

Sören Ingwersen

Sonifikation. Zwischen Information und Rauschen

2005

<https://doi.org/10.25969/mediarep/14251>

Veröffentlichungsversion / published version

Sammelbandbeitrag / collection article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Ingwersen, Sören: Sonifikation. Zwischen Information und Rauschen. In: Harro Segeberg, Frank Schätzlein (Hg.): *Sound. Zur Technologie und Ästhetik des Akustischen in den Medien*. Marburg: Schüren 2005 (Schriftenreihe der Gesellschaft für Medienwissenschaft (GfM) 12), S. 332–346. DOI: <https://doi.org/10.25969/mediarep/14251>.

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under a Deposit License (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual, and limited right for using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute, or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the conditions of use stated above.

Sören Ingwersen

Sonifikation

Zwischen Information und Rauschen

Einleitung

Klänge sind ein wesentlicher Bestandteil unserer alltäglichen Wahrnehmung. Nur sehr selten erlebt man Situationen, in denen absolute Stille herrscht. Neben der visuellen Wahrnehmung ist die auditive der wichtigste Orientierungssinn. Auch wenn wir uns dessen nicht immer bewusst sind. Fahrende Autos verursachen Geräusche, ebenso Türen, die zuschlagen, Klapperschlangen, Wind oder Haushaltsgeräte. Warum knistert ein Elektrorasierer beim Rasieren? Das Knistern ist Bestandteil des Produktdesigns. Es genügt nicht zu sehen, dass der Bart ab ist, man möchte es auch hören. Also entwickelt die Industrie ein akustisches Feedback, eine Sonifikation im weitesten Sinne. So kann man sich bei schlechtem Licht ohne Spiegel oder Brille rasieren und bekommt dennoch eine Rückmeldung über den Erfolg seiner Tätigkeit. Und – was man nicht unterschätzen sollte – man hat zusätzlich das *Gefühl*, dass die eigene Tätigkeit Sinn macht. Klänge sprechen uns viel stärker als visuelle Eindrücke immer auch auf einer emotionalen Ebene an. Diese Eigenschaft von Klängen, intuitiv erfassbare Informationen und zugleich ein positives emotionales Feedback zu vermitteln, lässt sich auch für das Graphical User Interface (GUI) nutzen.

Multitasking multimodal

Bei der zunehmenden, immer komplexer werdenden Datenmenge, die in der Informationsgesellschaft anfällt, müssen Bewältigungsstrategien entwickelt werden. Die Konvergenz der ‚alten‘ Medien (Fernsehen, Radio, Buch, Brief, Telefon) im Metamedium Computer erzeugt eine Unübersichtlichkeit, die nur bedingt durch größere Bildschirme und bessere grafische Displays ausgeglichen werden kann. Wer mit seinem Rechner ein Dokument bearbeitet, zeitgleich seine E-Mail-Eingänge und Messenger-Mitteilungen überwachen, dabei noch Musik abspielen, über den Status des im Hintergrund stattfindenden Downloads, des DVD-Schreibvorgangs und Systemfehler informiert sein möchte, braucht neben einem leistungsstarken Rechner auch ein leistungsstarkes Interface.

Dieses Beispiel mag extrem erscheinen. Dabei erleben wir ein vergleichbares ‚Multitasking‘ fast jeden Tag. Man liest, hört Musik, hat nebenbei die Waschmaschine laufen, reagiert auf die Türklingel, nimmt Telefonanrufe entgegen, zeitgleich

eine Sendung aus dem Fernsehen auf, hört, dass die Katzen sich im Nebenzimmer streiten und der Eiermann draußen vorfährt. Viele entscheidende Informationen über unsere Umwelt sind uns nur durch die auditive Wahrnehmung zugänglich. Ohne dass wir unsere Aufmerksamkeit bewusst auf etwas fokussieren, sind wir eingetaucht in ein Alltagsrauschen, aus dem heraus sich jeden Augenblick für uns relevante Informationen ergeben können: Die Wäsche ist fertig, der Rekorder ‚frisst‘ gerade das Video-Band, der Eiermann schmeißt seinen Motor schon wieder an.

Die Informationen des Computer-Interfaces hingegen werden vornehmlich visuell oder textuell dargeboten. Die ‚Multimedia-Maschine‘ ist noch weit davon entfernt, alle Sinne anzusprechen, zu einer ‚Multimodal-Maschine‘ zu werden. Während eine differenzierte Stimulierung von Tast- und Geruchssinn für Interface-Entwickler noch lange eine technische Herausforderung bleiben wird, ist ein aufwendiges Audio-Design heutzutage technisch realisierbar, wie jeder weiß, der sich einmal in die virtuellen Welten der Computerspiele begeben hat. In ‚seriösen‘ Anwendungsbereichen wird die auditive Modalität jedoch nur wenig in Anspruch genommen, und meist nur als ein zusätzliches ‚Goodie‘ betrachtet, das zur Benutzerfreundlichkeit des Programms wenig beiträgt. So lässt sich die Funktion ‚Feedback mit Sound‘ im Office-Paket von Microsoft erst einschalten, wenn der User zuvor ein nicht mit zum Lieferumfang des Pakets gehörendes Sound-Add-On installiert hat.

Was ist Sonifikation?

Die Informationsvermittlung durch akustische Signale ist kein neuartiges Phänomen, wenngleich der Begriff ‚Sonification‘ im Zusammenhang mit rechnergestützten Systemen erstmals in einer 1991 gegründeten Electronic Mailbox verwendet wurde. Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen diskutierten über eine angemessene allgemeine Bezeichnung für die komplexen Möglichkeiten der auditiven Vermittlung von Information. Eine Einigung wurde nicht erzielt, aber der Begriff ‚Sonification‘, der auf den im Englischen adjektivisch verwendeten Begriff für ‚Schall‘ (sonic) rekurriert, schien große Akzeptanz hervorgerufen zu haben. Dennoch sorgt eine begriffliche Uneinigkeit auch heute noch für Verwirrung. Einige Autoren sprechen in unterschiedlicher inhaltlicher Akzentuierung alternativ von ‚Audifikation‘ oder ‚Auralisation‘.

