folgenden Skalen differenziert werden:

1. **Verwendete Verfahren** [10]

- **Audifikation** ist die direkte Umsetzung einer Zeitreihe (zeitlich äquidistanter Datenpunkte) in Schwingungen eines Schallgebers. Erlaubte Manipulation der Daten ohne die Grenzen der Audifikation zu sprengen sind die Veränderung der Zeitbasis und Verstärkung des Signals. Das meistgenannte Beispiel hierfür ist die sicher die Audifikation von seismologischen Daten, siehe [25] und [4].
 - **Earcons** sind als kurze Motive kodierte Symbole. Diese Motive können auch kombiniert und parametrisiert werden.
 - **Auditory Icons** sind Alltagsgeräusche oder klangliche Karikaturen der ihnen entsprechenden Ereignisse und Vorgänge.
 - **Parameter Mapping Sonification**: Die Datenreihe, bei mehrdimensionalen Reihen auch jede einzelne, werden nach eindeutiger Vorschrift auf Parameter eines klangerzeugenden Systems abgebildet. Dies stellt das populärste weil für verallgemeinerte Anwendung intuitivste und einfachste Verfahren dar.
 - **Model-based Sonification**: Es wird ein fixes, physikalisches Modell eines schwingungsfähigen Systems erstellt, welches mittels unterschiedlicher Interaktionsmodi durch die Daten selbst angeregt werden kann. vgl. Abklopfen etc.
2. **Analogisch - Symbolisches Kontinuum** [14] Sonifikationssysteme können auf einem Kontinuum zwischen Analog und Symbolisch platziert werden. Audifikation markiert das analoge und Earcons das symbolische Ende. Nur gesprochene Sprache liegt noch weiter in Richtung des Symbolischen, diese kann aber nach Definition [15] nicht mehr eindeutig als Sonifikation bezeichnet werden.

2.4 Aktive Verfahren

Eine von obigem abweichende Variante des Einsatzes von Schall zur Wissensgewinnung sind aktive Verfahren. Ihnen gemeinsam ist die Verwendung von Schall als Probe oder Testfühler. Auch die modellbasierte Sonifikation verwendet akustische oder im niederfrequenten Fall seismische Partikel zur Anregung des Systems. Andersherum betrachtet können aktive Verfahren gewissermassen als eine modellbasierte Sonifikation in analoger Simulation gesehen werden, wobei das Modell die abzutastende Umgebung ist und die Art und Form der Schallprobe die Interaktionsmodi also die Daten darstellen. Das bekannteste Beispiel dieser Kategorie ist das aktive SONAR mit dem auf optischem Weg schwierig zu behandelnde Erfahrungsbereiche wie der Subaquatische oder undurchsichtige Körper (Ultraschall) erschlossen werden können und die eine starke Ähnlichkeit zu auf Elektromagnetismus als Übertragungsmedium basierenden Techniken aufweisen (Radar). In aktueller physikalischer Grundlagenforschung ist auch wiederholt von aktiv mit akustischen Elementen arbeitenden Experimentalsystemen die Rede, so der Versuch Muskeln bei der Arbeit zuzuhören ², elektrische Stromerzeugung aus Wärme mittels Schall ³, Krebserkennung mit Ultraschall ⁴ oder Quantenmanipulation mit akustischen Mitteln ⁵.

2.5 Mediale Komponenten

Auch hier gilt McLuhan, Sonifikation als *epistemisches Netz*, mit anderen Worten als Konglomerat inhomogener Medientechnologien enthält eine variable Menge anderer Medien. Dies bedeutet ein Inein-

²<http://www.aip.org/pnu/2007/split/828-1.html>

³<http://www.aip.org/pnu/2007/split/826-3.html>

⁴<http://www.aip.org/pnu/2007/split/833-1.html>

⁵<http://www.aip.org/pnu/2007/split/838-1.html>

andergreifen verschiedener Schichten oder Elemente und kann im einfachsten Fall, und im Rückgriff auf die signalverarbeitende Charakteristik von Sonifikation, als Kette vorgestellt werden. Dabei können unterschiedliche Beschreibungsebenen gewählt werden. Bei Kramer ([14], S.2), findet sich etwa folgendes einfache Shannonsche Schema:

Information Generator	Communicative Medium	Information Receiver
.	Data receiving	.
.	Intermediary Structures	.
.	Sound Generating	.

Sieht man etwas genauer hin, zum Beispiel bei Hermann ([10], siehe Abbildung 1), kommen weitere Elemente zum Vorschein.

Sequenziell geschrieben bedeutet das, in Anlehnung an die Beschreibung eines anderen Medienverbundsystems, des Tonfilms bei [13], etwa folgendes: Der Zustand eines oder mehrerer Bestandteils/eines physikalischen Prozesses werden in Spannungswerte umgewandelt - die Spannungswerte werden in die digitale Domäne überführt - die digitalen Rohdaten durchlaufen eine eventuell mehrstufige Vorverarbeitung und ergeben die "abstrakte Repräsentation" des Informationsproblems - die Ergebnisse der Vorverarbeitung werden auf die klangformenden Parameter der Syntheseeinheit abgebildet - die Syntheseeinheit berechnet eine Zeitreihe - diese durchläuft einen DA-Wandler und liefert einen kontinuierlich schwankenden Spannungswert und letztlich steuert dieser eine mechanische Vibration. Die Stationen Statistikmaschine und Syntheseeinheit und das biologische Apriori *menschlicher Wahrnehmungsapparat und Bewusstsein* sollen an dieser Stelle ungeöffnet bleiben. Tatsächlich ist der Verlauf nicht immer so linear zu denken, denn wie im nächsten Abschnitt beschrieben, können zu den physikalischen z.B. informationelle Prozesse als Informationsgeneratoren dazutreten. Die mechanische Vibration muss keine Lautsprechermembran sein, sie kann auch die Bewegung eines Roboters oder andere und mehrere Sinnesmodalitäten umfassen und die einzelnen Modalitäten unterschiedliche Vorverarbeitung erfahren.

