

Christian Dayé
Alberto de Campo
Marianne Egger de Campo

Sonifikationen in der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse

1. Einleitung: Warum sonifizieren?

Das Ohr ist, so könnte man sagen, das genaueste Messinstrument des menschlichen Körpers. Unterbewusst verwenden wir es zur Orientierung in unserer Umgebung, es ist in der Lage, vielschichtige klangliche Änderungen zu registrieren, und kann komplexen akustischen Figuren multipler Klangströme folgen. „Die leisesten wahrnehmbaren Schallwellen liegen nur wenig über der Brown'schen Molekularbewegung der Luft, der vom Ohr verarbeitete Dynamikbereich zwischen Hörschwelle und Schmerzgrenze umfasst 12 Zehnerpotenzen. Im Tonhöhenbereich nimmt das Ohr Frequenzen zwischen 20 Hz und 20.000 Hz wahr, dieser auditiven Bandbreite von 1000 : 1 steht eine optische von nicht einmal 2 : 1 gegenüber. Die kombinierte Zeit-Frequenz-Auflösung des Ohres kann selbst heute mit technischen Mitteln kaum nachgebildet werden. Wir benutzen unser Gehör ständig zur Orientierung in der Umgebung, wir können fein differenzierte Klangeigenschaften auf der Mikroebene wahrnehmen, aber auch makroskopisch mehrere Klangquellen gleichzeitig verfolgen (z.B. einzelne Stimmen im Gewirr erkennen).

Kurz gesagt: Der menschliche Gehörsinn hat sich im Laufe der Evolution zum Messinstrument entwickelt, das in seiner Genauigkeit, Adaptionfähigkeit, Fehlertoleranz und hierarchischen Strukturierungsfähigkeit jedes technische System in den Schatten stellt.“ (SonEnvir 2004, S.1)

Trotzdem: die europäische Kultur im Allgemeinen, und die westliche Wissenschaft als ihr Teil, ist eine Kultur des Auges, des Sehens, des Lesens, der Schrift und der Zahlen (vgl. u.a. Blumenberg 1996 & 2000; Burckhardt 1997). Auch wenn sich frühe naturwissenschaftliche Experimente, beispielsweise bei Galileo Galilei, wie *Dombois* (2002b) berichtet, noch auf das Ohr als Messinstrument stützten, so verstetigte und verstärkte doch vor allem die technologische Entwicklung den Vorrang des Sehens

gegenüber anderen menschlichen Sinnen (vgl. Kleinspehn 1989).

Sonifikation versucht, die Stärken des Ohrs bewusst zu nützen. Ein gegebener Satz numerischer Daten wird in Klangereignisse transformiert, sodass die in den Daten enthaltene Information erhört werden kann. Dieser Vorgang erfolgt computergestützt, d.h. dass die Klänge der Sonifikation vom Computer mittels Klangsynthese generiert werden.

Sonifikationen gibt es mittlerweile seit über 20 Jahren (vgl. *Smith et.al.*, 1990, S.131), und sie fanden in diesen 20 Jahren auf vielen verschiedenen Gebieten und in unterschiedlichen Kontexten erfolgreich Verwendung: zum Monitoring komplexer Prozesse beispielsweise, oder in der Medizin- und Luftfahrttechnik (vgl. *de Campo et al.*, 2004). Die Versuche, Sonifikationen zur explorativen Datenanalyse einzusetzen, blieben jedoch bislang einerseits auf den naturwissenschaftlichen Bereich beschränkt, andererseits aber waren die methodischen Konzepte hinter diesen Sonifikationen zumeist in einem Maße fachspezifisch, das keinerlei fundierte und heuristisch wertvolle Verallgemeinerung der Methode zuließ.¹

Darüber hinaus war die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Sonifikationen anfänglich ein vornehmlich US-amerikanisches Unterfangen. Von Gregory Kramer ins Leben gerufen, gibt es seit 1992 die International Conference of Auditory Display (ICAD; www.icad.org), die sich im Laufe der Jahre als Plattform des internationalen Austauschs für Sonifikationen etablierte, was jedoch allein nicht als Indikator für eine internationale Vereinheitlichung und Systematisierung der Forschungsbemühungen genommen werden darf.² Zwei Jahre nach der Gründung der ICAD gab Kramer ein Buch heraus, das er „Auditory Display. Sonification, Audification and Auditory Interfaces“ (*Kramer* 1994) nannte, und das als

erste selbständige Veröffentlichung über Sonifikation gilt.

In Europa hingegen blieb Sonifikation lange unbemerkt, und die europäischen Forscherinnen und Forscher, die sich mit Sonifikationen beschäftigten, taten das entweder im Rahmen der scientific community der ICAD, oder unter anwendungsorientierten Aspekten: eine Literaturrecherche ergab, dass sich die einzige selbständige deutschsprachige Publikation über Sonifikationen mit der Verwendung von Sonifikation bei der Gestaltung virtueller Realitäten beschäftigt (Astheimer 1995).

Mittlerweile gibt es jedoch starke Anzeichen, dass sich europäische Sonifikationsforscherinnen und -forscher stärker um eine innereuropäische Vernetzung und um eine akademische Etablierung von Sonifikation bemühen: im Jänner dieses Jahres (2004) veranstalteten Andy Hunt und Thomas Hermann, letzterer Vorstandsmitglied der ICAD, in Bielefeld eine Konferenz über „Interactive Sonification“, bei der europäische Sonifikationswissenschaftler ihre Projekte vorstellten (s. www.interactive-sonification.org).

2. Vorgangsweisen und Grundbegriffe

Sonifikation bezeichnet grundlegend den Einsatz nicht-sprachlicher Audiosignale zur Repräsentation von Daten oder Information; anders gesagt ist Sonifikation die Transformation von Datenstrukturen in durch das Gehör wahrnehmbare Strukturen mit dem Zweck der Interpretation von Daten bzw. Kommunikation von Information. In der wissenschaftlichen Datenanalyse können Sonifikationen einerseits für so genanntes Data Screening nützlich sein, also für ein schnelles Kontrollhören von großen Datensätzen, in denen nur selten inhaltlich relevante Zonen vorkommen. Andererseits wurden Sonifikationen aber auch in der explorativen Datenanalyse eingesetzt: Strukturmuster eines gegebenen Datensatzes werden hier über das Gehör erkannt und interpretiert.

Sonifikation ist mehr oder minder ein Sammelbegriff, unter dem verschiedene methodische Vorgangsweisen denkbar sind. Zentral für eine Systematik dieser verschiedenen Methoden ist die Unterscheidung zwischen Daten und Information, die wir hier von *Hovenga & Sermeus* (2002, S.114) übernehmen: „Data become information when these are being combined, interpreted, organised and structured within some context to convey additional meaning.“

Eine der möglichen Vorgangsweisen (und vermutlich auch die bekannteste) ist **Auditory Display**. Auditory Displays sind Sonifikationen, bei denen nicht die Rohdaten selbst, sondern aus den Daten gewonnene Information verklanglicht wird. Ihre Aufgabe ist in erster Linie Information zu vermitteln: die Bedeutung der Daten ist bekannt, die Interpretation des Gehörten erfolgt nach strengen und eindeutigen Routinen.

Die bekanntesten Beispiele für Auditory Displays sind der Geigerzähler sowie das Pulsoximeter in der Medizin. Weitere Einsatzgebiete gibt es im Bereich des Monitoring komplexer Prozesse (vgl. Hermann et.al. 2003), und im Bereich der Flugverkehrskontrolle. Auch sind Einsatzfelder bekannt, in denen Auditory Displays zur didaktischen Vermittlung wissenschaftlichen Wissens eingesetzt wurden (vgl. Keller et al., 2003). Eine besondere Bedeutung haben Auditory Displays für sehbehinderte oder blinde Menschen: zahlreiche Studien beschäftigen sich mit der Sonifikation von Grafiken, um üblicherweise grafisch kommunizierte Information auch für sehbehinderte Menschen zugänglich zu machen. *Brown & Brewster* (2003) experimentierten beispielsweise mit der Sonifikation von Liniendiagrammen, *Peres & Lane* (2003) mit der Sonifikation von Box-Plots.

Geht es jedoch um die klangliche Repräsentation von Daten (und nicht von Information), so ist die Bedeutung, d.h. die in ihnen enthaltene Information, nicht bekannt. Vielmehr gilt es, die im Datensatz enthaltene (oder vermutete) Information klanglich wahrnehmbar zu machen. Dazu werden in irgendeiner Form Dateneigenschaften (Dimensionen) verwendet, Klangeigenschaften (d.h. Parameter der Klangsynthese) zu steuern. Diese Vorgangsweise nennt man **Mapping**.

Den einfachsten Fall eines derartigen Mappings nennt man **Audifikation**: Die Daten, die verklanglicht werden, sind eine Zeitreihe. Diese Zeitreihe kann direkt als akustische Wellenform betrachtet werden und (nach geeigneter Skalierung der Zeitschritte und der Amplitude)

als Schallwelle hörbar gemacht werden. Ein technisch realisiertes Beispiel hierfür ist das Doppler-Ultraschall-Gerät in der Medizin. Im Bereich naturwissenschaftlicher Forschung wurden von Dombois (2002a) die mechanischen Schwingungen eines Erdbebens in für den Menschen hörbare Bereiche transponiert und zeitlich von drei Wochen auf 15 Minuten komprimiert. Das Ergebnis u.a. dieses Projekts („CircumPacifc“) war ein Klassifikationssystem für Erdbebenarten: da bislang Erdbebenarten mit optischen Methoden gar nicht, und rechnerisch nur sehr schwierig unterschieden werden konnten, versetzte seine Arbeit die Erdbebenforschung erstmals in die Lage, schnelle Typenzuordnungen vornehmen zu können.

Vor allem in der Soziologie werden derartige direkte Übertragungen eher selten möglich sein. Wohl häufiger werden im sozialwissenschaftlichen Bereich andere Vorgangsweisen zum Einsatz kommen, von denen vermutlich das **Parameter Mapping** am wichtigsten werden wird. Im Gegensatz zur direkten Übertragung, wie sie bei der Audifikation möglich ist, wird beim Parameter Mapping das Mapping bewusst so gestaltet, dass Strukturen des Datensatzes wahrnehmbar werden. Einer Datendimension wird ein (beliebig wählbarer) Klangparameter (wie Tonhöhe, Lautstärke etc.) zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgt demnach aufgrund von psychoakustischem Wissen bzw. von Plausibilitätsannahmen, wodurch offensichtlich wird, dass bei dieser Vorgangsweise die Details der Sonifikation immer auch subjektiven (ästhetischen) Spielraum haben. Parameter

Mapping bezeichnet also zusammenfassend eine Methode, im Zuge derer die Forscherin bzw. der Forscher aktiv versucht, Dimensionen eines Datensatzes klanglich so darzustellen, dass die ihnen innewohnende Information entdeckt werden kann (die Sonifikationen, von denen die Kapitel 7 & 8 berichten, basieren beide auf der Methode des Parameter Mappings).