Allgemein gesprochen bezeichnet Sonifikation die Umwandlung numerischer Daten in ein wahrnehmbares akustisches Signal, mit dem Ziel, die numerischen Daten besser verstehen, interpretieren oder kommunizieren zu können. Sonifikationen verwenden nichtsprachliche Klänge zur Vermittlung von Information. Wer sich also mit der Sonifikation von Daten beschäftigt, muss sich überlegen, mit welchen Klängen in welchen Bereichen Informationen sinnvoll vermittelt werden können, wie – mit anderen Worten – eine nonverbale auditive Spur in eine ‚Sprache‘ überführt werden kann, die der User versteht.

Daten und Informationen sind in diesem Zusammenhang nicht dasselbe. Auf einer Festplatte sind Daten, aber keine Informationen gespeichert. Erst in dem Moment, in dem Daten aufgerufen werden, d. h. ein Dokument geöffnet oder ein Programm gestartet wird, entsteht Information. Der Gegenstand dieser Untersuchung kann demnach in folgende Frage gefasst werden: Wie kann Sound Daten in Informationen transformieren?

Wo es piept und knackt

Viele Formen der auditiven Informationsvermittlung haben sich bereits bewährt. Navigationssysteme für Flugzeugpiloten arbeiten mit Audiosignalen, desgleichen Alarmanlagen (etwa in Atomkraftwerken) oder Sonar-Systeme für die Ortung von Gegenständen unter Wasser. Geigerzähler verwandeln radioaktive Strahlung in Knack-Töne, und im Krankenhaus wird die Herzmuskeltätigkeit des Patienten durch eine Reihe von Sinustönen überwacht. Auch Seismografen bereiten die Messdaten der Bodenerschütterung mit Hilfe eines sonifizierten Displays auf. Die niederfrequenten, für das menschliche Ohr nicht wahrnehmbaren Schwingungen werden aufwärts transponiert und zeitlich verdichtet, so dass der Seismiker schnell jene Zeitabschnitte ausfindig machen kann, an denen signifikante Veränderungen der seismischen Aktivität stattgefunden haben.

Für sehbehinderte Menschen liegt der Nutzen sonifizierter Schnittstellen auf der Hand. Mit Erfolg wurden bereits tragbare sensorische Systeme getestet, die spektrale Daten in Klänge umwandeln. Solche Systeme bestehen aus einer Kamera, die die fokussierten Gegenstände visuell aufzeichnet und dem Blinden über Kopfhörer in Form eines kontinuierlichen Soundstreams zur Verfügung stellt. Dabei tastet das System die einzelnen Bildpunkte in horizontalen Reihen von oben links nach unten rechts ab und verwandelt helle Farbwerte in höher frequente, dunkle Farbwerte in niedriger frequente Töne.

In der Medizin beschäftigt man sich schon längere Zeit mit der Sonifikation dreidimensionaler Körpermodelle, um etwa einen Gesamteindruck der Hirnaktivität zu erhalten. Hier ist eine komplexe Form der Soundgenerierung, die Spatialisierung von Soundereignissen, notwendig, die dem Mediziner die räumliche Zuordnung von Klängen ermöglicht.

Auch im sportlichen Bereich – etwa beim Delphinschwimmen oder Rudern – gibt es Erfolg versprechende Versuche, den Ablauf von Körperbewegungen über Sonifikation leichter erlernbar zu machen. Man zeichnet einen besonders gelungenen Bewegungsablauf auf Video auf. Im Nachhinein werden die Videodaten sonifiziert und dem Sportler zusammen mit der Tonspur als modellhafte Anleitung mehrmals vorgeführt. Dieselbe Tonspur wird dem Sportler dann zur Orientierung während des Trainings zugespielt. Besonders wirkungsvoll sind hier interaktive Systeme, die während der Bewegung in Real-Time ein Sound-Feedback erzeugen, das der Sportler dann mit der erinnerten idealen Soundsequenz vergleichen kann,

um seinen Bewegungsablauf entsprechend zu optimieren. Alfred Effenberg beschreibt eine mögliche Zuordnungssemantik von Bewegung und Klang bei der Rhythmusschulung von Werfern folgendermaßen:

Übergänge in der Bewegung werden durch eine Ton/Pausengestaltung und ein An- und Abswellen des Tons abgebildet. Charakteristische Körperpositionen können ebenso in der Ton/Pausengestaltung berücksichtigt werden. Ausgewählte Punkte der Bewegung werden durch ansteigende bzw. absinkende Töne hervorgehoben. Beschleunigungsphasen sind durch ein kontinuierliches Erhöhen der Tonfrequenz darzustellen.¹

Effenberg gelangt in seiner Untersuchung zu dem Ergebnis, dass es Strukturäquivalenzen zwischen der auditiven und der kinästhetischen Wahrnehmung gibt und dass Klänge Empfindungen provozieren können, die sich assoziativ auf die innere Bewegungsvorstellung übertragen lassen. In dieser Hinsicht habe der Sportler auch ohne ein bewusstes rationales bzw. semantisches Verständnis für die wahrgenommene Information einen Motivations- und Leistungsanstieg zu verzeichnen.²

Der immersive, also einbeziehende Effekt von Klängen hat Vor- aber auch Nachteile. Klänge oder Geräusche, die für unsere Handlungsorientierung irrelevant sind oder uns ästhetisch nicht ansprechen, können einerseits leicht als störend empfunden werden. Andererseits ist zur Wahrnehmung von Klängen und Geräuschen weniger aktive Aufmerksamkeit erforderlich als zur Wahrnehmung von Bildern oder Text.