3 GulliBloon

Wir begeben uns auf die Seite des Untersuchungsgegenstand und werden selbst aktiv [6]. GulliBloon bezeichnet, wie schon erwähnt, sowohl ein Kollektiv mit Bestand seit 2002 sowie die erste Arbeit desselben. Biographische Details und die Software lassen sich von der Webseite des Projekts [16] beziehen. Es interessiert uns hier diese erste Arbeit.

Einen Ausgangspunkt bildet die experimentelle Arbeitssituation von mehreren Akteuren, die in Echtzeit gemeinsam eine temporäre Skulptur aus Klang und Bild (Licht) erzeugen und bearbeiten wollen. Einen weiteren Aspekt bildet der Wunsch, Umgebungsparameter in das System miteinwirken zu lassen. Die Infrastruktur wird zum grössten Teil von Software gebildet, das heisst die Instrumente sind verschiedene Softwaremodule die für unterschiedliche Ausführungsumgebungen geschrieben wurden und zusammenarbeiten müssen. Für die zur Zusammenarbeit notwendige Kommunikation werden das Internet Protocol (IP) und darauf aufsetzend Open Sound Control (OSC) [17] bemüht.

Open Sound Control (OSC) is a protocol for communication among computers, sound synthesizers, and other multimedia devices that is optimized for modern networking technology.

Der Signalfloss entspricht dem weiter oben Dargestellten, d.h. wir können das System spezifisch als Sonifikationssystem näher betrachten, siehe Abbildung 2.

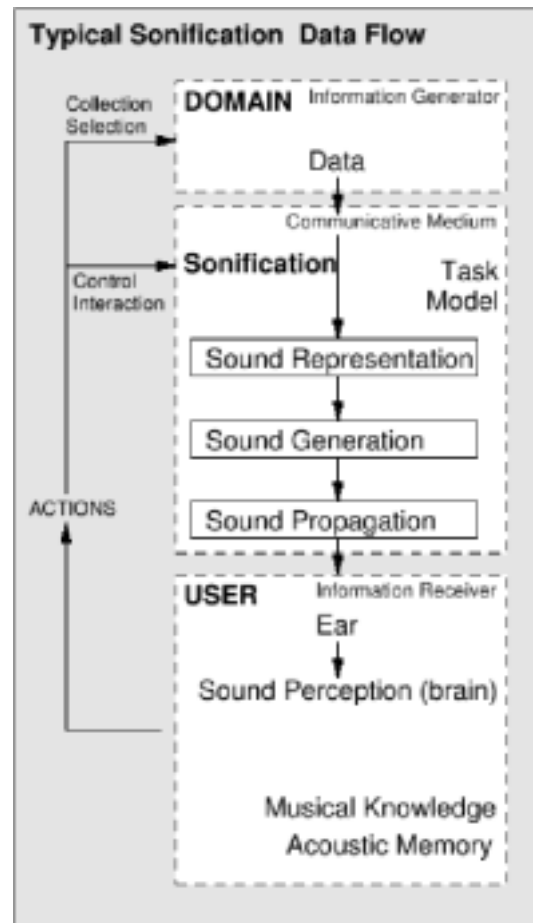


Abbildung 1: Data Flow in a Sonification Setup, Grafik von [10]

A-S Med.	Analogic		Symbolic	
Phys. - Elek.	Sensors (Thermo- meter)	Joy- stick	gsniff: packet capture library to OSC converter	System Status: Load, Log Messages
Elek. / Inf.				News RSS Feed
Abstr. Domäne			OSC Weather	gsrv: OSC Message Distribution Server
Abstr. Domäne				
Spez. Domäne			SuperCollider Language	
Spez. Domäne	DAC	SuperCollider Server	Visualisierung: gwiz, grkz, gtxt	
Elek. Phys.	Laut- sprecher	Graphics Display		

Abbildung 2: GulliBloon Diagram: Softwaremodule, Einordnung im Analog-Symbolischen Kontinuum und in medialen Wirkungsdomänen.

3.1 Erfassung (Informationsgeneratoren)

In der Projektterminologie heissen die datenerfassenden Module *Sniffer*. Dies leitet sich ab vom Packet Sniffer *tcpdump* ([33] [35]), der die projekthistorisch erste Datenquelle darstellte. Ein Sniffer ist die Software oder Hardware zum Abfangen eines Datenstroms und kann entsprechend auf basal physikalischer oder auf Protokoll-Ebene ansetzen. Insgesamt verwendete Quellen sind u.a.: Verkehr in, und Zustand eines Computernetzwerks, Lufttemperatur, erweiterte Wetterdaten des National Weather Service (neben Temperatur auch Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Wind-richtung und -geschwindigkeit), Joysticks (Handbewegungen), MIDI (zur Nutzbarmachung ganzer Archive von MIDI-Dateien), Ascii-Chat, Logdateien von Computersystemen, Auslastung von Computersystemen und die Daten aus unterschiedlichen simulierten Welten (z.B. Positionen und Geschwindigkeit einzelner Objekte).

Eine Schwierigkeit in der Analyse des Systems bildet der Umstand, dass bereits auf dieser Ebene, jener der Erfassung, der Verlauf von Analog zu Symbolisch nicht in der makroskopischen Modulorganisation abgebildet und diskretisiert ist. Weiters stellt sich die Frage, wo überhaupt der Punkt der weitesten Analogizität anzusiedeln ist. Im Fall Netzwerkverkehr ist dies die physikalische Übertragungsschicht, der Physical Layer [32], allerdings gibt es hier Unterschiede in den spezifischen Medien, seien dies Twisted Pair Ethernet (kabelbasiert), Firewire (kabelbasiert mit seriellem Übertragungsprotokoll), WiFi (kabelloses Ethernet) oder Anderes. In diesem Fall wird der kleinste gemeinsame Nenner gewählt, der ohne zusätzlichen Hardwareaufwand zugänglich ist. Das ist Schicht 3 nach dem OSI Modell, d.h. der Sniffer erfasst alle auf dieser Ebene aktiven Protokolle. Die rein analogen Daten, also zum Beispiel das Signal im Kabel, stehen innerhalb des Betriebssystems gar nicht mehr zur Verfügung, da deren Verarbeitung in ASICs (Application Specific Integrated Circuits) ausgelagert ist. Diese Zugriffsproblematik reicht beim Digitalfunk in die behördliche Frequenzbandregulierung hinein. Es soll gar nicht möglich sein über das Betriebssystem grundlegende Parameter der Funkhardware zu verändern.