Es ist offensichtlich, dass eine sorgfältige Dokumentation des Mappings von grundlegender Bedeutung für die Nachvollziehbarkeit und Objektivität von Aussagen ist, die sich auf Sonifikationen stützen. Die Gestaltung von Sonifikationen im Bereich des Parameter Mappings lässt dem Forscher subjektiven Spielraum, der für den Erkenntnisprozess sogar wichtig sein kann, da die Interaktion mit der Gestaltung der Sonifikation das Wissen des Forschers über seinen Datensatz erhöht. Nichtsdestotrotz kann eine derartige Sonifikation nur dann Wissenschaftlichkeit beanspruchen, wenn der Prozess ihrer Gestaltung und somit die subjektiven Entscheidungen des Forschers gewissenhaft dokumentiert wurden.

Wir wollen hier nur darauf verweisen, dass noch viele weitere Vorgangsweisen entwickelt wurden (z.B. Model-based Sonification von Th. Hermann, Data Sensitive Mappings von S. Barras). Ihre mögliche Bedeutung für die Sonifikation sozialwissenschaftlicher Daten ist noch nicht geklärt und Gegenstand weiterer Forschung.

Tabelle 1 fasst noch einmal die Grundcharakteristika der verschiedenen Vorgangsweisen zusammen.

Tabelle 1: Vorgangsweisen von Sonifikationen

	Sonifikation		
Methode	Auditory Display	Audifikation	Parameter Mapping, Model based etc.
Zweck	Vermittlung von bekannter Information	Analyse von Daten mit ungewissem Inhalt; Erkenntnisgewinn	Analyse von Daten mit ungewissem Inhalt; Erkenntnisgewinn
Ausgangsmaterial	Information	Daten	Daten
Art des Mappings	Metaphorische Übersetzung	Direkte Übertragung	Metaphorische Übersetzung

3. Sonifikation als Methode der Datenanalyse

Der Einsatz von Sonifikationen im Bereich der explorativen Datenanalyse stellt für uns quasi die Königsdisziplin dar, den Bereich, in dem der Einsatz von Sonifikation vom wissenschaftlichen Standpunkt aus am interessantesten und wertvollsten erscheint. Demzufolge konzentrieren wir uns in den folgenden Überlegungen ausschließlich auf die Verwendung von Sonifikationen *zum Zwecke der wissenschaftlichen Analyse*.³

Wenn Sonifikationen in der Lage sind, die oben beschriebenen perzeptuellen Kapazitäten des Ohrs entsprechend zu nützen, dann sind die Vorteile einer derartigen Analysemethode offensichtlich. Da das Gehör besser als das Auge in der Lage ist, komplexen Ereignissen zu folgen, steigt bei guten Sonifikationen auch die Genauigkeit, mit der die hörende Forscherin leichte Änderungen in der Datenstruktur auch bei hoher Komplexität des Datenmaterials identifizieren kann. Zugleich ist die Forscherin in der Lage, multidimensionale Datenstrukturen erfassen zu können, ohne diese zuvor, wie es in der multivariaten Statistik der Fall ist, unter methodischen Vorannahmen auf wenige Dimensionen reduzieren zu müssen.

Ähnlich steht es mit graphischen Darstellungen: Grafiken haben im Vergleich zu Sonifikationen den Nachteil, dass die Wahrnehmungskapazität des Auges sich auf drei (stetige) Dimensionen beschränkt, während das Gehör weitaus mehr Klangdimensionen simultan wahrnehmen und unterscheiden kann (vgl. De Campo & Egger de Campo, 1999, S.282). Zusätzlich zu diesen grundlegenden Vorteilen fassen die beiden Autoren die Vorteile der Sonifikation in der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse wie folgt zusammen:

„Sonification provides free benefits, e.g. the ‚common sense‘ mapping of time onto the temporal dimension of an auditory display. A visual display of time series does not offer this option. Geographical distributions can be mapped onto spatial sound properties; a visual display of the added spatial

dimensions requires condensing or reducing the other represented information.

In contrast to statistical data analysis, sonification need not subject data to various transformations to extract relevant information; in fact, the more pristine the data are the better – the ear can evaluate the data with its ability to perceive complex patterns.

The process of experimenting with and gradually developing a more and more complex stream of sonified data is in itself highly instructive.

In contrast to visual displays or tables the immediacy of an auditory display adds a ‚human dimension‘ to the analysis of social data. Representing 100 persons with 100 events is much more intuitive than the abstract number 100. Sonification therefore can help ‚to bring men back‘ into social science“,

eine Forderung, die George C. Homans 1964 anlässlich der Jahreshauptversammlung der American Sociological Association äußerte (Homans, 1964).

Bislang gibt es, so weit wir wissen, erst eine Veröffentlichung, die sich explizit dem Sonifizieren sozialwissenschaftlicher Daten widmet, nämlich den bereits zitierten Artikel von de Campo & Egger de Campo (1999). Die Autoren verklanglichten sowohl aggregierte Daten, wie die Anzahl von Exekutionen in den USA seit der Wiedereinführung der Todesstrafe 1977, als auch Individualdaten, wie z.B. Daten aus einer Grazer Studie, die sich mit dem Selbstvertrauen von Schulkindern im Alter von 8 bis 14 Jahren befasste.

Ein beliebtes und häufig beschriftetes Feld für Sonifikationen sind Aktienkurse. Obgleich man Aktienkurse auch als soziologisch relevante Daten interpretieren kann, steht bei den betreffenden Publikationen kein soziologisches Erkenntnisinteresse im Hintergrund (vgl. z.B. Kramer 1994).

4. Darstellungsparameter

Unsere Sonifikationen realisieren wir in der Programmiersprache und –umgebung SuperCollider3 von James McCartney. Inzwischen in der vierten Generation angelangt, umfasst es eine umfangreiche Bibliothek für Echtzeitsynthese von Klängen, die textbasierte Programmierung ermöglicht sehr flexibles Arbeiten und ist gleichzeitig schon exakte technische Dokumentation der Vorgangsweise. SuperCollider3 ist Freeware und wird als open source-Projekt weiterentwickelt; es läuft auf Mac OSX und Linux, ein Windows-port ist in Arbeit; siehe <http://supercollider.sourceforge.net> oder www.audiosynth.com.

Die Beispiele im Anhang sind in SuperCollider3 geschrieben, und werden von den Autoren auf Wunsch zugänglich gemacht (z.B. per e-mail).

Wie bereits erwähnt, wandten wir in unseren Sonifikationen die Methode des Parameter Mappings an. Die Ausprägungen der Syntheseparameter werden von den Ausprägungen der Daten kontrolliert, wobei der Wissenschaftler (die Wissenschaftlerin) die Art und Weise festlegt, wie die Daten in Klangereignisse umgewandelt werden. Ähnlich wie bei einer grafischen Darstellung, bei der man vorab abwägen muss, welche Art der Darstellung und welche Regeln der Übersetzung von Daten in die Grafik sinnvoll für die Entschlüsselung der in den Daten enthaltenen Information sind, wird man auch bei Sonifikationen grundlegende Übersetzungsregeln vorgeben, die die den Daten innewohnenden Strukturen hörbar machen sollen. Analog zur grafischen Darstellung muss die Forscherin bzw. der Forscher sich entscheiden, welcher Darstellungsparameter welcher Datendimension zugeordnet wird. Der große Unterschied ist allerdings, dass Sonifikationen, verglichen mit grafischen Darstellungen, weit mehr Gestaltungsalternativen bieten, und der Forscher so für sich weit mehr Dimensionen synchron erfahrbar machen kann.

Die Darstellungsmöglichkeiten bei Sonifikationen sind, grob gesagt, Klangeigenschaften. Klangeigenschaften machen Klänge voneinander unterscheidbar und ermöglichen so die Nutzung von Klang als Darstellungsmedium für numerische Daten. Erstellt die Forscherin oder der Forscher ein Parameter Mapping, so muss er sich entscheiden, welche Klangeigenschaft er welcher Dateneigenschaft zuordnet.

Die grundlegendsten Klangeigenschaften sind:

- (i) Lautstärke (volume): Variabilität des Klangs entlang des Kontinuums leise-laut.
- (ii) Tonhöhe (pitch): Variabilität des Klangs entlang des Kontinuums tiefer Ton-hoher Ton.

Hörbeispiel 1: Lautstärke und Tonhöhe.

Anmerkung: Lautstärke und Tonhöhe sind kontrollierbare Eigenschaften, wobei die Steuerung hier mittels Mouse erfolgt: Die Tonhöhe verändert man durch Bewegung der Mouse entlang der x-Achse, die Lautstärke durch Bewegung entlang der y-Achse.

- (iii) Klangdauer (duration): Variabilität des Klangs entlang des Kontinuums kurz-lang.

Hörbeispiel 2: Klangdauer und Anschlagrate.

Anmerkung: Auch die Anschlagrate (d. die Häufigkeit eines Klangereignisses innerhalb einer Zeitspanne) kann als Darstellungsmöglichkeit gewählt werden. Wie sich in diesem Beispiel bereits hören lässt, sind jedoch manche Klangeigenschaften psychoakustisch nicht unabhängig voneinander. Wir werden in einem der folgenden Kapitel (Kapitel 6) genauer auf diese psychoakustischen Abhängigkeiten von Klangeigenschaften eingehen – stellen wir hier nur fest, dass in der menschlichen Wahrnehmung Klangdauer und Tonhöhe voneinander abhängig sind. Je kürzer man in diesem Hörbeispiel die Klangdauer mittels Mouse einstellt, desto schlechter erkennbar wird die Tonhöhe.

- (iv) Räumliche Position (spatial position): bei zwei Kanälen Verortung des Klangs im Raum zwischen den beiden Lautsprechern.

Hörbeispiel 3: Kontinuum links-rechts.

Mit einem geeigneten Algorithmus kann auch räumliche Tiefe simuliert werden: Klänge können so auch auf dem Kontinuum nah-fern verortet werden.

Hörbeispiel 4: Kontinuum Nähe-Ferne.

Prinzipiell ist, bei geeigneter Hardware-Ausstattung und vorhandenem

wissenschaftlich-technischem Wissen⁴, die Generierung umfassenderer räumlicher Klangstrukturen möglich.

Die Palette der Gestaltungsmöglichkeiten wird erweitert durch die Spektralqualitäten, das sind Klangeigenschaften die sich aufgrund der Wellenform bzw. des Wellenspektrums ergeben:

- (v) Klangcharakter (tone character). Unterschiedliche harmonische Wellenformen haben deutlich unterscheidbaren Klangcharakter.