Ein intuitiver Zugang zu sonifizierten Systemen lässt sich auch für das Human-Computer-Interface nachweisen. Sehr deutlich zeigt sich dies im Computerspiel, ein Bereich, in dem die Relevanz von Sound nie ernsthaft in Frage gestellt wurde. Spieler erzielen ohne Sound schlechtere Spielergebnisse. Die amerikanische IT-Forscherin Brenda Laurel fordert in ihrem Buch *Computers as Theatre* stärkere Integrationsmechanismen für die Mensch-Maschine-Interaktion nach dem Vorbild des Theaters. Das Interface soll eine Dramaturgie zur Verfügung stellen, die den User in eine motivierende Quasi-Theaterhandlung verstrickt. Dazu gehört ihrer Meinung nach eine „sensory immersion and the tight coupling of kinesthetic input and visual response.“³ Dass die Immersionswirkung von Klängen in der Regel höher ist als bei visuellen Eindrücken, wird von Laurel jedoch nicht berücksichtigt. Bilder nehmen wir aus der Distanz

1 Alfred O. Effenberg: *Sonification – Ein akustisches Informationskonzept zur menschlichen Bewegung*. Schorndorf 1996, S. 67.

2 Ebd., S. 52.

3 Brenda Laurel: *Computers as Theatre*. Reading MA 1991, S. 21.

wahr, in Klänge sind wir immer schon *eingetaucht*. Sie sind der Hintergrund, das alltägliche Rauschen, das uns mit Informationen versorgt.

Information und Rauschen

Was bedeutet die Forderung, dass Sound informativ sein soll? Claude Shannon, der Begründer der Informationstheorie, verwendet den Informationsbegriff für eine mathematische Beschreibung von Kommunikationsprozessen mittels eines Telegraphen. In einem derart geschlossenen System mit einer vereinbarten Menge und Systematik von Zeichen (dem Alphabet) kann der Wert der Information über die Auftretenswahrscheinlichkeit von Elementarereignissen (den Buchstaben) definiert werden. Dieses Prinzip kann vereinfacht am Wurf einer Münze dargestellt werden. Die Wahrscheinlichkeit, Kopf oder Zahl zu erhalten, ist gleich groß. Der Wurf ergibt einen Informationswert von 1 Bit (Null oder Eins), die Ungewissheit vor dem Wurf hat den Entropiewert 1. Der Entropiewert gibt an, mit welcher Gewissheit sich der Zustand der Elemente eines Systems vorherbestimmen lässt. Bei einem Würfel erhöht sich der Grad der Ungewissheit und damit auch der Wert der Information, da wir jetzt eine von sechs möglichen Nachrichten erhalten, auf den Entropiewert 2,58 bzw. 2,58 Bit pro Wurf. Das ist der Logarithmus aus 6. Den höchsten Entropie- und Informationswert haben Ereignisse, die sehr unwahrscheinlich sind.

Shannons Informationsbegriff sagt nichts über den Inhalt oder die Bedeutung einer Nachricht aus, sondern nur über deren mathematisch bestimmbarer ‚Umfang‘. Auch ist er lediglich auf geschlossene Informationssysteme anwendbar und nicht auf selbstorganisierende psychische Systeme (wie Menschen), die in ihrer strukturellen Offenheit nicht auf Elementarereignisse rekurren.

Wenn Menschen ihre Umwelt beobachten, werden Wahrscheinlichkeiten in Erwartungen transformiert. Mit Gregory Bateson können wir sagen: Information is a difference which makes a difference. Bezogen auf unser Thema sind Klänge genau dann informativ, wenn sie sich erstens von der momentanen Erwartung des Users *unterscheiden* und dadurch zweitens eine *Veränderung* seines Wissens bzw. Verhaltens bewirken. Wenn sie das nicht tun, werden sie als Rauschen wahrgenommen oder als störend empfunden.

Bei Shannon tritt der Lärm oder das Rauschen unter dem Begriff ‚noise‘ lediglich als *Störung des Informationskanals* auf, so dass man bei einer 50 %-Rate von Rauschen den Kanal genauso gut weglassen und am Ort des Empfängers eine Münze werfen könnte.⁴ Diese ausschließliche Negativwertung des Rauschens kann in unserem Kontext schon deshalb nicht greifen, weil Information

4 Claude E. Shannon: „Die mathematische Theorie der Kommunikation“. In: Shannon, Claude E./Weaver, W. (Hg.): *Mathematische Grundlagen der Informationstheorie*. München 1976, S. 79.

nicht als Übertragung von Signalen, sondern als Irritation systeminterner Strukturen betrachtet werden soll. In diesem Sinne besteht das Rauschen in Reizen, die keinem Code zugeordnet werden oder werden können, also auch keinen Informationsgehalt aufweisen.

Dieses Rauschen kann stören bzw. irritieren und somit den Code erweitern bzw. einen neuen Code generieren. Heinz von Foerster spricht in diesem Zusammenhang von einem „order from noise principle“, das eine im Rauschen bereits angelegte Struktur manifest werden lässt. Niklas Luhmann formuliert noch pointierter: „Ohne ‚noise‘ kein System“. ⁵ Die Umwelt des Systems muss in Unordnung rauschen, damit das System durch Selektion seine Struktur, seinen Code ausbilden und erhalten kann. Codierte Ereignisse werden dann als Information, nichtcodierte Ereignisse als Rauschen wahrgenommen. ⁶ In sozialen Systemen findet so eine Selbstkonditionierung durch den Sprachcode statt, der seinerseits den Grad der Redundanz innerhalb eines Systems festlegt. Redundanzen sind unerlässlich für die Wahrnehmung von Information, die vom Neuigkeitswert (Varietät), aber auch von der Wiedererkennbarkeit (Redundanz) eines beobachteten Musters abhängt.