Sind die Rohdaten dem Betriebssystemkern abgerungen, können diese an die nächste Station im Sonifikationsprozess weitergeleitet werden, was systembedingt genau da neue Daten erzeugt, wo die eben Versickten gewonnen wurden, im Netzwerk. Sie können auch einer im Sniffer integrierten Finite State Machine (endlicher Zustandsautomat) zugeführt werden, um weiter oben im OSI Modell angesiedelte Ereignisse zu extrahieren. Speziell das TCP Protokoll verwendet beim Verbindungsaufbau und bei der Beendigung derselben sowie beim Übertragen einzelner Pakete zur Verifikation der Vorgänge Zustandsmaschinen an. Im vorliegenden Fall werden die Nutzdaten der Pakete gar nicht ausgewertet, sondern nur die Header, also deren Verpackung. Andere Sniffer die auf Softwareebene Daten sammeln liefern schon Ereignissen entsprechende Symbole. Das ist beispielsweise bei der Erfassung von Systemereignissen über Logdateien der Fall.

Es lässt sich bemerken dass hier ein Medium die Beobachtung eines Anderen zum Inhalt hat und dieser Inhalt dem beobachteten Medium wieder zugeführt wird, gewissermaßen eine Beobachtung zweiter Ordnung. Durch den Einsatz von Filtern, wie weiter unten genauer beschrieben, kann diese Rückkopplung reguliert werden.

Exemplarisch für die ganze Klasse elektronischer Sensoren steht hier das digitale Thermometer, (vgl. dazu das Auditory Thermometer [14], S.46 u. 47 und [7]). Hier ist die Frage der Einordnung leichter zu entscheiden und entsprechend die Symbolextraktion aufwändiger.

Wenden wir nun den Blick auf einige dieser Module im Vollzug und versuchen wir den Signalfluss durch die einzelnen Teilmedien zu verfolgen.

3.2 Tracks

3.2.1 SineClock

Die SineClock, auf deutsch vielleicht SinUhr, wie von Douglas I. Repetto [20] vorgeschlagen und realisiert, stellt einen willkommen einfachen Sonifikationsprozess dar. Verschiedene Implementationen sind denkbar, von einer rein Mechanischen über eine Elektronische hin zur Digitalen. Datenquelle ist das Fortschreiten einer technisch mediaten Zeit, der relevante Parameter ist ein regelmässiger ganzzahliger Tickzähler modulo Minute, Stunde und Tag. Jedes dieser letzten 3 Objekte wird durch eine Schwebung repräsentiert, die wie folgt erzeugt wird: Jedem Objekt wird ein konstanter Grundton zugeordnet, z.B. 200 Hz für die Minute, 300 Hz für die Stunde und 450 Hz für den Tag. Ein zweiter gleichartig zugeordneter Ton wird mit dem Ablauf der Zeit um maximal 5 Hz auf- und wieder ab-steigend moduliert. Sofort zeigt sich die Schwierigkeit der absoluten Anzeige von Werten im auditorischen Display, der ästhetische Gewinn überwiegt den Epistemogenen.

- Klangbeispiel: SineClock-17:20-17:30.ogg⁶
- Klangbeispiel: SineClock-23:50-00:00.ogg⁷
- Code: Siehe **Dateien** am Ende des Textes

3.2.2 Temperatur

Temperaturwerte werden dem System über zwei verschiedene Wege zugeführt. Zum einen über ein elektronisches Thermometer, zum anderen über die Abfrage der Wetterstationen des National Weather Service [24]. Die Werte des NSW werden alle 15 Minuten aktualisiert, bei elektronischen Thermometern ist die zeitliche Auflösung in Grenzen frei wählbar. Diese medientechnischen Vorgaben führen zu direkten ästhetischen Konsequenzen, 0.018 bps im Fall des NSW-Feeds sind ein sehr schmaler Kanal. Ein schneller abgetastetes Temperatursignal eignet sich zur medienarchäologischen Rekonstruktion des Auditory Thermometers [7]. Schon bei diesem vergleichsweise einfachen, im Original analog-elektronischen Aufbau zeigt sich Modularisierung und Fragmentierung, elektronische Module erscheinen als mediale Partikel, der Austausch der Datenquelle und des Anzeigemediums sind schon vorgesehen (vgl. *Auditory Compass* und *Speaking Meter*). Es stellt sich die Frage, ob im Minkowskischen [18] Sinne wie im unendlichdimensionalen Vektorraum die Dimension, das Medium wieder zum Kontinuum gerinnen kann, was an anderer Stelle mit dem Begriff *kassieren* positiv beantwortet wird [13].

- Klangbeispiel: AuditoryThermometer-01-22.Grad.ogg⁸

Der Ton startet bei der Repräsentation von ca. 22 Grad Celsius. Dann ist zu hören wie der Referenzton auf diesen Wert eingestellt wird. Danach klettert das Thermometer weiter durch langsame Anpassung an die Raumtemperatur. Bei 24.44 Grad Celsius wird die Aufnahme abgebrochen.