Hörbeispiel 5: Sinuswelle.

Hörbeispiel 6: Sägezahnwelle.

Hörbeispiel 7: Pulswelle.

Anmerkung: Bei den Beispielen 5 bis 7 gibt das Programm die Wellenform auch optisch aus.

- (vi) Harmonizität (harmonicity) liegt vor, wenn alle Obertöne ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind. Dieser Zustand ist eine physikalische Idealisierung, d.h. reine Harmonizität kommt in der Natur nicht vor. Die künstliche generierte Sinuswelle (vgl. Beispiel 5) ist das bekannteste Beispiel für eine rein harmonische Welle, ist aber dem

menschlichen Ohr eher fremd und auf die Dauer für manche Hörer unangenehm.

Hörbeispiel 8: Eine inharmonische Wellenform.

Sogenanntes rosa Rauschen klingt in allen Frequenzbereichen annähernd gleich laut.

Hörbeispiel 9: GradueUer Übergang von Rauschen zu Tonhöhenwahrnehmung.

Anmerkung: Der Übergang von Rauschen zu Tonhöhenwahrnehmung et vice versa erfolgt graduell. Man kann hier per Mouse-Bewegung die sogenannte Bandbreite des Filters steuern, der nur einen Teil des Spektrums des Rauschens passieren lässt.

- (vii) Klangfarbe (timbre): Basierend auf einer unter (v) erwähnten Grundform kann ein Ton auch hinsichtlich der Klangfarbe variieren.

Hörbeispiel 10: Klangfarbe: Kontinuum hell-dunkel.

Zusätzlich zu den genannten Gestaltungsmöglichkeiten bieten sich dem Sonifizierer auch Klangeigenschaften an, die vom Syntheseprozess abhängig sind (z.B. vom envelope shape):

- (viii) Verlauf des Anschlags,
- (ix) Ausklang des einzelnen Tons, u.v.m.⁵

5. Perzeptuelle Linearität vs. Physikalische Exponentialität

Das Erstellen von Sonifikationen verlangt von der Forscherin oder vom Forscher ein gewisses Maß an akustischem und psychoakustischem Wissen. Denn es treten bei der Übersetzung numerischer Daten in Klänge gewisse Probleme auf, die, wenn sie im Verlauf der Gestaltung nicht beachtet werden, die Sonifikation unbeabsichtigt verfälschen und möglicherweise den Forscher zu Schlussfolgerungen über Strukturen bewegen, die der Datensatz nicht aufweist.⁶ (Eine herausragende Einführung in die Grundlagen der Akustik und der Psychoakustik bietet Roederer, 2000.)

Die folgenden zwei Kapitel beschreiben zwei der Probleme, die uns im Verlauf der Gestaltung unserer ersten Sonifikationen begegnet sind.

Das Phänomen Schall ist, grob gesagt, in zwei wissenschaftlichen Kontexten, oder von zwei Perspektiven aus beschreibbar: einerseits befasst sich die Akustik mit den rein physikalischen Aspekten von Schall, dem sogenannten Schallereignis. Sie beschreibt beispielsweise eine Sinuswelle mit Parametern wie Amplitude, Frequenz, Phase etc. Auf der anderen Seite wendet sich die Disziplin der Psychoakustik explizit den mentalen Aspekten von Klängen zu und fragt nach dem Hörerlebnis, fragt also danach, wie das physikalische Phänomen Schall auf den menschlichen Hörer wirkt. In ihr sprachliches Instrumentarium fallen Begriffe wie Lautstärke, Tonhöhe, und Klangfarbe. Nun stimmt die Beschreibung des Phänomens Schall nicht zwangsläufig mit der Beschreibung dessen überein, was der Mensch im Endeffekt hört.

Einen einfachen Beweis dafür liefert folgendes Hörbeispiel: Steigert man die Frequenz (d. i. ein Begriff des physikalischen Systems) einer Sinuswelle linear, führt das nicht zu einer analogen Steigerung der grob entsprechenden psychoakustischen Größe, nämlich der Tonhöhe.

Hörbeispiel 11: Lineare Steigerung der Frequenz führt nicht zu linear empfundener Steigerung der Tonhöhe.

Beim Abspielen von Beispiel 11 gibt das Programm hier auf einem eigenen Fenster die Frequenz des jeweiligen Tones an. Anhand dieser numerischen Ausgabe lässt sich erkennen, dass die Frequenz linear steigt, während sich die Tonhöhe nicht entsprechend linear ändert: Für den menschlichen Hörer sind in den tiefen Tonlagen grosse Sprünge zu hören, in den hohen

Tonlagen ist die Änderung der Tonhöhe vergleichsweise viel kleiner.

Steigert man hingegen die Frequenz exponentiell, so wirkt das auf den menschlichen Hörer wie eine lineare Steigerung der Tonhöhe.

Hörbeispiel 12: Exponentielle Steigerung der Frequenz führt zu linearer Steigerung der Tonhöhe.

Es ist nahe liegend, dass solche Umstände beim Design von Sonifikationen in Betracht gezogen werden muss. Im allgemeinen würde eine direkte Übertragung numerischer Daten auf die Frequenz ein ein verfälschtes Bild der dem Datensatz inhärenten Strukturen liefern –es sei denn die Datenwerte hätten ebenfalls exponentiellen Charakter.

6. Interaktionen zwischen Klangeigenschaften

Ein zweites Problem für die Gestaltung von Sonifikationen ergibt sich aus dem Umstand, dass auf der psychoakustischen Ebene Interaktionen zwischen Klangeigenschaften auftreten, die den Gestaltungsprozess (das Mapping) erschweren. Ein Beispiel für diese Interaktionen ist, wie bereits erwähnt, dass Klangdauer und Frequenz im physikalischen System zwar unabhängig voneinander sind, der Mensch jedoch Tonhöhen nur ab einer gewissen Länge des Tones zweifelsfrei erkennen kann (vgl. Bsp. 2).

Ein weiteres Beispiel ist die Abhängigkeit von Tonhöhe und Lautstärke eines Klangs: Je höher der Ton im folgenden Beispiel wird, desto lauter wirkt er auch auf den menschlichen Hörer; hier als einfachster Fall mit Sinustönen.

Hörbeispiel 13: Die Abhängigkeit von Tonhöhe und Lautstärke.

Anmerkung: Zum Zwecke des Vergleichs spielt Beispiel 13 die ansteigenden Töne, und alternierend einen konstanten Ton (mit 440 Hz). Synchron dazu gibt das Programm, wie schon bei früheren Beispielen, die Frequenz in Zahlen auf einem eigenen Programmfenster aus.

Um dieser Abhängigkeit von Tonhöhe und Lautstärke entgegenzuwirken, kann durch eine kontrollierte Senkung der Amplitude bei steigender Tonhöhe annähernd eine Linearisierung der Lautstärke erreicht werden.

Beispiel 14: Kontrollierte Senkung der Amplitude bei steigender Tonhöhe.

Der Faktor, mit dem diese Linearisierung der Lautstärke hier approximiert wurde (0.4), wird in einigen der folgenden Hörbeispiele verwendet.⁷

7. Sonifikation I – Wahlergebnisse in Österreich

Als wir zu erforschen begannen, ob Sonifikationen sich im Bereich der Sozialwissenschaften als bereichernde Analysemethode erweisen, erschien es uns angebracht, in einer ersten Forschungsphase grundlegende Belege dafür zu erarbeiten, dass sich unser Forschungsansatz bewährt. Wir wollten ein Kriterium haben, an dem sich schon

früh abschätzen lässt, ob weitere Forschung sinnvoll ist.

Der nahe liegendste Schritt schien uns zu prüfen, ob die Anwendung der Sonifikation bei bekannten sozialwissenschaftlichen Datensätzen die gleichen Ergebnisse erbringt, wie sie auch eine andere Form der Datenanalyse (beispielsweise die Analyse einer grafischen

Darstellung) liefern würde. Wir sind geneigt anzunehmen, dass dieses Gütekriterium auch für andere Unternehmungen in diesem Bereich der Methodenforschung nützlich sein könnte.

Denn dieses erste Kriterium hilft, über die Sinnhaftigkeit weiterer methodologischer Forschung zu entscheiden. Liefert eine Methode bereits nach einer ersten Phase ihrer Entwicklung und Erforschung andere Ergebnisse als übliche Analyseformen, so liegt der Schluss nahe, dass sie aufgrund ihrer Konzeption Verzerrungen verursacht, die derart fundamental in ihrem gedanklichen Aufbau verankert sind, dass eine radikale Neukonzeptionalisierung notwendig ist.

Wir haben also versucht, in einer ersten Phase festzustellen, ob Sonifikationen von sozialwissenschaftlichen Datensätzen diesem Kriterium entsprechen, oder ob Verzerrungen auftreten, die durch grundlegende Eigenschaften unserer Konzeptionalisierung von Sonifikation verursacht werden. Die verbleibenden Kapitel dieses Artikels berichten die Ergebnisse dieser ersten Forschungsphase. Die Forschungsfrage lautete:

Lassen sich bei der Sonifikation bekannter sozialer oder sozialwissenschaftlicher Datensätze dieselben Strukturmuster entdecken, die auch bei grafischer oder statistischer Analyse gefunden werden?

Es ging uns also in dieser ersten Phase, das möchten wir betonen, vorrangig nicht darum, die praktischen Vorteile von Sonifikationen gegenüber anderen Analysemethoden überzeugend herauszuarbeiten, sondern darum entscheiden zu können, ob eine weitere methodologische Erforschung unserer Konzeptionalisierung von Sonifikation in den Sozialwissenschaften Erfolg versprechend erscheint. Dementsprechend sind auch die folgenden Sonifikationen nicht in erster Linie dazu geeignet, dem Publikum die potentiellen Stärken von Sonifikationen vorzuführen, sondern sollen die Hörerin bzw. den Hörer dazu anregen zu vergleichen, ob das, was aus den Zahlen lesbar ist, auch gehört werden kann.

Als ersten Datensatz sonifizierte wir die Ergebnisse bundesweiter Wahlen in Österreich seit dem Jahre 1945. Ziel des Experiments war, neben der Reproduktion des gut bekannten historischen Sachverhalts, festzustellen, ob die Übertragung der zeitlichen Struktur der Daten in

die zeitliche Struktur der Sonifikation methodologische Implikationen birgt, die für weitere Analysen berücksichtigt werden müssen.

Wir werden in diesem Kapitel der Struktur folgen, die auch das betreffende Programm in SuperCollider aufweist (s. Anhang). Damit soll auch ein kleiner Einblick in die grundlegenden Charakteristika der Software geboten werden.