Auf unseren Bereich übertragen, heißt das: Von einem auditiven Interface, also einer Schnittstelle, die wesentliche Informationen über die auditive Modalität zur Verfügung stellt, kann erst dann die Rede sein, wenn die Vielfalt unterschiedlicher Sounds groß genug ist, um über eine große Varietät wahrnehmbarer Klangredundanzen und die ihnen zugeordneten Ereignisse oder Objekte komplexe Sinnzusammenhänge herzustellen. Mit der Größe des Klangspektrums steigt zugleich die Wahrscheinlichkeit von Information *und* Rauschen.

Im alltäglichen Leben sind wir permanent von Rauschen umgeben. Dazu gehören Geräusche, die abhängig von unserer emotionalen und innerweltlichen Situation in jedem Moment zu Informationen werden können. Ein einfaches Beispiel: das Rauschen der Hardware. Gehäuse-, Prozessor- und neuerdings auch Grafikkartenlüfter produzieren Lärm. Ebenso Festplatten und andere Laufwerke. Ärgerlich, aber manchmal eben auch informativ. Einige Prozessorlüfter zum Beispiel richten ihre Kühlleistung an der Hitzeentwicklung des Prozessors aus. Je lauter das Lüftergeräusch, umso stärker die Auslastung der CPU. Der User kann entsprechend reagieren, zum Beispiel Anwendungen schließen oder das eventuell anormale Verhalten der Hardware mit Hilfe von Software-Tools korrigieren. Einem lautlosen Rechner würden zuverlässige Komponenten der auditiven Hard- und Software-Analyse fehlen. Dies ist kein Plädoyer für dauerhafte Geräuschbelastungen, sondern ein Hinweis darauf, dass

5 Niklas Luhmann: *Soziale Systeme*. Frankfurt am Main 1986, S. 166.

6 Luhmann: *Soziale Systeme*, S. 197.

ein Rauschen unter bestimmten Bedingungen redundante Strukturen ausbilden und informativen Charakter annehmen kann. Hat man den Zusammenhang zwischen Lüftergeräusch und Systemverhalten erkannt, wird das Rauschen zur Information, zu einem Unterschied, der einen Unterschied macht.

Information durch Sound

Im wirklichen Leben können Sounds unterschiedliche Informationen vermitteln, zum Beispiel über physikalische Ereignisse (ob ein zu Boden gefallenes Glas zerbrochen ist), über unsichtbare Strukturen (durch Klopfen an die Wand herausfinden, ob sich dahinter ein Hohlraum befindet), dynamische Prozesse (hören, wann ein mit Flüssigkeit zu füllendes Glas voll ist), anormale Strukturen (eine defekte Maschine klingt anders als eine heile) oder Ereignisse im Raum (das Geräusch von Schritten signalisiert, dass jemand kommt).⁷ Zu jedem dieser Punkte lassen sich mögliche Analogien im Human-Computer-Interface finden. Desktopobjekte können bei Aktivierung ein Soundfeedback geben („physikalisches“ Ereignis). Hyperlinks könnten bei einem Mouseover akustisch über die Qualität der Zielseite informieren: Umfang, Dead Link etc. (unsichtbare Strukturen). Der Fortschritt eines Datentransfers könnte über einen Soundstream mit ansteigender Tonhöhe hörbar gemacht werden (dynamischer Prozess). Fehler oder Gefahren im System können durch entsprechende Soundereignisse oder -streams Aufmerksamkeit erregen (anomale Strukturen). Objekte auf dem Desktop oder in Dokumenten könnten Klänge produzieren, um ihre Position anzuzeigen (Ereignisse im Raum).

James A. Ballas beschreibt in diesem Zusammenhang fünf Funktionen von Sound in Analogie zu den linguistischen Begriffen Exklamation, Deixis, Ähnlichkeit, Metapher, Onomatopoeia.⁸ Sounds erregen unsere Aufmerksamkeit, auch wenn wir gerade mit anderen Dingen beschäftigt sind. Diese exklamatorische Funktion wird in der Regel durch eine deiktische ergänzt: Der Sound gibt uns einen Hinweis darauf, was sich an einem (vielleicht gerade unsichtbaren) „Ort“ des Desktops ereignet. Nur im Kontext bestimmter Anwendungen ist dieser Sound verständlich. Zusätzlich kann über Sound ein Ähnlichkeitsbezug zwischen der auditiven und der visuellen Ebene hergestellt werden. Psychophysische Experimente haben ergeben, dass es assoziative Verknüpfungen gibt zwischen Frequenz (Tonhöhe) und vertikaler Anordnung, Wellenform (Klangei-

7 Vgl. S. Joy Mountford/William W. Gaver: „Talking and listening to computers“. In: Brenda Laurel (Hg.): *The art of human-computer interface design*. Reading, Massachusetts 1990, S. 319–334.

8 Vgl. James A. Ballas: „Delivery of Information Through Sound“. In: Gregory Kramer (Hg.): *Auditory Displays. Sonification, Audification, and Auditory Interfaces*. Reading/MA 1994, S. 79–89.

genschaft) und Muster, Amplitude (Lautstärke) und Größe, Dauer und horizontaler Länge.⁹

Eine noch festere Verknüpfung zwischen Sound und Bedeutung leistet die Metapher, insofern sie eine Identität von beiden suggeriert. Der Begrüßungssound des Betriebssystems ist eine Metapher für den erfolgreichen Systemstart. Der häufige Gebrauch von sprachlichen Metaphern führt zu so genannten toten Metaphern (z. B. ‚Briefkopf‘, ‚Redefluss‘, ‚eine Flasche köpfen‘). Hier hat eine Konventionalisierung oder Lexikalisierung der Metapher stattgefunden, so dass ihre Bedeutung schnell und eindeutig vermittelt werden kann. Ballas gelangt zu dem Schluss: „A goal of sonification should be to move similes into metaphors and ultimately produce dead metaphors“.¹⁰ Beispiele für tote auditive Metaphern sind das Sonar-Echo, das Geräusch eines Geigerzählers, Telefonklingeln, Türglocken oder Sirenen.