- Klangbeispiel: NSW-01-20071015-20:52-21:08.ogg⁹

⁶SineClock-17:20-17:30.ogg

⁷SineClock-23:50-00:00.ogg

⁸AuditoryThermometer-01-22.Grad.ogg

⁹NSW-01-20071015-20:52-21:08.ogg

Sonifikation der Daten des U.S. National Weather Service: ein Achtklang mit relativ langem Ausklang alle 10 Minuten, ausgelöst durch das Eintreffen der Daten. Der Rhythmus zerfällt aber bald wegen unterschiedlicher Antwortzeiten der einzelnen HTTP-Anfragen.

Wir hören die Sequenz BGKK, -1, NZCM, -21, YBAS, 11, YPDN, 26, YPAD, 12, LOWG, 8, LOWW, 7, EBBR, 14, EDDT, 12, EDDI, 12, EGKK, 14, EGLL, 14, BGKK, -1¹⁰, wobei die Kürzel Städte kodieren und die Zahlen die entsprechende Temperatur in Grad Celsius gerundet auf ganze Zahlen darstellen.

- Code: Siehe **Dateien** am Ende des Textes.

Tauschen wir beim Auditory Thermometer die Klangerzeugungsebene aus und verwenden ein vereinfachtes Grillenmodell, lässt sich nach Dolbear's Law [31], lautend auf

$$T_F = 50 + \left(\frac{N - 40}{4} \right)$$

$$T_F = 40 + N'$$

$$T_C = 10 \left(\frac{N - 40}{7} \right)$$

und dem "gnadenlosesten Experimentator" ([13], S.280) ebenso die Temperatur erhören. Zählen irgendwo in der Verarbeitungskette vorausgesetzt.

- Klangbeispiel: [dolbears.cricket-0-25-finger.ogg](#)¹¹

Die Grille startet bei einer Zirprate von 1 Hz, das entspricht 12.85 Grad Celsius, macht dann einen Sprung wenn der Sniffer aktiviert wird auf die aktuelle Zimmertemperatur von 25.5 Grad Celsius und steigt anschliessend durch Anlegen des Zeigefingers an den Sensor noch um ca. 2 Grad, also nochmal um ca. 0.2 Hz.

- Code: Siehe **Dateien** am Ende des Textes.

3.2.3 Netzwerkverkehr

Paketdaten aus Computernetzwerken stellen im Vergleich zu den bisher vorgestellten Klangobjekten weit mehr Information pro Zeiteinheit zur Verfügung. Bei der Betrachtung solcher Daten können unterschiedliche Ebenen fokussiert werden. Das basalste Medium unter diesem Blickwinkel stellt das Internet Protocol (IP) dar, in dem ein Grossteil des Datenaufkommens im Internet und auch in lokalen Netzwerken gebündelt wird, bevor sich der Strom der Signale wieder in eine Vielzahl physikalischer Übertragungsmedien auffächert.

¹⁰BGKK: Kulusuk Lufthavn Greenland, NZCM: Williams Field Antarctica, YBAS: Alice Springs Aerodrome Australia, YPDN: Darwin Airport Australia, YPAD: Adelaide Airport Australia, LOWG: Graz-Thalerhof-Flughafen, Austria, LOWW: Wien / Schwechat-Flughafen Austria, EBBR: Bruxelles National Belgium, EDDT: Berlin-Tegel Germany, EDDI: Berlin-Tempelhof Germany, EGKK: London / Gatwick Airport united Kingdom, EGLL: London / Heathrow Airport United Kingdom

¹¹[dolbears.cricket-0-25-finger.ogg](#)

packetplayer Sehen wir uns das IP genauer an, finden wir die grundlegende Einheit, das Paket. Es besitzt einen Absender und einen Empfänger und einige weitere für den Transport und die Fehlerkorrektur notwendigen "Umschlagsbeschriftungen", sowie eine Nutzlast, die weitere Protokolle umschliesst. Auch die Information darüber ist uns mittels Packetsniffer zugänglich, mehr noch, es sind alle Nutz- und Steuerdaten, die sich im Transportmedium unseres Computers manifestieren und nicht durch kryptografische Massnahmen geschützt sind, trivialerweise zugänglich. Wir fahren also fort im Programm, wählen gewisse Einschränkungen, z.B. für Paketgrössen und deren zeitlicher Entsprechung, vor allem aber bei der Auswahl der verwendeten Daten.

- Klangbeispiel [packetplayer-arrhea-solo.ogg](#)¹²

Jedes Paket löst einen durch seine Adressdaten parametrisierten Klang aus. Diese Daten sind nächstes eingeschlossenes Protokoll, Quell-Adresse und Port, Ziel-Adresse und Port sowie die Paketlänge. Die absolute Zeit wird zugunsten einer unmittelbaren Verarbeitung ignoriert.

- Klangbeispiel [packetplayer-penflake-solo.ogg](#)¹³

Das gleiche nochmal aber die Erfassung erfolgt auf einem anderen Rechner.

- Code siehe ganz unten.

connectionplayer Die reale Geschwindigkeit der Paketereignisse unterläuft klar die zeitlichen Wahrnehmungsschwellen des Gehörs. Aber schon auf der nächsten Ebene, jener der einzelnen Übertragungsvorgänge, die sich aus einem oder mehreren Paketen zusammensetzen, sieht dies anders aus. Genau genommen ist diese Zusammenfassung aber nur für TCP erlaubt da Protokolle wie UDP oder ICMP zustandslos sind und keine Verbindungen kennen. Dennoch kann mit relativ einfachen Mitteln ein Äquivalent hergestellt werden, also z.B. werden alle Pakete mit identischen Adressdaten die zueinander keinen grösseren zeitlichen Abstand haben als ein bestimmtes festgelegtes Maximum zu einer Verbindung gezählt. Der Gewinn durch die Zusammenfassung ist aber abhängig von Datenaufkommen im beobachteten Netzwerk.

- Klangbeispiel: [connectionplayer-penflake-solo.ogg](#)¹⁴

Es bietet sich nun ein erweiterter Versuch mit Earcons an, wobei im Vergleich zum vorigen Beispiel Verbindungen auf bekannten Ports (diese entsprechen wohlbekannten Diensten, z.B. WWW, remote login, etc) eine ausgezeichnete Klangsignatur hervorrufen. Bis jetzt wurden alle Verbindungen gleich behandelt.