Schritt 1: Datenmatrix einlesen.

Anmerkung: Die Daten, die zuvor als Matrix in Textform (hier als SuperCollider Code) vorliegen, werden als Objekte in den Arbeitsspeicher geladen.

Schritt 2: Vorstellung der Darstellungsparameter.

Anmerkung: Die Darstellungsparameter dieser Sonifikation sind: Tonhäufigkeit (selten-häufig), Tonhöhe (tief-hoch), räumliche Position (links-rechts).

Schritt 3: Zuordnen der Klangeigenschaften zu den Parteien.

Anmerkung: In diesem Schritt legen wir fest, welche Partei durch welche Tonhöhe (~freqs) und welche räumliche Position (~pans) dargestellt bzw. markiert wird, und wir definieren die Dichte der Klangereignisse pro Sek. (~densities) als Darstellungsparameter für die Stimmenanzahl der Partei bei der jeweiligen Wahl. Darüber hinaus bestimmen wir das Klangereignis, das zur Darstellung der Nichtwählerschaft verwendet wird (PinkNoise).

Schritt 4: Weitere Initialisierung der parallelen Klangquellen, und Definition des Umschaltens zwischen den Vektoren.

Nun ist die Steuerung mittels einfacher Befehlsstrukturen möglich:

Schritt 5: Klangsynthese starten.

Schritt 6: Wahl aus dem Jahr 1945 anhören (Index = 0).

Anmerkung: Durch Änderung der in Tabelle 2 angegebenen Indexzahl kann jedes Wahljahr einzeln angehört werden.

Tabelle 2: Überblick Indizes zu Wahljahren

Jahr	Index
1945	0
1949	1
1953	2
1956	3
1959	4
1962	5
1966	6
1970	7
1971	8
1975	9
1979	10
1983	11
1986	12
1990	13
1994	14
1995	15
1999	16
2002	17

Schritt 7: Wahl aus dem Jahr 2002 anhören (Index = 17).

Schritt 8: Stummstellen.

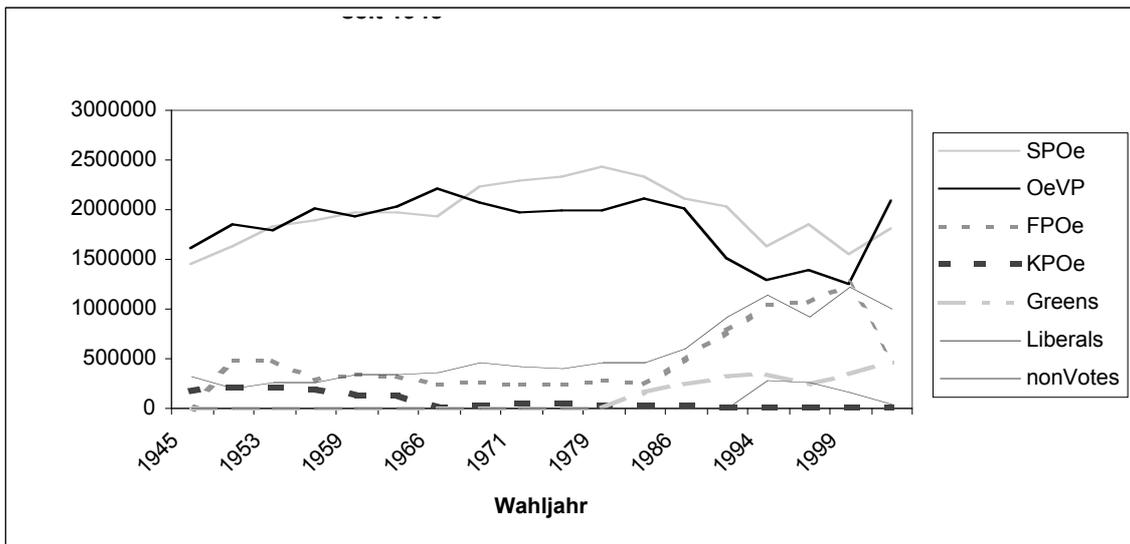
Schritt 9: Wahlen im Zeitverlauf, 5 Sekunden pro Wahl.

Konklusion: Unserer Ansicht nach führt die Interpretation dieser Sonifikation zu analogen Ergebnissen wie die Interpretation der grafischen Darstellung (s. Grafik 1). Mehr noch: die Wahrnehmung der historischen Veränderung ist unseres Erachtens deutlicher und unausweichlicher. Die Gleichförmigkeit, in der jedem Wahlereignis dieselbe Spanne Zeit (fünf Sekunden) gewährt wird, erhöht im Vergleich zum Betrachten einer Grafik das Bewusstsein für die Bedeutung von Zeitspannen. Beim Betrachten der Grafik konzentriert man sich, wie

beispielsweise Cleveland & McGill (1984) zeigten, zuerst auf „Offensichtliches“, auf Auffälliges, gleich wo in der Grafik es sich befindet. So negiert der erste Eindruck den geschichtlichen Verlauf, der den Daten zugrunde liegt, während die Sonifikation der gleichen Daten der Hörerin bzw. dem Hörer die Zeitachse vorgibt und ihn dazu anhält, jedem Wahlereignis gleich viel Zeit zuzugestehen. (Es wäre durchaus auch interessant, die Dauer jedes neuen Zustands nach einem Wahlereignis von der Dauer bis zur nächsten Wahl abzuleiten.)

Darüber hinaus stellt vor allem die grafische Darstellung von zeitlichen Verläufen die Forscherin bzw. den Forscher vor Probleme, denen er in der Sonifikation nicht gegenüber steht. Grafik 1 beispielsweise verwendet die zur Darstellung von Zeitverläufen übliche Methode des Liniendiagramms. Das Liniendiagramm eignet sich am besten dazu, kontinuierliche Verläufe darzustellen. Wahlergebnisse sind nun aber keine kontinuierlichen Verläufe, sondern eigentlich punktuelle Ereignisse. Streng genommen ist die Verwendung eines Liniendiagramms in diesem Zusammenhang unzulässig, da es für die Zeiten zwischen den Wahlen Werte konstruiert, die weder den Daten noch der Realität entsprechen. Daher wäre es angebracht, ein Punktdiagramm als Darstellungsmethode zu wählen. Dagegen sprechen jedoch zwei Argumente: Erstens würde ein Punktdiagramm der gleichen Daten die Wahrnehmungskapazitäten des Betrachters mehr als überfordern, da Verläufe entlang von Linien leichter zu verfolgen sind als entlang unverbundener Punkte. Zweitens weisen Wahlergebnisse mehr oder minder eine kontinuierliche Logik auf. Es macht daher inhaltlich Sinn, sie (obwohl die dargestellte Interpolation eigentlich ein Artefakt ist) als Verläufe zu präsentieren, v.a. auch deshalb, weil das Liniendiagramm besser als die meisten anderen Diagrammtypen viele Dimensionen gleichzeitig abbilden kann.

Grafik 1: Grafische Darstellung der sonifizierten Wahldaten



8. Sonifikation II – Jugendwertestudie 2000

Die zweite Sonifikation, die wir in diesem Kontext besprechen möchten, basiert auf den Daten der Jugendwertestudie 2000, die in Österreich von Fessel GfK durchgeführt wurde. Mit einem paper-pencil Fragebogen wurden u.a. die Einstellungen von Jugendlichen (zwischen 14 und 24 Jahren) gegenüber unterschiedlichen Jugendszenen erhoben (N=998).

Anders als im vorhergehenden Kapitel werden wir in diesem nicht exakt die Schritte nachvollziehen, die in SuperCollider unternommen werden müssen. Vielmehr werden wir nur die Schritte beschreiben, in denen inhaltlich Neues oder für das Verständnis der Sonifikation Wesentliches geschieht. Für Interessierte ist das vollständige Programm im Anhang dokumentiert.

Schritt 1: Daten aus dem .dat-Textfile in SuperCollider laden.

Anmerkung: Während wir bei der ersten Sonifikation die Daten noch in die SuperCollider-Textformat übertragen hatten, wurde für diese der SPSS-Datensatz zuerst im ASCII-Format .dat gespeichert. Diese .dat-Datei kann als externe Datenquelle in das Sonifikationsprogramm eingelesen werden.

Schritt 5: Kurzer klanglicher Überblick über Altersverteilung: Je höher, desto älter der Jugendliche (zwischen 15 und 25).

Anmerkung: Schritt 5 war unser erster Versuch, die Methode des Data Screenings auf sozialwissenschaftliche Daten zu übertragen. Innerhalb kurzer Zeit sollte hier ein erster Eindruck entstehen, ob der Datensatz hinsichtlich einer Variable (in diesem Fall Alter) strukturelle Eigenheiten aufweist. Das scheint, so lässt sich nach dem Anhören vermuten, hier nicht der Fall zu sein. Auch die statistische Analyse bestätigt eine annähernde Gleichverteilung (Ausnahme ist die Altersgruppe der 23-Jährigen, die eindeutig kleiner ist, vgl. Tabelle 4).

Tabelle 3: Altersverteilung

Alter		
	Häufigkeit	Prozent
Gültig	14	81
		8,1
	15	96
		9,6
	16	98
		9,8
	17	97
		9,7
	18	92
		9,2
	19	103
		10,3
	20	102
		10,2
	21	84
		8,4
	22	89
		8,9
	23	63
		6,3
	24	93
		9,3
Gesamt	998	100,0

Ob der Einsatz von Sonifikationen als Methode des Data Screenings in den Sozialwissenschaften wertvoll sein kann, sei hier dahingestellt. In diesem speziellen Fall jedoch erscheint eine simple Häufigkeitsauswertung besser geeignet.

Aus den Daten der Jugendwertestudie 2000 haben wir uns, wie schon erwähnt, auf die Fragen nach dem Zugehörigkeitsgefühl zu bzw. der Ablehnung von Jugendgruppen konzentriert. Die Autoren des Fragebogens boten 19 verschiedene Jugendgruppen an, wir konzentrierten uns auf die folgenden fünf (s. Tabelle 5):

Tabelle 4: Jugendgruppen

Szene	Variable
Computerspieler	F2_1
Skinheads	F2_2
Skateboarder	F2_3
Junge Christen	F2_12
Independent	F2_14

Die Befragten wurden ersucht, ihr Verhältnis zu der jeweiligen Szene mit einem der folgenden Statements zu beschreiben: „gehöre dazu“, „ist mir sympathisch“, „ist mir unsympathisch“, „ist mir egal“, „kenne ich nicht“, „weiß nicht“; fehlende Antworten wurden mit „keine Angabe“ kodiert.