Neben Ähnlichkeits- und metaphorischen Beziehungen kann das sonifizierte Interface auch onomatopoetische Beziehungen zwischen Sound und den ihn typischer Weise verursachenden Ereignissen nutzen. Erwartungen bezüglich der Ursache des Sounds bestimmen hier den Grad kausaler Ungewissheit, den ein Sound hervorruft. Um die kausale Ungewissheit von Soundzuordnungen, also deren Entropie zu minimieren, sollte der Sound in möglichst kurzer Zeit möglichst akkurat identifizierbar sein. Dazu muss der Sound entweder von vornherein den mentalen Konzepten entsprechen, die der User von ihm hat, oder seine Bedeutung muss erlernt werden.

Die Quantifizierung kausaler Ungewissheit, die Ballas anhand alltäglicher Geräusche und Klänge wie Telefonklingeln, Toilettenspülung oder Pistolenschuss vornimmt, liefert nützliche Hinweise für das Sounddesign. Allerdings vernachlässigt er die emotionale Komponente von Sounds aus der natürlichen Umwelt. Seine Dateien vom Geräusch einer Klospülung begleitet im virtuellen ‚Lokus‘ verschwinden zu lassen, mag bezüglich der Bedeutung des Sounds wenig Ungewissheit, innerhalb einer Rechtsanwaltskanzlei hingegen viel Ungewissheit hinsichtlich deren Seriosität aufkommen lassen.

Repräsentationsformen der Sonifikation

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten der Repräsentation von Daten in Sound unterscheiden, die in der Sonifikation allerdings nie in Reinform auftreten: die analoge und die symbolische.¹¹ Die *analoge Repräsentation* stellt einen unmittel-

9 Vgl. R. Walker: „The Effects of Culture, Environment, Age, and Musical Training on Choices of Visual Metaphors for Sound“. In: *Perception & Psychophysics*. 42 (1987), S. 491–502.

10 James A. Ballas: „Delivery of Information Through Sound“. In: Kramer (Hg.): *Auditory Display*, S. 79–94, hier: S. 85.

11 Vgl. Gregory Kramer: „An Introduction to Auditory Display“. In: Ders. (Hg.): *Auditory Display*, S. 1–77, hier: S. 21 ff.

telbaren Bezug zwischen der zu repräsentierenden Struktur und den Klängen her. Die gemeinsame Bezugsebene der Wahrnehmungsinhalte beider Modalitäten (der visuellen und der auditiven) sind die physikalischen Dimensionen des zu untersuchenden Gegenstands. Der Seismograph nutzt eine vorwiegend analoge Repräsentationsform, indem er die Schallwellen der Erderschütterungen lediglich in einer für das menschliche Ohr wahrnehmbaren Frequenz und im Zeitraffer wiedergibt.

Die *symbolische Repräsentation* hingegen denotiert die zu repräsentierenden Daten durch allgemeine Bedeutungen, die kultur- und sozialisationsabhängig sind und gegenbenenfalls erst erlernt werden müssen. Im wirklichen Leben wären am analogen Ende der Skala Geräusche angesiedelt, die durch Materialinteraktion entstehen, am symbolischen Ende finden wir die gesprochene Sprache.

Beim GUI haben wir es in der Regel mit symbolischer Repräsentation durch so genannte Earcons oder auditive Icons (Onomatopoeik) zu tun. Earcons sind eine Methode, um mit abstrakten, synthetisch erzeugten Klängen Informationen zu vermitteln. Der Begrüßungssound des Betriebssystems ist ein Earcon. Auditive Icons hingegen bestehen aus natürlichen Klängen und haben eine intuitive Verbindung zu dem, was sie repräsentieren.

When the same analogy underlies both auditory and visual icons, the increased redundancy of the Interface can help users to learn and remember the system. In addition, making the model world of the computer consistent in its visual and auditory aspects increases users' feelings of direct engagement or mimesis with that world. The concepts of direct engagement and mimesis refer to the feeling of working in the world of the task, not the computer. By making the model world of the computer more real, one makes the existence of an interface to that world less noticeable.¹²

Viele Objekte und Ereignisse der Benutzeroberfläche sind jedoch so abstrakt, dass sie keinen Bezug zur natürlichen Umwelt haben. Zudem sind natürliche Geräusche schwer zu parametrisieren, also etwa in Tonhöhe oder Dynamik zu verändern, ohne dass ihre wiedererkennbaren Klangeigenschaften verloren gehen. Daher ist die sinnvolle Einsatzmöglichkeit auditiver Icons begrenzt. Das Geräusch eines zerknitternden Papierbogens beim Entleeren des Papierkorbs ist ein auditives Icon.

12 William W. Gaver: „Using and Creating Auditory Icons“. In: Kramer (Hg.): *Auditory Display*, S. 417–446, hier: S. 421.

Möglichkeiten der Sonifikation im GUI

Schon Ende der achtziger Jahre entwickelt William Gaver den ‚SonicFinder‘¹³ für den Apple Macintosh. Beim Anklicken von Datei- oder Ordner-Icons hört man einen hölzernen Klang, Anwendungs-Icons geben ein metallenes Geräusch von sich und Icons von Dokumenten klingen wie raschelndes Papier. Außerdem variiert die Tonhöhe des jeweiligen Klangs mit der Größe des Objekts. Beim Kopieren hört man eine Flüssigkeit in einen Behälter laufen. Das Verschieben von Objekten in den Papierkorb klingt wie zerbrechendes Geschirr.