- Klangbeispiel: [connectionplayer2-penflake-solo.ogg](#)¹⁵

Der Code mit denen die Beispiele erzeugt wurden findet sich wieder jeweils am Ende des Textes.

¹²[packetplayer-arrhea-solo.ogg](#)

¹³[packetplayer-penflake-solo.ogg](#)

¹⁴[connectionplayer-penflake-solo.ogg](#)

¹⁵[connectionplayer2-penflake-solo.ogg](#)

4 Mediale Tangenten

Der Schritt vom Automaten zum Medium wird “faktisch”, wenn dieser auch Daten der Außenwelt verarbeiten kann: rekursiv, adaptiv, also mehr als nur die berechenbaren Zahlen ([6], S.13).

Die drei angeführten Beispiele für Informationsquellen weisen im Zusammenhang mit der menschlichen Wahrnehmung unterschiedliche immediate Zugänglichkeit auf. Nur die Temperatur ist für uns direkt wahrnehmbar. Schon die Zeit erfährt erst durch ihre Mediatisierung eine neue Qualität, die Uhr ist hier als Taktgeber gesehen. Dieser Takt ist dennoch mit Körpertechniken zumindest approximierbar. Die Temperatur entfernter Orte ist für uns *natürlich* nicht unmittelbar erfahrbar. Der Netzwerkverkehr ist schliesslich unserer direkten Wahrnehmung gänzlich entzogen, den einzigen Berührungspunkt stellt wahrscheinlich das Blinken der Lämpchen am Hub oder Switch dar, und genau da tritt wieder klar zutage, dass ein Grossteil des epistemogenen Potentials dieser Anordnungen nicht ausschliesslich auf klanglicher Ebene zu suchen ist sondern auch im Vorgang der Überführung der rohen Daten in die abstrakte Repräsentation. Dennoch wollen wir gerade epistemologische Fragen erst nach erfolgter Synthese zu unmittelbar erfassbaren Phänomenen stellen und diese Durchführung als techno-logische Notwendigkeit annehmen. Wir wollen von Beliebigkeit, der “Pest des Parameter-Mappings” [11] profitieren und sehen die Ergebnisse als einzelne Realisationen eines probabilistischen aber nicht beliebigen Prozesses.

Fügen wir das abstrakte Mikroskop ein in den Blick auf die sich auf unseren Anstoss hin vollziehenden medialen Prozesse, finden wir eine nahezu fraktale Struktur in der Anordnung der beteiligten Komponenten vor, “die Einheit der Apperzeption zerfällt in eine offene Menge von Subroutinen” [13] (S.279). Dieser Komponentenhaufen ist an der Peripherie mit der Mittlung zwischen physikalischen Grössen und deren informationeller Repräsentation befasst, der Rest sind Subroutinen deren Wirkungspotential nur durch die berechenbaren Funktionen beschränkt ist, die aber durch ihre Wirkungsbedingung Operationalität vereint sind [6]. In der experimentativen Tätigkeit geht es neben Manipulationen an der Peripherie vornehmlich darum, die Vielzahl der einzelnen Potentiale zu verschalten, den Fluss durch das epistemische Netz zu konfigurieren, aus Einzelteilen ein umfassenderes mediales Gebilde zu schaffen und im “tappenden Fortbewegungsmodus” überall dort wo ein Medium aufhört, ein anderes zu plazieren ([13] S. 198).

Das Bild des Netzes bleibt also adäquat, es verfestigt sich sogar. Viele Komponenten mit unterschiedlichen Funktionen bevölkern den Raum der Möglichkeiten und Aktualitäten. Die Mitglieder bestimmter Gruppen sind untereinander austauschbar. Die relevanten Strukturen für eine mögliche Sinnbildung sind die jeweiligen Übergänge, die Interfaces zwischen den Elementen [13], deren Ein- und Ausgabemöglichkeiten sie bestimmen. Je nachdem an welchem Interface sich die Wahrnehmung einkoppelt, entsteht eine unterschiedliche Realität [6]:

Der Zusammenhang von Messung und Welterzeugung kulminiert hier in der operativen Schließung des Daten- und Signalkreises.

Eine wichtige Funktionsklasse für diese medialen Miniaturen ist die Filterung der Daten, das heisst das Weglassen von einzelnen Vektoren oder Vektorelementen, die Hemmung ihres Weitertransports an die Ausgabe, meist zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit, zum Beispiel bei einer Echtzeitkopplung. Schon beim Geigerzähler findet ein Tausch statt zwischen der Länge der Spannungsentladungen des Zählrohrs und der Erfassung möglichst vieler ionisationsauslösender Ereignisse. Während der Entladung ist das

Zählrohr taub gegenüber diesen Ereignissen, ähnlich dem Verhalten feuernder Nervenzellen. Wird aber der Klang zu kurz, entflieht er dem akustischen Wahrnehmungsspektrum nach oben.

4.1 Komposition

Die Grenze zwischen generativer Musik (algorithmischer Komposition) und Sonifikation wird in beide Richtungen fortwährend überschritten.

Die Vorgehensweise der Sonifikation schafft für medientechnische Experimente die Parallele der daten- gebundenen Klänge (data-driven sound, [22]). Die formgebenden Mittel werden um die Suche nach und die Auswahl von Datenerzeugern und deren Überführung in die elektrische Domäne erweitert, wir betreiben "physical computing" [34]. Die dadurch gewonnenen Möglichkeiten umfassen unter anderem die Änderung des Experimentalaufbaus oder den Austausch der Datenquelle bei gleichbleibender Soni- fikationskette [11]. Auf jeden Fall sind die so erzeugten Daten nie explizit niedergeschrieben worden, sondern notwendige Konsequenz einer festgelegten Erfassungs- und Transformations- kette.