Schritt 8: Auswahl der Jugendgruppe

Uns interessierte, ob sich in der Bewertung der Jugendgruppen Unterschiede in der Alters- und Geschlechtsverteilung (Alter = F69, Geschlecht = F68) ergeben würden. Dazu gestalteten wir die Software so, dass man über die in Tabelle 5 angegebenen Variablennamen eine der

Jugendgruppen auswählen kann. Wir wollen den Leser einladen, selbst mit der Software zu experimentieren (Schritt 9).

Jedes Klangereignis der Sonifikation repräsentiert eine Jugendgruppe bzw. einen Jugendlichen, wobei die weiblichen Jugendlichen auf den rechten, die männlichen auf den linken Kanal gemapt sind. Die Tonhöhe repräsentiert das Alter: Je höher der Ton, desto älter die oder der Jugendliche. Die Jugendlichen werden zu Antwortgruppen zusammengefasst, und Gruppe für Gruppe vorgestellt – begleitet wird die Sonifikation durch einen Ausgabebildschirm, der Gruppennamen („dazugehören“ – „weiß nicht“) und Gruppengröße angibt. Theoretisch gesprochen wird also die Zeitachse der Sonifikation genutzt, um die Komplexität der Analyse zu erhöhen.

Konklusion: Ohne ins Detail gehen zu wollen: Unser Eindruck ist im Allgemeinen der, dass man in dieser Sonifikation die Trends hinsichtlich von Zugehörigkeitsgefühl, Alter und Geschlecht erhören kann, die prinzipiell auch mittels anderen Analyseverfahren herausgearbeitet werden können. Die Forschungsfrage dieser ersten Phase der Entwicklung, die wir im vorhergehenden Kapitel expliziert haben, wäre von unserer Warte aus positiv zu beantworten. Es lassen sich in dieser Sonifikation dieselben Strukturmuster entdecken, die auch bei grafischer oder statistischer Analyse gefunden wurden. Nehmen wir als Beispiel das Zugehörigkeitsgefühl zur Szene der Computerspieler: es ist bei männlichen Jugendlichen etwas stärker vorhanden als bei weiblichen – die statistische Analyse ergibt einen geringen⁸, sehr signifikanten Zusammenhang (Cramer's V = 0.256**). In der Gruppe derjenigen, die angeben, zu der Gruppe der Computerspieler zu gehören, ist dieser Unterschied besonders auffällig – aus der entsprechenden Kreuztabelle lässt sich ersehen, dass fast drei Viertel (73,1%) der 171 in diese Kategorie fallenden Befragten männlichen Geschlechts sind.

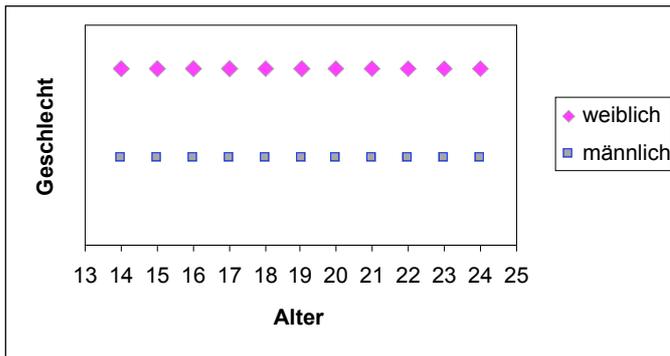
Schon hier offenbaren sich Vorteile der Sonifikation. Denn mit dem üblichen Repertoire der explorativen Datenanalyse ist es schon deutlich schwieriger, zu den Variablen Geschlecht und Zugehörigkeit zur Szene der Computerspieler in diesen ersten explorativen Schritten die Variable Alter mit einzubeziehen. Eine Kreuztabellierung beispielsweise würde aus Gründen der Übersichtlichkeit die Bildung von Altersgruppen nahe legen, da die Variable Alter

11 Ausprägungen aufweist, und somit eine Kreuztabellierung mit Zugehörigkeitsgefühl (7 Ausprägungen) und Geschlecht (2 Ausprägungen) eine Tabelle mit 154 Feldern ergeben würde.

Ein übliches Streudiagramm kann in diesem Fall nicht eingesetzt werden, da es eigentlich nur bei stetigen Verteilungen als Methode hilfreich sein kann. In unserem Falle ist eine der unabhängigen Variablen (Geschlecht) sogar dichotom, und eine

grafische Darstellung könnte daher die Zweidimensionalität der Grafik als Informationskanal nicht voll ausnützen. Da auf einer der Achsen nur zwei diskrete Ausprägungen vorhanden sind, wird sich die grafische Darstellung (bei entsprechender Größe des Datensatzes) auf Punkte beschränken, die auf zwei Linien im rechten Winkel zu dieser Achse liegen (s. Grafik 2).

Grafik 2: Dot-Plot bei Variablen mit diskreter Ausprägung



Die Dichte der Punkte jedoch, die einen wichtigen Aspekt der Analyse darstellt, da sie die Anzahl der jeweiligen Merkmalsträger in dieser Kategorie repräsentiert, ist nicht wahrnehmbar, da die Punkte einander sozusagen verdecken. Die von Schnell (1994) vorgeschlagene Methode der „jittered density plots“ umgeht diese Schwierigkeiten durch die Einführung einer Zufallsvariable, die die Punkte zu Feldern erweitern und so die Dichte darstellen. Allerdings ist diese Variante in der Standardsoftware SPSS nicht implementiert.

Schon in diesem eher einfacheren Beispiel stößt man also auf gewisse methodische Vorteile von Sonifikationen. Denn diese Sonifikation nutzt die Zeitachse als Darstellungsdimension, und ist so in der Lage, die Analyse um eine Variable zu erweitern, deren Einbeziehung die üblichen Methoden der Datenexploration vor Probleme stellen würde.

Die Komplexität dieser Sonifikation wurde experimentell erhöht, als zusätzlich zu den bislang berücksichtigten Variablen eine Meinungsvariable bezüglich Ausländerfeindlichkeit in die Analyse integriert wurde. Die Ergebnisse der Jugendwertestudie bezüglich Ausländerfeindlichkeit waren nämlich insofern bemerkenswert, dass keine klaren Beziehungen zwischen der Meinung gegenüber Ausländern und der Zugehörigkeit zu Jugendszenen nachgewiesen werden konnten: Ausländerfeindlichkeit, so stellte sich bei statistischer und grafischer Analyse heraus, ist quer durch alle Jugendszenen vorhanden und darf somit nicht als Randgruppenphänomen behandelt werden.

Auch hier können für die Sonifikation verschiedene Variablen gewählt werden (s. Tabelle 5, Schritt 14):

Tabelle 5: Meinungsvariablen

Aussage	Zustimmung	Variable
„Ausländer sollten ihren Lebensstil besser an den der Inländer anpassen.“	58%	F65_11

„Bei knappen Arbeitsplätzen sollte man Ausländer wieder in die Heimat zurückschicken.“	37%	F65_12
„Ausländern sollte man jede politische Betätigung im Inland untersagen.“	26,4%	F65_13

Die Antwortmöglichkeiten auf diese Aussagen lauten: „Ja“, „eher ja“, „weder noch“, „eher nein“, „nein“, „weiß nicht“, und „keine Angabe“.

Als klangliche Darstellungsform dieser Dimension wählten wir die Klangfarbe. Zur Kennzeichnung des Grades der Ausländerfeindlichkeit verwenden wir eine in ihrer Wellenform modifizierbare Sägezahnwelle (Schritt 12).

Da wir die Antwortmöglichkeiten „weiß nicht“ und „keine Angabe“ ausschlossen, bleiben fünf Ausprägungen über, die in Schritt 11 vorgestellt werden.

Schritt 13: Die fünf Grade der Zustimmung bzw. Ablehnung gegenüber ausländerfeindlichen Statements.

Im Anschluss daran kann man die gesamte Sonifikation abspielen.

Konklusion: Die Sonifikation wird nach der Hinzunahme der Fremdenfeindlichkeitsvariable

zwar komplexer, trotzdem scheint es uns möglich, selbst bei derart hoher Komplexität Strukturen zu erkennen. Es erscheint daher die Annahme gerechtfertigt, dass das, was in der Theorie behauptet wird, nämlich die höhere Leistungsfähigkeit des Ohrs, auch praktische Relevanz für die Forschung haben kann. Weitere interdisziplinäre Forschung ist in dieser Hinsicht nötig.

Kritisch anzumerken ist, dass die mehr oder weniger zufällige Reihenfolge des Datensatzes durch die Sonifikation (die diese Reihenfolge bei der akustischen Darstellung der Variablenausprägungen übernimmt) eine künstliche Zeitachse in die Datenrepräsentation eingeführt wird, die einem Querschnittsdatensatz nicht entspricht. Die Randomisierung der Reihenfolge im Datensatz vor jedem Abspielen der Sonifikation könnte hier Abhilfe schaffen und verhindern, dass der/die ForscherIn Artefakte zu interpretieren versucht, die nur durch die akustische Repräsentation entstehen.

9. Resümee und Ausblick

Unter Sonifikation versteht man generell die Verwendung nicht-sprachlicher Audiosignale zur Repräsentation von Daten oder Information. Sonifikationen versuchen, die physiologischen und psychologischen Kapazitäten des Ohrs zu nutzen. Ein spezielles Einsatzgebiet für Sonifikationen ist die explorative Datenanalyse. Wie psychologische Studien zeigen, bietet das Forschungsorgan Ohr gegenüber dem Auge gewichtige Vorteile (beispielsweise hinsichtlich Genauigkeit und Komplexität). Auch berichten naturwissenschaftliche Artikel von Erfolgen, die mit Sonifikationen erzielt wurden. Trotz dieser Umstände wurde der Einsatz von Sonifikationen im Bereich der Sozialwissenschaften bislang nicht systematisch untersucht.

Wir haben in diesem Artikel erste Ergebnisse unserer Beschäftigung mit Sonifikationen berichtet. Unserer Ansicht nach führt die Interpretation von Sonifikationen zu

vergleichbaren Ergebnissen wie die Interpretation anderer Formen der Datendarstellung. Grundsätzliche Verzerrungen, die von der Methode verursacht werden, können mithin ausgeschlossen werden.