Mit seinem ‚Shared Alternative Reality Kit‘¹⁴ entwickelt Gaver so genannte ‚soundholder‘, auditive Landmarken, die dem User das Navigieren auf Systemebene erleichtern sollen. Sie können an jedem Ort auf dem Desktop, auch außerhalb des sichtbaren Desktopbereichs, platziert werden und geben konstant Klänge von sich, die lauter werden, wenn man sich ihnen nähert.

Stephen Brewster veröffentlicht 1994 eine umfangreiche Studie zum sinnvollen Einsatz von Earcons im Human-Computer-Interface¹⁵ und gelangt zu dem Ergebnis, dass parallel zusammengesetzte Earcons eine optimale Möglichkeit der effektiven, effizienten und für den Anwender zufrieden stellenden Vermittlung von Informationen durch Klänge darstellen. Dabei müssen die einzelnen Earcons durch musikalische Attribute wie Tonhöhe, Lautstärke, Dynamik, Klangfarbe, Klangdauer, Register, Rhythmik, Harmonik, Hall, räumliche Anordnung etc. auch im Zusammenspiel deutlich voneinander unterscheidbar bleiben. So können Earcons, die bestimmte Objekte (z. B. Dokumente) symbolisieren, durch ein rhythmisches Muster, und Earcons, die bestimmte Ereignisse (z. B. ‚Löschen‘) symbolisieren, durch ein melodisches Muster dargestellt werden. Wird die Melodie ‚Löschen‘ mit dem Rhythmus ‚Dokument‘ kombiniert, bedeutet das, das Dokument wurde gelöscht. Auf diese Weise können komplexe oder auch parallel laufende Anwendungen zeitsparend wahrgenommen bzw. überwacht werden.

Auch die Arbeitsgruppe Neuroinformatik der Universität Bielefeld möchte mit ihrem sonifizierten Wetterbericht, der mit 12 Sekunden nur etwa halb solange dauert, wie sein verbal vorgetragenes Pendant, Zeit sparen und dem Zuhörer einen ‚intuitiven‘ Eindruck der Wetterlage vermitteln. Die Sonifikation arbeitet mit folgendem Code:

- 13 William W. Gaver: „The SonicFinder: An interface that uses auditory icons“. In: *Human Computer Interaction*, 4 (1). 1989, S. 67–94.
- 14 William W. Gaver/R. Smith: „Auditory icons in large-scale collaborative environments“. In: Dan Diaper/David J. Gilmore/Gilbert Cockton/Brian Shackel (Hg.): *Human Computer Interaction: Interact'90*, Cambridge, UK: Elsevier Science Publishers B. V. (North Holland). 1990, S. 735–740.
- 15 Stephen A. Brewster: *Providing a Structured Method for Integrating Non-Speech Audio into Human-Computer Interfaces*. New York 1994.

Weckergeräusch und Gong setzen drei Zeitmarken: Erster Wecker – sechs Uhr morgens, Gong – zwölf Uhr mittags, zweiter Wecker – sechs Uhr abends. Dazwischen ist ein gleichmäßig angeschlagenes Vibraphon zu hören, dessen einzelne Schläge den Zeitablauf symbolisieren. Das ‚Mapping‘ der Lufttemperatur erfolgt über die Tonfrequenz, also die Tonhöhe. Außerdem verändert sich beim Übergang von Plus- zu Minusgraden die Klangfarbe: Das Vibraphon wird gegen ein Xylophon ausgetauscht. Der Grad der Luftfeuchtigkeit wird durch einen mehr oder weniger starken Halleffekt symbolisiert. Regen wird durch ein Prasselgeräusch hörbar gemacht. Wind erzeugt ein heulendes Geräusch, das mit zunehmender Windstärke sowohl lauter, als auch höher wird. Bewölkung wird mit einem mehr oder weniger stark dröhnenden Basston dargestellt. Zusätzlich zur Sonifikation dieser objektiven Daten wurden so genannte ‚Emomarker‘ entwickelt, die das passende Gefühl zur Wetterlage vermitteln sollen: Ein regnerischer Novembertag wird mit Niesgeräuschen oder Husten kommentiert, ein schöner Sommertag mit Vogelgezwitscher.

Das Beispiel zeigt eine Kombination von analoger und symbolischer Repräsentation. Der zeitliche Ablauf des Wetters wird analog sonifiziert, allerdings von vierundzwanzig Stunden auf zwölf Sekunden komprimiert. Die verwendeten Sounds sind eher dem Bereich der symbolischen Repräsentation zuzuordnen, obwohl sie größtenteils natürliche Klänge und Geräusche wiedergeben. Wer den Code allerdings nicht kennt, wird nur ‚Rauschen‘ wahrnehmen. Erst wenn die einzelnen Sounds wiedererkannt werden, also redundante Strukturen erzeugen, können sie auch einen Neuigkeitsgehalt haben, d. h. informativ sein. Dann kann die Information sehr viel schneller und intuitiver verarbeitet werden, als es der verbal vorgetragene Wetterbericht erlaubt. Man muss sich keine Gradzahl und Windstärke merken, um den Eindruck eines warmen, windstillen Tages im Gedächtnis zu behalten.