In den 1980er Jahren wurde damit begonnen, nichtlineare dynamische Systeme zu sonifizieren und auch diese als Grundlage elektronischer Kompositionen zu verwenden ([14], [22]). Konsequenz der praktischen Berechenbarkeit solcher Phänomene auf sich verbreitenden Home-Computern. Sogar aus den späten 1970er Jahren lässt sich schon zitieren:

"Hey, I've just been listening to the Lorenz attractor," Spiegel said. Spiegel had transmuted this emblem of chaos, using some impromptu circuitry connected to a hi-fi set, into a looping slide-whistle, antmelody. He brought Burke into the bar for a drink and explained. ([9], S.244)

Das ist interessant im Hinblick auf die Grenzüberschreitung. Bei der Verklanglichung der zeitlichen Ent- wicklung chaotischer Systeme ist der Informationsgenerator synthetischer Art, die Messung einer simu- lierten physikalischen Entsprechung. Durch Wahl und Modifikation eines bestimmten signalerzeugenden Modells kann eine Komposition gestaltet werden. Selbstverständlich vollzieht sich das in Rückkopplung zum klangerzeugenden Teil des Arrangements. Eine offensichtliche Erweiterung dieses Vorgehens ist die Suche nach realen Modellen mit den gewünschten Eigenschaften. Diese Suche wiederum vollzieht sich in Rückkopplung zu dem, was extrinsische Prozesse "zu bieten haben". Diese Idee einer Musik der Natur, der Technologie oder des Raumes, einer physikalischen Musik, ist sicher nicht neu. Zum einen sei die vielzitierte Musik der Sphären erneut zitiert, zum anderen liegt sie der gesamten analog-elektronischen Musik des 20. Jahrhunderts (und später) zugrunde, die sogar als eine Unterklasse von Analogcomputing gedacht werden kann. Besonders bemerkenswert in diesem Zusammenhang sind u.a. die Arbeiten von Alvin Lucier oder Charles Dodge. Kurz gesagt stehen für die Tätigkeit des Komponierens in audiovi- sueller Auslegung, also des Zusammensetzens medialer Prozesse, neue Elemente und Auswahlverfahren zur Verfügung.

Das weiter oben schon differenzierte musikalische Hören wird dadurch provoziert und muss sich entweder mit dem analytischen Hören verbünden oder abschalten. Die Akroasis [28] muss aktiviert und die Ohren gespitzt werden.

Nachdem verschiedene Informationsgeneratoren und deren Verhalten erschlossen wurden, lassen sich diese, vielleicht in Analogie zu Rheinbergers Darstellung der Rückkopplung der Elemente im Experimen- talsystem ([21], S.24 und 26), gezielt einsetzen. Als Beispiel für eine chaotische (nicht zufällige und doch sich nie wiederholende) Sequenz hören wir den chaotischen Rhythmusgenerator ([2], [S.74–79]) der als Modell sowohl dem tropfenden Wasserhahn wie auch dem Feuern von einzelnen Neuronen entspricht. Das Modell musste erst über Theorie und Experiment gewonnen werden um als Rhythmusgeber mit

organischer Qualität verwendet werden zu können, dessen Variabilität im Fall des Wasserhahns durch einen einzigen Parameter, die Durchflussrate gegeben ist um in andere Experimente übertragen werden zu können.

- Klangbeispiel: chaotischer Rhythmusgenerator, [rhythmus.ogg](#)¹⁶ Zwei rückgekoppelte Oszillatoren erzeugen ein Muster das in Impulsform umgewandelt wird. Ein solches System ist zu chaotischem Verhalten fähig [23]. Das Beispiel enthält z.B. neun verschiedene Abstände die kombiniert werden.

Warum kommen diese Techniken in die experimentelle Praxis? Dieser Weg wird beschritten 'weil und nur weil' ([29], S.8) er medientechnisch möglich ist, weil der Computer mathematische Modelle in realitätsstiftender Operationalisierung berechnen kann, weil diese Modelle im Vollzug in das physikalische Apriori eingebettet werden können, dabei zu Medien werden und weil sie in ihrem Betrieb, Schalten, Modulieren, Fragen und Antworten versteckte Wirkungen produzieren, sei es lautloses Geplapper in einem Netzwerkkabel, um am Ende in Erfüllung des technologischen Dispositivs der Verknüpfung beliebiger Daten mit Kanälen der Sinneswahrnehmung durch verfeinerte Wahrnehmungstechniken wissenschaftend zum Wirken zu kommen.

Der Ansatz bildet in seiner Notwendigkeit einen verzerrten Schatten aktueller Kontroll- und Überwachungskomplexe der Macht. Verstärkung der Tendenz zur Erweiterung sinnlicher Wahrnehmungsmöglichkeiten, Schaffung neuer Informationswelten durch Gebrauch von Technologie. Für industrielle, wissenschaftliche und sinnersetzende Anwendungen birgt die auditorische Anzeige den Vorteil der augenfreien Perzeption, für die medientechnische Experimentation ist sie rekursiver Selbstzweck.

In der Eskalation ist die Ausgabe nicht mehr nur als Klang vorzustellen, sondern auch als Objekt, Bewegung oder verschiedene Formen von Strahlung. Bisher nahezu unerwähnt geblieben sind im Interesse von Vereinfachung hybride Systeme. Wir wollen dazu nur kurz festhalten, dass jedes Sonifikationssystem fast zwangsweise hybrid ist, besonders im softwareelastigen Fall gibt es fast immer zumindest ein grafisches Interface zur Steuerung globaler Parameter die auch die grafische Anzeige bestimmter Systemzustände beinhaltet.