Darüber hinaus offenbaren sich bereits einige Vorteile, die der Einsatz von Sonifikationen in der explorativen Datenanalyse haben kann. Die systematische Evaluierung dieser Vorteile bildet den nächsten Schritt, den wir dank finanzieller Unterstützung durch das Land Steiermark in den nächsten Monaten gehen wollen. Auf technischer Seite soll eine möglichst umfassende, leicht bedienbare Software entwickelt werden, die es den Einzelwissenschaftlern ermöglicht, ihre Daten zu sonifizieren (vgl. *de Campo et al.*, 2004; *SonEnvir*, 2004). Vom methodologischen Standpunkt aus hoffen wir, in dieser Zeit das praktische Wissen über die Sonifikation

sozialwissenschaftlicher Daten so weit zu vermehren, dass die Kapazitäten des Ohrs effektiv genutzt werden können. In der Beschäftigung mit Sonifikationen werden wir immer auch danach trachten, auf der theoretischen Ebene ein brauchbares

terminologisches Konzept zu entwickeln, das SozialwissenschaftlerInnen bei der Annäherung an das bislang fremde Forschen mit den Ohren hilfreich sein kann und das Feld sprachlich strukturiert.

10. Anmerkungen

¹ Die International Conference of Auditory Display (ICAD, www.icad.org) verortet in ihrem „Sonification Report“ an die National Science Foundation (ICAD 1997) die Ursachen für diesen Missstand in der grundlegenden Interdisziplinarität von Sonifikation. Vor allem mangle es interdisziplinären Vernetzungen an Anerkennung in der akademischen Welt; deshalb fehle es an Ressourcen, die es interdisziplinären Teams ermöglichen, konsequent und über die Grenzen der Einzeldisziplinen hinweg an der Etablierung von Sonifikation als Analyseverfahren zu arbeiten.

² Der anfängliche Streit um die Terminologie, den Astheimer (1995, S.16f) schildert, spiegelt die Schwierigkeiten wieder, denen sich eine wissenschaftliche Disziplin bei ihrer Entwicklung im internationalen Kontext zu stellen hat. Mittlerweile jedoch konnten die terminologischen Streitigkeiten beigelegt werden, und es gibt Erfolg versprechende Ansätze, die Schwierigkeiten, die sich aus der Interdisziplinarität von Sonifikation ergeben, mittels standardisierten Kommunikationswegen (so genannten sonification design patterns) zu überwinden (vgl. Barrass, 2003).

³ Dieses Verständnis steht grundsätzlich nicht im Widerspruch zu üblichen Definitionen von Sonifikation (vgl. z.B. Brown & Brewster, 2003, S.152; Peres & Lane, 2003, S.157), es erweitert diese nur um die heuristisch-wissenschaftliche Funktion von Sonifikationen.

⁴ Wir haben in Graz mit dem Institut für Elektronische Musik (IEM) der Universität für Musik und Darstellende Kunst einen wertvollen und international renommierten Partner für die Spatialisierung von Klängen. Ein Vorführungsraum am Institut (CUBE) bietet technische Möglichkeiten, die, gepaart mit dem Fachwissen der Institutsangehörigen, mehr als eine wertvolle Infrastruktur für Sonifikationen darstellen. Wir möchten an dieser Stelle auch dem Zukunftsfonds des Landes Steiermark

unsere Dankbarkeit dafür ausdrücken, dass die Finanzierung eines zweijährigen Forschungsprojektes sichergestellt werden konnte, in dem FachwissenschaftlerInnen von allen vier Grazer Universitäten das Know-how und die technischen Möglichkeiten des IEM nützen werden, um systematisch Sonifikationen für den jeweiligen Fachbereich auszutesten.

Wie Stephen Travis Pope in einem unveröffentlichten Vortrag am IEM im Frühsommer dieses Jahres berichtete, plant die University of California in Santa Barbara einen vom Grundprinzip ähnlichen, jedoch weitaus größeren und besser ausgestatteten Raum, dessen Bau in den nächsten Jahren realisiert werden soll.

⁵ Es ist uns wichtig klar zu stellen, dass diese Liste keineswegs erschöpfend ist, dass jedoch weitere Forschung nötig ist, um weitere Klangeigenschaften zu identifizieren, die als Gestaltungsdimensionen für Sonifikationen herangezogen werden können.

⁶ Diese Gefahr besteht offenkundig nicht nur bei Sonifikationen, sondern ist ein generelles Problem von Datendarstellungen höherer Komplexität. Pinker (1990) meinte in Bezug auf die graphische Darstellung von Daten, je geringer der in der Grafik ersichtliche Interpretationsrahmen, desto schwieriger sei es für den Betrachter, aus der Grafik Information zu lesen. Cutting (1991) behauptet, dass die Zahl der Stimuli einer grafischen Darstellung von Daten stets zu groß für eine sinnvolle Interpretation sei (vgl. auch Schnell, 1994).

⁷ Dieser Faktor ist eine Annäherung an die bekannte Fletcher-Munson-Kurve, die für den verwendeten Frequenzbereich (100-4000Hz) v.a. auch in Anbetracht der Abweichungen zwischen verschiedenen Tonanlagen akzeptabel scheint.

⁸ Die Bezeichnung des Zusammenhangs als gering beruht auf Martens (1999, S.91).

10. Literaturliste

- Astheimer, P.* (1995), Sonifikation numerischer Daten für Visualisierung und Virtuelle Realität, Aachen
- Barras, S.* (2003), Sonification Design Patterns, in: Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display, Boston MA, S.170-175
- Blumenberg, H.* (1996), Die Genesis der kopernikanischen Welt, 3 Bde., Frankfurt/Main, 3. Auflage
- Blumenberg, H.* (2000), Die Lesbarkeit der Welt, Frankfurt/Main, 5. Auflage
- Brown, L. M. & Brewster, S. A.* (2003), Drawing by Ear: Interpreting sonified line graphs, in: Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display, Boston MA, S.152-156
- Burckhardt, M.* (1997), Metamorphosen von Raum und Zeit. Eine Geschichte der Wahrnehmung. Frankfurt/Main – New York
- Cleveland, W. S., McGill, R.* (1984), Graphical perception: theory, experimentation, and application to the development of graphical methods, in: Journal of the American Statistical Association
- Cutting, J. E.* (1991), Why our stimuli look as they do, in: *Lockhead, G. R., Pomerantz, J. R.* (Hg.), The perception of structure, Washington, S.41-52
- De Campo, A., Egger de Campo, M.* (1999), Sonification of Social Data, in: Proceedings of the 1999 International Computer Music Conference, Peking, S.281-283
- De Campo, A., Frauenberger, C., Höldrich R.* (2004), Designing a generalized sonification environment, wird veröffentlicht in: Proceedings of the 2004 International Conference on Auditory Display
- Dombois, F.* (2002a), Auditory seismology. On free oscillations, focal mechanisms, explosions and synthetic seismograms, in: Proceedings of the 2002 International Conference on Auditory Display
- Dombois, F.* (2002b), Wann Hören? Vom Forschen mit den Ohren, in: *Schürmann, A. Weiss, B.* (Hg.), Chemie – Kultur – Geschichte. Festschrift für Hans Werner Schütt anlässlich seines 65. Geburtstages, Berlin - Diepholz, S.79-92
- Hermann, T., Niehus, C., Ritter, H.* (2003), Interactive visualization and sonification for monitoring complex processes, in: Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display, Boston MA, S.247-250
- Homans, G. C.* (1964), Bringing men back in. Presidential Address delivered at the Annual Meeting of the American Sociological Association, American Sociological Review Vol.29, 6, S.809-818
- Hovenga, E. J. S., Sermeus, W.* (2002), Data Analysis Methods, in: *Mantas, J., Hasman, A.* (Hg.), Textbook in Health Informatics. A nursing perspective. Amsterdam u.a., S.113-125
- ICAD* (1997), Sonification Report: Status of the field and research agenda, Online verfügbar: www.icad.org/websiteV2.0/References/nsfhtml
- Keller, J. M. et.al.* (2003), Educational Testing of an auditory display regarding seasonal variation of martian polar ice caps, in: Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display, Boston MA, S.212-215
- Kleinspehn, T.* (1989), Der flüchtige Blick. Sehen und Identität in der Kultur der Neuzeit, Reinbek bei Hamburg
- Kramer, G.* (Hg.) (1994), Auditory Display. Sonification, Audification and Auditory Interfaces, Santa Fe
- Martens, J.* (1999), Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows, München – Oldenbourg
- Peres, S. C. & Lane, D. M.* (2003), Sonification of statistical graphs, in: Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display, Boston MA, S.157-160
- Pinker, S.* (1990), A Theory of Graph Comprehension, in: *Freedle, R.* (Hg.), Artificial

Intelligence and the Future of Testing, Hillsdale, S.73-126

Roederer, J. G. (2000), Physikalische und psychoakustische Grundlagen der Musik, Berlin – Heidelberg – New York, 3. Auflage

Schnell, R. (1994), Graphisch gestützte Datenanalyse, München – Wien

Smith, S., Bergeron, R. D., Grinstein, G. G. (1990), Stereophonic and surface sound generation for exploratory data analysis, in: Proceedings of the CHI '90 Conference on Human Factors in Computer Systems, S.125-132

SonEnvir (2004), SonEnvir – Eine Sonifikationsumgebung für wissenschaftliche Daten. Projektantrag beim Zukunftsfonds des Landes Steiermark, unveröffentlicht

11. Anhang: Beispiele (SuperCollider)

Audible Sound Qualities

```
(
  // BEISPIEL 1:
  // Lautstärke und Tonhöhe

  {
    var mouseX, mouseY;
    mouseX = MouseX.kr(200, 2000, 'exponential');
    mouseY = MouseY.kr(1, 0.01, 'exponential');
    SinOsc.ar(mouseX, 0, mouseY);
  }.play;
)

(
  // BEISPIEL 2:
  // Klangdauer und Anschlagrate
  // je kürzer die tondauer, desto unerkennbarer tonhoehe

  {
    var mouseX, mouseY;
    mouseX = MouseX.kr(0.1, 1, 'exponential');
    mouseY = MouseY.kr(10, 1, 'exponential');

    Decay2.ar(Impulse.ar(mouseY), 0.01, mouseX, SinOsc.ar(400, 0, 0.2));
  }.play;
)

(
  // BEISPIEL 3:
  // Kontinuum links-rechts

  {
    var mouseX, mouseY;
    mouseX = MouseX.kr(-1, 1);
    mouseY = MouseY.kr(1, -1);

    Pan4.ar(
      Decay2.ar(Impulse.ar(3), 0.01, 0.2, SinOsc.ar(400, 0, 0.2)),
      mouseX,
      mouseY
    )
  }.play
)
```

```

(
  // BEISPIEL 4:
  // Kontinuum Naeh-Ferne
{
  var mouseX, mouseY, sourceSound, reverb;
  mouseX = MouseX.kr(-1, 1);
  mouseY = MouseY.kr(0.001, 1, 'exponential');

  sourceSound = Pan2.ar(
    Decay2.ar(Impulse.ar(3), 0.01, 0.2, SinOsc.ar(400)),
    mouseX
  );

  reverb = sourceSound;
  4.do({ reverb = AllpassN.ar(reverb, 0.050, [0.050.rand, 0.050.rand], 3) });

  (sourceSound * mouseY) + (reverb * 0.1)
}.play
)

(
  // BEISPIEL 5:
  // Sinuswelle
{
  SinOsc.ar(
    freq: MouseX.kr(50, 12800, 'exponential'),
    mul: MouseY.kr(1, 0.01, 'exponential') - 0.01
  )
}.scope
)

(
  // BEISPIEL 6:
  // Saegzahnwelle
{
  Saw.ar(
    freq: MouseX.kr(50, 12800, 'exponential'),
    mul: MouseY.kr(1, 0.01, 'exponential') - 0.01
  )
}.scope
)

(
  // BEISPIEL 7:
  // Pulswelle
{
  Pulse.ar(
    freq: MouseX.kr(50, 12800, 'exponential'),
    mul: MouseY.kr(1, 0.01, 'exponential') - 0.01
  )
}.scope
)

(
  // BEISPIEL 8:
  // Eine inharmonische Wellenform

  // gehoermaessig linear. (in jeder oktave gleiche energie)
  // alle frequenzbereiche klingen gleich laut.

{ PinkNoise.ar(0.1) }.scope
)