Vorteile der Sonifikation

In Anlehnung an Kramer möchte ich einige weitere Vorteile des sonifizierten Displays/Interfaces gegenüber dem rein grafik- oder textbasierten Display/Interface anführen:¹⁶

1. Beim Einsatz von Klängen wird der visuelle Sinn nicht beansprucht. Das visuelle Display kann zeitgleich im Blickfeld bleiben. Ein besonderer Vorteil bei komplexen und sich schnell ändernden Visualisierungen.
2. Klänge erzwingen Aufmerksamkeit. Sie werden in dem Moment wahrgenommen, in dem sie entstehen, was bei Visualisierungen nicht der Fall ist, wenn der Blick gerade auf eine andere Stelle gerichtet ist.

16 Vgl. Gregory Kramer: „An Introduction to Auditory Display“. In: Ders. (Hg.): *Auditory Display*, S. 1–77, hier: S. 6 ff.

3. Klänge erleichtern die Orientierung. Sie zeigen dem User an, wohin er seinen Blick richten soll und machen bei der Auswertung großer Datenmengen relevante, also von der Norm abweichende Bereiche, leichter auffindbar.
4. Soundstreams können im Hintergrund ablaufen und gestatten somit die Überwachung oder Auswertung eines kontinuierlichen Datenstroms.
5. Mehrere Klänge oder Soundstreams können parallel wahrgenommen werden. Dadurch ist es möglich, verschiedene Prozesse in Real-Time aufeinander zu beziehen bzw. miteinander zu vergleichen.
6. Soundstreams können eine sehr hohe temporale Auflösung haben und somit Messwerte in höchster Auflösung darstellen. Das menschliche Ohr reagiert bereits auf rhythmische Verschiebungen von wenigen Millisekunden.
7. Klänge sprechen uns emotional an. Sie erleichtern das Lernen, erhöhen das Engagement und vermitteln intuitiv erfassbare Informationen.
8. Klänge erleichtern das Auffinden von übergreifenden Beziehungen oder Trends in großen Datenmengen. Sie fördern die Bildung von *Gestalten* im Sinne der Gestaltpsychologie.

Auditive Gestalten

Die Forschung im Bereich der Sonifikation bezieht sich explizit auf die Erkenntnisse der Gestaltpsychologie, wengleich diese sich vornehmlich mit der visuellen Wahrnehmung auseinandersetzt. Zwei Prinzipien möchte ich hier kurz anführen:

1. Das Prinzip der Übersummativität. Das wahrgenommene Ganze ist mehr als seine Teile. Dieses Prinzip ist besonders stark in der Musik wirksam. Der einzelne Ton erhält seinen Wert erst im Zusammenhang mit den ihn umgebenden Tönen. Der Zuhörer integriert bzw. synthetisiert die einzelnen Klänge einer Symphonie zu einer Gestalt. Diese intuitive Gestaltbildung ist auch bei der Sonifikation wirksam.
2. Das Prinzip von Gestalt und Hintergrund. Gestalten werden immer vor einem Hintergrund wahrgenommen, müssen sich also erkennbar von diesem unterscheiden. Was Gestalt und was Hintergrund ist, ist aber nicht immer eindeutig entscheidbar, wie das Beispiel der Vexierbilder zeigt. Der Zustand des psychischen Systems bestimmt, was im Augenblick als Gestalt und was als Hintergrund wahrgenommen wird. Den Hintergrund nenne ich das Rauschen, vor dem sich mögliche Informationen abheben und das aufgrund einer augenblicklich nicht beobachtbaren Struktur seinerseits neue Unterscheidungen, also Informationen ermöglicht. Eine Gestaltlosigkeit, die jeden Augenblick Gestalt annehmen kann.

Auch Brewsters parallel zusammengesetzte Earcons profitieren von der gestaltbildenden Kraft der Kognition. Klänge mit gleichen Attributen werden automatisch aufeinander bezogen. So können parallel ablaufende Ereignisse oder Prozesse für sich, aber auch in Beziehung zueinander wahrgenommen werden anhand der ‚Musik‘, die sie gemeinsam komponieren. Dennoch sollte bei der Gestaltung von Earcons innerhalb einer auditiven Textur eine gewisse Klangökonomie eingehalten werden. Earcons, die zu viele Töne enthalten bzw. deren Dauer zu lang ist, kann man sich schlecht merken. Sie sind für kurz aufeinander folgende Ereignisse nicht einsetzbar und werden leicht in Gestalt einer Melodie wahrgenommen, was bei häufigem Einsatz als belastend oder ermüdend empfunden werden kann.

Emotionale Komponente

Mensch und Computer bilden in der Interaktion zwar kein soziales System. Es liegt jedoch auf der Hand, dass beide auf einen gemeinsamen Code referieren müssen, um interagieren zu können.

In the most optimistic scenario, sonification will be nothing less than a new form of language. We may all be participating in the definition of a new communications path, one that could not have been possible before the technology was in place to make the connections.¹⁷

Im Unterschied zum text- oder grafikbasierten Interface kann beim auditiven Interface nur in sehr begrenztem Maße auf bestehende Codes zurückgegriffen werden, weil die meisten rechnergesteuerten Anwendungsbereiche in ihrer Abstraktheit kein realweltliches Geräusch-Pendant haben. Das heißt, der Code muss hier erst entwickelt und erlernt werden. Vermutlich liegt hierin ein wesentlicher Grund, weshalb das auditive Interface bis heute ein sehr kümmerliches Dasein fristet. Der Sound-Code wird in Anwenderhandbüchern fast nie behandelt. Ihm wird in der Regel keine signifikante Bedeutung zugesprochen. Zudem lassen sich Klangeigenschaften oft nur schwer in Worte fassen. Das auditive Interface, wie wir es heute kennen (Windows XP, Mac OS 10, das Office Packet etc.) setzt Sound fast ausschließlich in redundanter Weise als mehr oder weniger sinnvolle Ergänzung zu visuellen Ereignissen ein. Bei einer Fehlermeldung zum Beispiel hören wir beim Erscheinen einer entsprechenden Dialogbox *zusätzlich* einen Warnton. Ein weiterer Grund für den bis heute sehr rudimen-

17 Carla Scarletti: „Sound Synthesis Algorithms for Auditory Data Representations“. In: Kramer (Hg.): *Auditory Displays*, S. 223–251, hier: S. 247.

tären Einsatz von Sound in der grafischen Computerschnittstelle besteht darin, dass Sound von den Usern oft als störend empfunden wird.