4.2 Zeit

Als Einschränkung, oder "warum nicht positiv", als besondere Eigenschaft des Systems ist zu bemerken, dass nur zeitgebundene Signale verwendet werden. Mehr noch, das System ist darauf ausgelegt, Daten in direkter Verzahnung mit ihrer realen Zeit zu verarbeiten, und bleibt damit seinen historischen Wurzeln im Monitoring (dem Packet Sniffer) sowie dem Musikalischen "treu". Das heisst, eine zeitliche Struktur steht unmittelbar als Rhythmusgeber zur Verfügung und muss nicht aus anderen, nicht ursprünglich zeitlichen Informationen, synthetisiert werden. Vergleichen wir dazu deCampo et al. ([3]):

For time series data, the data time dimension is nearly identical to the time used in audio synthesis: In most cases, sonifications will map data time to sound time. There are cases where deciding against this can be heuristically interesting, and certainly navigation along the time axis is a valuable option.

Den Gedanken fortsetzend stellt sich die Frage, ob es überhaupt einen Unterschied macht, ob die sonifizierte Datenquelle eine intrinsische Zeitstruktur vorgibt oder die Verzeitlichung ([29]) aufgrund beliebiger Elemente des Datenvektors erfolgt. Das kann für bestimmte Fälle klar negativ beantwortet

¹⁶[rhythmus.ogg](#)

werden, da die Zwischenrepräsentation im Vektorraum die Semantik der Eingabe homogenisiert und die Navigation entlang der Zeitachse für Offline-Sonifikationen trivial ist.

Nicht aber für Systeme deren innere Zeit mit der Realzeit kongruent ist. Denn für beliebige Zeitachsenavigation in diesem Fall sind über Extrapolation hinausgehender Zugriff auf die Zukunft und ein unendlich grosser Puffer notwendig.

Für die Wahrnehmung relevant ist vornehmlich dass das Mittel Klang ein bestimmtes Band zeitlicher Disposition eröffnet, das sich vor allem in Richtung Ereignissequenzen mit kürzeren Abständen deutlich weiter erstreckt als dies beim optischen Wahrnehmungskanal der Fall ist. Aber auch dieser kleine Gewinn wird angesichts der Geschwindigkeit vieler biologischer und technischer Prozesse für rigide Echtzeitkopplung nichtig und andere Strategien müssen entworfen werden. Eine solche ist, die Betrachtungsweise vom strikt Rhythmischen, Ereignisbasierten zum zeitdiskreten stationären Signal umschwenken zu lassen, die distinkten Ereignisse zur Oszillation werden zu lassen um den signalverarbeiterischen Werkzeugkasten in Konsonanz mit dem "Mediendispositiv der Moderne" ([5], S.8) vollständig für sich nutzbar zu machen. Eine andere wäre eine in Grenzen wabernde Zeit die es erlaubt bei Verdichtung von Ereignissen ihr Fortschreiten zu verlangsamen.

Zur vorliegenden Realisierung der Zeitkopplung ist noch anzumerken, dass diese rauschbehaftet ist. Einfach gesprochen gibt das System im direktesten Fall der Umsetzung einen Klang aus zu dem Zeitpunkt wo das Ereignis eingetreten ist. Real treten dabei jedoch an mehreren Stellen Latenzen hinzu, die schon einzeln betrachtet nicht konstant sind. Solche Stellen sind die physikalische Übertragung, die Scheduler der Betriebssystemkerne, und die erneute Verteilung der vorverarbeiteten Information über ein Netzwerk. Eine zeitstempelbasierte, exakte Verarbeitung muss aber zur Reduzierung des Verlusts einzelner Ereignisse gepuffert erfolgen. Offen bleibt ob die Puffergrösse auf ein für die Wahrnehmung vernachlässigbares Niveau gedrückt werden kann.

Was für die Ereignisabfolgegeschwindigkeit in der Zeit gilt, kehrt unter umgekehrtem Vorzeichen, als Überlaufen der Wahrnehmungskapazität mit der Datendimensionszahl wieder. In einem begrenzten Band kann dies durch Verfeinerung der "audilen Technik", durch Lernen der konkreten Sonifikation, ausgeglichen werden aber ab einem bestimmten Punkt helfen nurmehr Massnahmen wie Vorverarbeitung, Filterung, niedriger-dimensionale Projektionen oder komplexe Modelle (im Sinne der model-based sonification), dazu deCampo ([3]):

All of these strategies serve the same fundamental purpose: Reducing data complexity by means of pre-interpretation; making informed choices of what to represent in the sound and what to leave out, in order to arrive at sound results that are easier to understand.

Dies zeigt nochmal deutlich die immense Wichtigkeit der statistischen und signalverarbeitenden Methoden für die das Medium operativ konstituierenden Transformationen von Information.

Vergessen wir alle Kategorien, es gibt nur das Signal als Realität, und diese Wellenphänomene in "einer meßbaren Zeit ohne Menschen" die "Signalprozessing überhaupt von einzelnen Medien unabhängig" machen eröffnen uns die Schlussperspektive weil wir hier die Brücke zu fortgeschrittenen Methoden der maschinellen Wahrnehmung finden. Extrapolieren wir das bis hier beschriebene System, ist kein explizit menschlicher Rezipient mehr notwendig, diese Aufgabe erfüllt bereits jedes an eine Schnittstelle passende Medium. In der fortwährenden Rekonfiguration, tappenden Fortbewegung, dem ständigen Vor- und Zurück stabilisiert sich keine einheitliche Ausgabe, kein homogenes Erscheinungsbild. Medien die sich selbst genügen.

5 Dateien

Die Dateien wurden wiederum im Interesse von Klarheit speziell für diesen Anlass geschrieben. Die Einbettung ins vollständige System erfordert die Installation weiterer Komponenten von [16] und im Fall des Thermometers auch entsprechende Hardware. Gerade aber ein einzelner Temperaturwert lässt sich mit einfachen Mitteln zum Testen leicht simulieren.