```

```
(
  // BEISPIEL 9:
  // Gradueeller Uebergang von Inharmonizitaet zu Harmonizitaet

  {
    BPF.ar(
      PinkNoise.ar(100),
      MouseX.kr(100, 10000, 'exponential'),
      MouseY.kr(0.001, 1, 'exponential'),
      MouseY.kr(1, 0.001, 'exponential')
    )
  }.play
)
```

```
(
  // Beispiel 10
  // Klangfarbe: Kontinuum hell-dunkel

  {
    RLPF.ar(
      in: Pulse.ar(freq: 200, mul: 0.1),
      freq: MouseX.kr(50, 12800, 'exponential'),
      rq: MouseY.kr(0.1, 1, 'exponential')
    )
  }.play
)
```

Perceptual Linearity vs. Physical Exponentiality

```
(
  // BEISPIEL 11: Teil 1 von 2
  // Lineare Steigerung der Frequenz fuehrt nicht zu adaequater Steigerung der
  Tonhoehe

  p = ProxySpace.push(s.boot);
  ~out.play;

  // A synthdef that uses 4 params.

  SynthDef(\sineAttDec, { arg out = 0, freq = 440, amp = 0.2, attack = 0.01, decay =
  0.1, pan = 0.0;

    Out.ar(0, Pan2.ar(
      SinOsc.ar(freq),
      pan,
      EnvGen.ar(Env([ 0, 1, 0 ], [ attack, decay ]),
        levelScale: amp, doneAction: 2
      )
    ));
  }).store(s);
  ~out = \sineAttDec;
)

Tdef(\testLin).play;
Tdef(\testLin).stop;
```

```
(
  // BEISPIEL 11: Teil 2 von 2
  //

  Tdef(\testLin, {
    var freqpat, freqs;
    freqpat = Pn(Pseries(130, 130, 60), inf);
```

```

    freqs = freqpat.asStream;
    inf.do({
        ~out.spawn([\freq, freqs.next.postln, \decay, 0.05]);
        0.2.wait;
    });
}).play;
)

Tdef(\testLin).play;
Tdef(\testLin).stop;

```

```

(
    // BEISPIEL 12
    // Exponentielle Steigerung der Frequenz führt zu linearer Steigerung der
    Tonhöhe.

```

```

Tdef(\testLin, {
    var freqpat, freqs;
    freqpat = Pn(Pseries(48, 1, 60).midicps,inf);
    freqs = freqpat.asStream;
    inf.do({
        ~out.spawn([\freq, freqs.next.postln, \dur, 0.05]);
        0.2.wait;
    });
}).play;
)

```

Interactions between sound properties

```

(
    // BEISPIEL 13
    // Abhängigkeit von Tonhöhe und Lautstärke
    // test steady note against rising pitch for equal loudness.

Tdef(\testLin, {
    var freqpat, freqs;
    freqpat = Pswitch1([ 400, Pn(Pgeom(200, 1.06, 60),inf) ], Pseq([0, 0, 0, 1,
1, 1], inf));
    freqs = freqpat.asStream;
    inf.do({
        ~out.spawn([\freq, freqs.next.postln, \dur, 0.05]);
        0.2.wait;
    });
}).play;
)

```

```

(
    // BEISPIEL 14
    // Kontrollierte Senkung der Amplitude bei steigender Tonhöhe.

SynthDef(\sineAttDec, { arg out = 0, freq = 440, amp = 0.2, attack = 0.01, decay =
0.1, pan = 0.0;
    var ampComp;
    ampComp = (261/freq) ** 0.4;           // hinge around middle C,
                                           // every ca. 3 octaves are softer by 6db.

    Out.ar(0, Pan2.ar(
        SinOsc.ar(freq),
        pan
    ) *

```

```

    EnvGen.ar(Env([ 0, 1, 0 ], [ attack, decay ]), levelScale: amp * ampComp,
doneAction: 2)
    );
  }).store(s);
)

```

```

Sonification I
-----

```

```

(
  // Schritt 0: Recompile.
)

(
  // Schritt 1/9: Datenmatrix einlesen.

~wahl = Soni.vect(\wahlenSeit1945,
[ \year, \numVoters, \votes, \validVotes, \SPOe, \OeVP, \FPOe, \KPOe, \Greens,
\ Liberals ],
#[
  [ 1945, 3449605, 3253329, 3127354, 1434898, 1602227, nil, 174257, nil, nil ],
  [ 1949, 4391815, 4250616, 4193733, 1623524, 1846581, 489273, 213066, nil, nil
],
  [ 1953, 4586870, 4395519, 4318688, 1818517, 1781777, 472866, 228159, nil, nil
],
  [ 1956, 4614464, 4427711, 4351908, 1873295, 1999989, 283749, 192438, nil, nil
],
  [ 1959, 4696603, 4424658, 4362856, 1953935, 1928034, 336110, 142578, nil, nil
],
  [ 1962, 4805351, 4506007, 4456131, 1960685, 2024501, 313859, 135520, nil, nil
],
  [ 1966, 4886716, 4583970, 4531885, 1928985, 2191109, 242570, 18636, nil, nil
],
  [ 1970, 5045840, 4630851, 4588962, 2221981, 2051012, 253425, 44750, nil, nil
],
  [ 1971, 4984448, 4607616, 4556990, 2280168, 1964713, 248473, 61762, nil, nil
],
  [ 1975, 5019277, 4662684, 4613432, 2326201, 1981291, 249444, 55032, nil, nil
],
  [ 1979, 5186735, 4784173, 4729251, 2413226, 1981739, 286743, 45280, nil, nil
],
  [ 1983, 5316436, 4922454, 4853417, 2312529, 2097808, 241789, 31912, 159614,
nil ],
  [ 1986, 5461414, 4940298, 4852188, 2092024, 2003663, 472205, 35104, 240033,
nil ],
  [ 1990, 5628912, 4848741, 4704894, 2012787, 1508600, 782648, 25685, 317358,
nil ],
  [ 1994, 5774000, 4730987, 4633114, 1617804, 1281846, 1042332, 11919, 344314,
276580],
  [ 1995, 5768099, 4959539, 4844248, 1843679, 1370497, 1060175, 13939, 233232,
267078],
  [ 1999, 5838373, 4695225, 4622354, 1532448, 1243672, 1244087, 22016, 342260,
168612 ],
  [ 2002, 5912592, 4982261, 4909645, 1792499, 2076833, 491328, 27568, 464980,
48083 ]
]);

~wahl.data.do({ arg chan; chan.do({ |el, i| if (el.isNil) { chan[i] = 0 } }) });
~wahl;
)

```

```

// a single source for the time series of one party:

```

```

(
    // Schritt 2/9: Vorstellung der Darstellungsdimensionen

a = NodeProxy.audio(s, 2);
a.play; //play to hardware output, return a group with synths

a.source = { arg dens = 1, freq = 440, amp = 0.2, pan = 0.0;
    Pan2.ar(
        SinOsc.ar(freq, 0, amp) * Decay2.ar(Impulse.ar(dens), 0.001, 0.2),
        pan
    );
};
)
a.set(\dens, 10);
a.set(\dens, 5);
a.set(\freq, 600);
a.set(\freq, 400);
a.set(\pan, 1);
a.set(\pan, -1);

(
    // Schritt 3/9: Zuordnen der Klangeigenschaften zu den Parteien

// "Parties: Spoe, Oevp, Fpoe, Kpoe, Green, Liberal, NonV."
~freqs = [ 400, 540, 729, 984.15, 1328.6, 1793.61];
~pans = [ -0.2, 0.6, 1.0, -1.0, -0.6, 0.2 ];
~densities = Array.fill(6, 0);

~tones = Array.fill(6, { arg i; var tone;
    tone = NodeProxy.audio(s, 2);
    tone.source = { arg dens = 0, freq = 440, amp = 0.2, pan = 0.0;
        amp = AmpComp(freq) * amp; // perceptual linearity
        Pan2.ar(
            SinOsc.ar(freq, 0, amp) * Decay2.ar(Impulse.ar(dens), 0.001,
0.2),
            pan
        );
    };
    tone;
});
~nonVoters = NodeProxy.audio(s, 2);
~nonVoters.source = { arg dens = 0, amp = 0.2, pan = 0.0;
    PinkNoise.ar([amp, amp]) * Decay2.ar(Impulse.ar(dens), 0.001, 0.2);
};
~tones = ~tones ++ ~nonVoters;
)

(
    // Schritt 4/9: Weitere Initialisierung, Definition des Wechsels
    // zwischen Datenvektoren/Wahlen.

~tones.do({ arg t; t.play; });
~tones.do({ arg t, i; t.set(\freq, ~freqs[i], \pan, ~pans[i]) });

~setElec = { arg which = 0;
    var vect, numVoters, allVotes, nonVoters, densities;
    vect = ~wahl.vector(which);
    numVoters = vect[1]; allVotes = vect[(4 .. 9)];
    nonVoters = numVoters - vect[3];

    allVotes = allVotes ++ nonVoters;
    densities = allVotes.collect({ arg vote; vote ? 0 / numVoters * 100 });
    ~tones.do({ arg t, i;
        t.set(\dens, densities[i] * 0.1);
    });
};