Das subjektive Empfinden, das bei Geräuschen und Klängen – mehr als bei visuellen Eindrücken – eine entscheidende Rolle spielt, stellt Sounddesigner bei der Entwicklung von informativen Sounds auch noch vor andere Probleme. Gestattet man dem User die Zuordnung von Klängen nach seinem Geschmack, entsteht die Gefahr der Beliebigkeit: Klänge und die zugrunde liegenden Ereignisse oder Daten sind dann einander nicht mehr eindeutig zugeordnet, was die Herausbildung eines Codes erschwert. Legt man die Klangzuordnungen fest, kann es sein, dass sie dem ästhetischen Empfinden des Users zuwider laufen. Dennoch scheint dieser Weg der sinnvollere zu sein, wenn Sounds nicht nur launemachendes Beiwerk sein sollen. Wird außerdem die Amplitude der Klänge bei der Sonifikation berücksichtigt, darf der User seinerseits die Lautstärke nicht manipulieren können. Lautstärke und Frequenz sind jedoch im Wesentlichen verantwortlich für die unangenehme Empfindung, die Klänge verursachen können. Prinzipiell sollten bei der Soundgestaltung folgende Punkte beachtet werden:

1. Soundereignisse sollten eine kurze Dauer haben.
2. Kontinuierliche, lang anhaltende Soundstreams sollten sehr leise sein.
3. Soundereignisse sollten deutlich voneinander unterscheidbar, signifikante Veränderungen eines Klangkontinuums deutlich wahrnehmbar sein.
4. Sound sollte informativ sein und nicht bloß ein ‚Gimmick‘.
5. Klänge sollten ästhetisch ansprechend sein und nicht zu hohe Frequenzen enthalten, da diese als lästig empfunden werden können.

Manchmal schlägt das subjektive Empfinden des Benutzers auch eine unerwartete Richtung ein. 1984 kommt die erste Thermoschreibmaschine IBM 6750 auf den Markt, die völlig geräuschlos arbeitet. Die Verwirrung bei den Kunden über das ausbleibende akustische Feedback beim Tippen ist so groß, dass IBM seine Nachfolgemodelle wieder mit einem ‚künstlichen‘ Anschlaggeräusch ausstattet.¹⁸ Auch hat die amerikanische Firma erst spät die Notwendigkeit erkannt, sich mit der Geräuschreduzierung ihrer Computer-Hardware zu befassen. Der Grund: In amerikanischen Büroetagen konnte man das Rauschen der Hardware nicht hören, weil das der Klimaanlage noch lauter war.

18 Vgl. Erwin Staudt: „Erträglicher Büroalltag“. In: Arnica-Verena Langenmaier (Hg.): *Der Klang der Dinge*. München 1993, S. 58–61.

Zukunftsmusik

Abschließend sollen schlagwortartig einige informative Soundereignisse im Human-Computer-Interface eingefordert werden:

1. Machen Sie Tauchübungen auf dem Desktop. Orten und manipulieren Sie verdeckte Aktivitäten und Objekte durch Sound.
2. Überwachen Sie das Beben Ihrer Hardware. Seismische Aktivitäten in ungewöhnlichen Kontexten können Verwüstungen verursachen.
3. Hören Sie auf den Pulsschlag ihres Datentransfers. Unternehmen Sie gegebenenfalls Wiederbelebungsversuche.
4. Halten Sie sich fit im Cyberspace. Richten Sie Ihre Bewegungen in virtuellen Landschaften an spatialisierten Soundereignissen aus.
5. Wandern Sie entlang der Landmarken. Hören Sie auf den Klang von Markierungen beim Scrollen durch große Dokumente.
6. Klopfen Sie ruhig mal an. So manche Tür klingt ziemlich hohl. Hyperlinks im Internet führen oft in eine Sackgasse oder auf hoffnungslos veraltete Seiten. Sound könnte hier vorab Aufschluss geben.
7. Lauschen Sie den Leerfeldern. Unausgefüllte Felder einer Datenbank brauchen Zuwendung.

Fazit

Ein sonifiziertes Interface ermöglicht den auditiven Zugang zu im Hintergrund verborgenen Daten und die Orientierung in großen, komplexen, mehrdimensionalen Datenmengen. Es lenkt die Aufmerksamkeit auf relevante Ereignisse (z. B. Fehler) und macht Aussagen über den Zustand des Systems (z. B. Groß- und Kleinschreibmodus oder Überlastung). Es fördert die oft unbewusste Wahrnehmung von Zusammenhängen oder Gestalten und kann bei sinnvollem Einsatz gewöhnlich als disparat empfundene Anwendungsschritte oder -gebiete zu einer einheitlichen Erfahrung integrieren. Die Folgen sind eine gesteigerte Motivation, ein schnelleres Erreichen des Arbeitsziels und eine geringere Fehlerquote.

Welcher Sound in welchen Bereichen oder Situationen als hilfreich oder informativ wahrgenommen wird, kann nicht allein der Entwickler entscheiden. Seine Aufgabe ist es, ein sinnvoll vorstrukturiertes Rauschen zu implementieren, das genügend große Varietät und Redundanz erzeugt, um die auditive Modalität für immer komplexer werdende Anwendungsbereiche nutzbar zu machen. Es liegt an uns, das Rauschangebot künftiger Computerschnittstellen sinnvoll zu nutzen.