- SineClock.sc
- Auditory Thermometer.sc
- NSW.sc
- dolbear.sc
- packetplayer.sc
- connectionplayer.sc
- connectionplayer-2.sc
- rhythmus.sc

Literatur

- [1] *Peep! - The Network Auralizer*. <http://peep.sourceforge.net/intro.html>.
- [2] BAIER, GEROLD: *Rhythmus - Tanz in Körper und Gehirn*. Rohwolt Verlag, 2001.
- [3] DECAMPO, ALBERTO, CHRISTOPHER FRAUENBERGER und ROBERT HÖLDRICH: *Designing a Generalized Sonification Environment*. ICAD 2004 Proceedings, 2004.
- [4] DOMBOIS, FLORIAN: *Auditory Seismology*. <http://www.auditory-seismology.org/>, Okt. 2007.
- [5] DONNER, MARTIN: *Medienepistemologische Konsequenzen der Fourier-Analyse*. Website des Seminars für Medienwissenschaft, HU Berlin, 2006. <http://www.medienwissenschaft.hu-berlin.de/theorien/hausarbeiten/mathFourierHA-Donner.pdf>.
- [6] ERNST, WOLFGANG: *Medientheorie als Medienarchäologie (MEDHUB1)*. Website des Seminars für Medienwissenschaft, HU Berlin, 2005. <http://www.medienwissenschaft.hu-berlin.de/theorien/skripte/medhub1.200306.pdf>.
- [7] FOWLE, TOM: *A SMITH-KETTLEWELL GENERAL-PURPOSE AUDITORY THERMOMETER CIRCUIT*. <http://www.ski.org/Rehab/sktf/vol07no1Winter1986.html#general>, Okt 2007.
- [8] GESSWEIN, DAVID: *PDP-8 Sound Page*. <http://www.pdp8.net/sound/sound.shtml>, Okt. 2007.
- [9] GLEICK, JAMES: *Chaos - The amazing science of the unpredictable*. Vintage, 1997.
- [10] HERMANN, THOMAS: *Sonification for Exploratory Data Analysis*. Doktorarbeit, 2002.

- [11] HERMANN, THOMAS: *Sonifikation*. Vortrag in der Ringvorlesung Sound Studies, UdK Berlin, Juni 2007.
- [12] INGWERSEN, SÖREN: *Sonifikation - Zwischen Information und Rauschen*. In: Schriftenreihe der Gesellschaft für Medienwissenschaft - GfM. Bd. 12, 2005.
- [13] KITTLER, FRIEDRICH: *Grammophon Film Typewriter*. Brinkmann & Bose, 1986.
- [14] KRAMER, GREGORY (Herausgeber): *Auditory Display - Sonification, Audification and Auditory Interfaces*. Addison - Wesley, 1994.
- [15] KRAMER, GREGORY, BRUCE WALKER, TERRI BONEBRIGHT, PERRY COOK, JOHN FLOWERS, NADINE MINER und JOHN NEUHOFF: *Sonification Report: Status of the Field and Research Agenda*. <http://www.icad.org/websiteV2.0/References/nsf.html>, 20040501 1997.
- [16] LACKNER, WERNFRIED, ANDREAS PIEPER und OSWALD BERTHOLD: *GulliBloon Website, Project Code, Concept and Documentation*. <http://gullibloon.org>, 2007.
- [17] MUSIC, CNMAT CENTER FOR NEW und AUDIO TECHNOLOGY AT UC BERKELEY: *OSC / Open Sound Control*. <http://opensoundcontrol.org/>, 2007.
- [18] PYNCHON, THOMAS: *Against the Day*. Penguin Books, 2006.
- [19] RABENHORST, DAVID A., EDWARD J. FARRELL, DAVID H. JAMESON, THOMAS D. LINTON und JACK A. MANDELMAN: *Complementary Visualization and Sonification of Multi-Dimensional Data*. <http://citeseer.ist.psu.edu>, 1990.
- [20] REPETTO, DOUGLAS IRVING: *SineClock*. <http://music.columbia.edu/douglas/portfolio/sineclock/>, 1997.
- [21] RHEINBERGER, HANS-JÖRG: *Experimentalsysteme und epistemische Dinge - Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. Wallstein Verlag, 2001.
- [22] RYCKAERT, VICTOR: *Data driven sound: The next step*. access, 8(3):14–16, Fall 1994 1994.
- [23] RÖSSLER, OTTO E.: *Chemical Turbulence*, Kapitel Chemical Waves and Turbulence. Springer Series in Synergetics. Springer, 1977.
- [24] SERVICE, U.S. NATIONAL WEATHER: *Internet Weather Source*. <http://weather.noaa.gov/>, Okt. 2007.
- [25] SPEETH, SHERIDAN DAUSTER: *Seismoeter Sounds*. The Journal of the Acoustical Society of America, 33(7):909 – 916, July 1961.
- [26] STERNE, JONATHAN: *The Audible Past*. Duke University Press, 2002.
- [27] UNBEKANNT: *ELEKTRONENGEHIRNE - Die Magie der Roboter*. Der Spiegel, (40):42–53, Okt. 1956.
- [28] VOLMAR, AXEL: *Akroasis und Sonifikation*. Vortrag im Kolloquium am Lehrstuhl für Medientheorien, Seminar für Medienwissenschaft, Humboldt-Universität zu Berlin, Jan. 2007.

- [29] VOLMAR, AXEL: *Die Anrufung des Wissens. Eine Medienepistemologie auditorischer Displays und auditiver Wissensproduktion*. Navigationen, 7(4), 2007.
- [30] WIENER, NORBERT: *Kybernetik - Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und Maschine*. Rowohlt, 1968.
- [31] WIKIPEDIA: *Dolbear's Law*. http://en.wikipedia.org/wiki/Dolbear%27s_Law, Okt. 2007.
- [32] WIKIPEDIA: *OSI Model*. http://en.wikipedia.org/wiki/OSI_model, Okt. 2007.
- [33] WIKIPEDIA: *Packet Sniffer*. http://en.wikipedia.org/wiki/Package_sniffer, Sept. 2007.
- [34] WIKIPEDIA: *physical computing*. http://en.wikipedia.org/wiki/Physical_computing, Okt. 2007.
- [35] WIKIPEDIA: *tcpdump*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Tcpdump>, Sept. 2007.