```

```

    [vect[0]] ++ densities.round(0.1);
};
)

// Schritte 5, 6, 7 & 8: Steuerung mittels einfacher Befehlsstrukturen
möglich.

// Schritt 5/9: Programm starten.
~tones.do({ arg t; t.play; }); // ist jetzt noch still!

// Schritt 6/9: Wahl aus dem Jahr 1945 anhoeren (Index = 0).
~setElec.value(0); // setze alle streams auf wahl 0 = 1945 -> hoerbar.

// Schritt 7/9: Wahl aus dem Jahr 2002 anhoeren (Index = 17).
~setElec.value(17); // setze alle streams auf wahl 17 = 2002.

// Schritt 8/9: Abstellen.
// alle wieder stummstellen mit density 0:
~tones.do({ arg t, i; t.set(\dens, 0) });

// Schritt 9/9: Wahlen im Zeitverlauf, 5 Sekunden pro Wahl.

// alle 5 sec neues jahr, 1949 ... 2002.
(
Tdef(\elecPlay, {
    ~wahl.numFrames.do({ arg i;
        ~setElec.value(i).postln;
        5.wait;
    });
    // ~tones.do({ arg t, i; t.set(\dens, 0) }); // stop nach 2002?
}).play;
)

Tdef(\elecPlay).play;
Tdef(\elecPlay).stop;

```

Sonification II

```

// Schritt 1: Daten aus Textfile in SuperCollider laden; dauert ca 15 sec.

(
x = Soni.fromPath("SoniDemoSC3/JugendWerteMiniAsSC3Soni.txt");
~soni = x;
)

// Schritt 2: Prüfen, ob das Einlesen funktioniert hat.

x.name;
x.chanNames;
x.data;
x.chan(\year);
x.vector(1);
x.analyse; // geht nicht, weil missing cases noch nicht behandelt.
x.checkData;

// Schritt 3: TaskDef

```

```

Tdef(\soniPlay, {
  ~index = Pphasor(0, ~lStart = Ref(0), ~lEnd = Ref(x.numFrames - 1), ~incr =
Ref(1), inf).asStream;    ~dur = 0.1;
  inf.do({
    ~soni.at('F69', ~index.next).postln;
    ~dur.wait;
  });
});
Tdef(\soniPlay).stop.play;

```

// Schritt 4: SynthDef an Server schicken.

```

(
SynthDef( "bing", { arg out = 0, freq, dur=1.0, amp=0.2;
  var osc;
  osc = SinOsc.ar( [freq, freq * rrand(0.99, 1.01)] )
    * EnvGen.kr( Env.perc, doneAction: 2, levelScale: amp, timeScale:
dur);
  Out.ar(out, osc);
}).send(s);
)

```

// Schritt 5: Kurzer klanglicher Überblick über Altersverteilung: Je höher, desto älter der Jugendliche (zwischen 15 und 25).

```

// alter ueber alle als tonhoehe, 10 sec ueberblick - starter unten
(
Tdef(\soniPlay, {
  ~index = Pphasor(0, ~lStart = Ref(0), ~lEnd = Ref(x.numFrames - 1), ~incr =
Ref(1), inf).asStream;
  ~dur = 0.01;
  ~soni.numFrames.do({ var age;
    age = ~soni.at('F69', ~index.next);
    Synth( "bing", [\freq, (age + 60).midicps, \dur, 0.1, \amp, 0.1 ]);
    ~dur.wait;
  });
});
)

Tdef(\soniPlay).play;
Tdef(\soniPlay).stop;

```

// Schritt 6: Altersvariable dargestellt als Summen derer die in die Altersstufe fallen (von 15 bis 25): Je höher, desto mehr Fälle.

// Zuerst Struktur rüberlesen, dann kontrollieren (als post im Ausgabefenster), und dann spielen.

```

(
~alter = x.chan('F69');
~maxalt = ~alter.maxItem;
~minalt = ~alter.minItem;
~altersStufen = Array.fill(~maxalt - ~minalt + 1, 0);
~alter.do({ arg alt; var index;
  index = alt - ~minalt;
  ~altersStufen[index] = ~altersStufen[index] + 1;
});
)

~altersStufen; // haeufigkeiten fuer jede altersstufe;

```

```

(
Tdef(\soniPlay, {
  ~dur = 0.5;
  ~altersStufen.do({ arg haeufigkeit;
    Synth( "bing", [\freq, (haeufigkeit - 12).midicps, \dur, 2, \amp, 0.2
  ]);
    ~dur.wait;
  });
}).play;
)

Tdef(\soniPlay).play;
Tdef(\soniPlay).stop;

```

// Schritt 7: Die SynthDef schicken.

```

(
SynthDef(\sineAttDec, { arg out = 0, freq = 440, amp = 0.2, attack = 0.01, decay =
0.1, pan = 0.0;
  var ampComp; ampComp = (261/freq) ** 0.4;

  Out.ar(0, Pan2.ar(
    SinOsc.ar(freq),
    pan
  ) *
  EnvGen.ar(Env([ 0, 1, 0 ], [ attack, decay ]), levelScale: amp * ampComp,
doneAction: 2)
  );
}).store(s);
)

// nach zb. computerspiele-antwort sortieren;
// -> 7 gruppen : dazugehoeren, symp., unsymp., egal, kennichnicht,
weissnicht
// alter/geschlecht-zusammensetzung, wird hoerbar gemacht.
// computerspieler = 'F2_1', skinheads = 'F2_2', Skateboarder = 'F2_3',
jungeChristen = 'F2_12'
// alter = 'F69', mw = 'F68';

```

// Schritt 8: Auswahl der Jugendszene

```

(
~szene = x.chan('F2_12'); // szene aendern
~szeneCats = Array.fill(7, { List[] });
~szene.do({ arg val, i;
  if (val.notNull, { ~szeneCats.at(val - 1).add(i) });
});
~szeneCats; // 7 separate listen mit den adressen von allen dazug, symp, umsymp...
)

```

// Schritt 9: TaskDef

```

(
Tdef(\soniPlay, {
  ~dur = 0.1; // tempo in der gruppe
  ~szeneCats.do({ arg listProCat, i;

    [ "dazu", "symp", "unsymp", "egal",
      "kennichnicht", "weissnicht", "k.a." ].at(i).postln;
    listProCat.size.postln;
  });
}).play;
)

```

```

listProCat.do({ arg caseIndex, j;
  var gender, age;
  gender = ~soni.at('F68', caseIndex);
  age = ~soni.at('F69', caseIndex);
  Synth( "sineAttDec", [
    \freq, (age * 2 + 40).midicps,
    \pan, gender * 2 - 3,           // m = links, f =
rechts
                                     \attack, 0.001, \decay, 0.3, \amp, 0.2
  ]);
  ~dur.wait;
});
3.wait;           // pause zw. gruppen.
});
}).play;
)
Tdef(\soniPlay).play;
Tdef(\soniPlay).stop;

```

**// Schritt 10: Zusätzlich eine Meinungsvariable bezüglich
Ausländerfeindlichkeit.**

```

/*****/
// + meinungsvar. parallel:
1 ... 5, 6-7
ja/eherja/wedernoch/ehernein/nein/ weissnicht/ka
F65_11 : auslaender sollen lebensstil an inlaender anpassen. 58%+
F65_12 : bei knappen arbeitsplaetzen auslaender in heimat zurueck. 37%+
F65_13 : auslaender jede polit. betaet. im inland untersagen 26.4%+

```

// Schritt 11: SynthDef schicken.

```

(
SynthDef(\sineAttDec, { arg out = 0, freq = 440, amp = 0.2, attack = 0.01, decay =
0.1, pan = 0.0;
  var ampComp; ampComp = (261/freq) ** 0.4;

  Out.ar(0, Pan2.ar(
    SinOsc.ar(freq),
    pan
  ) *
  EnvGen.ar(Env([ 0, 1, 0 ], [ attack, decay ]), levelScale: amp * ampComp,
doneAction: 2)
  );
}).store(s);

SynthDef(\sawAttDec, { arg out = 0, freq = 440, ffreq = 2000, reso = 0.5,
amp = 0.2, attack = 0.01, decay = 0.1, pan = 0.0;

  var ampComp; ampComp = (261/freq) ** 0.4;

  Out.ar(0,
    Pan2.ar(
      RLPF.ar(Saw.ar(freq), ffreq, reso),
      pan
    ) *
    EnvGen.ar(Env([ 0, 1, 0 ], [ attack, decay ]), levelScale: amp *
ampComp, doneAction: 2)
  );
}).store(s);

```

```
);
}).store(s);
)
```

```
// Schritt 12: Sägezahnwelle.
```

```
Synth(\sawAttDec);
```

```
// Schritt 13: Die fünf Grade der Zustimmung bzw. Ablehnung gegenüber  
ausländerfeindlichen Statements
```

```
// so klingen die 5 auspraegungen: ja ... nein.  
(  
Task(  
5.do({ arg i;  
  Synth( "sawAttDec", [  
    \freq, (0 + 50).midicps,  
    \pan, 0, // m = links, f = rechts  
    \ffreq, (110 - (i * 16)).midicps,  
    \attack, 0.001, \decay, 0.4, \amp, 0.2  
  ]);  
  0.5.wait;  
});  
}).play;  
)
```

```
// Schritt 14: Auswählen der Jugendszene.
```

```
// computerspieler = 'F2_1', skinheads = 'F2_2', Skateboarder = 'F2_3',  
jungeChristen = 'F2_12', Independent = 'F2_14'  
// alter = 'F69', gender = 'F68';
```

```
(  
~szene = x.chan('F2_14'); // szene aendern  
~szeneCats = Array.fill(7, { List[] });  
~szene.do({ arg val, i;  
  if (val.notNull, { ~szeneCats.at(val - 1).add(i) });  
});  
~szeneCats; // 7 separate listen mit den adressen von allen dazug, symp, unsymp...  
)
```

```
// Schritt 15: Tdef.
```

```
(  
Tdef(\soniPlay, {  
  ~dur = 0.1; // tempo in der gruppe, sek zw. events.  
  ~szeneCats.do({ arg listProCat, i;  
  
    [ "dazu", "symp", "unsymp", "egal",  
      "kennichnicht", "weissnicht", "k.a." ].at(i).postln;  
    listProCat.size.postln;  
  
    listProCat.do({ arg caseIndex, j;  
      var gender, age, meinung, whichSynthDef;  
      gender = ~soni.at('F68', caseIndex);
```

```

age = ~soni.at('F69', caseIndex);
meinung = ~soni.at('F65_13', caseIndex); // meinung hier!
whichSynthDef = if (meinung.isNil or: { meinung > 5 },
    "sineAttDec", "sawAttDec");
Synth( whichSynthDef, [
    \freq, (age - 14 * 2 + 40).midicps,
    \pan, gender * 2 - 3, // m = links, f
    \ffreq, (128 - (meinung ? 0 * 12)).midicps,
    \attack, 0.001, \decay, 0.2, \amp, 0.2
]);
~dur.wait;
});
3.wait; // pause zw. gruppen.
});
}).play;
)

Tdef(\soniPlay).play;
Tdef(\soniPlay).stop;

```