

Bachelorarbeit

Soundscapeanalyse und -monitoring

durchgeführt von

Katharina Zenke

Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation
an der TU Graz

Betreuerin: Dipl.-Ing. MBA Maria Fellner

Graz, im Juli 2011

Kurzfassung

Der Begriff Soundscape bezeichnet die akustische Umgebung, in der sich der Mensch aufhält. Lange Zeit wurde ihrer Erforschung wenig Beachtung geschenkt. Man konzentrierte sich auf die Analyse einzelner Schallquellen. Erst in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts begann man sich mit der Klangumgebung in ihrer Gesamtheit zu beschäftigen und sie wissenschaftlich zu untersuchen. Heute, 40 Jahre später, gibt es zahlreiche Untersuchungen, die sich mit Soundscapes beschäftigen. Hierbei werden vorwiegend Auswirkungen bestimmter Klangumgebungen auf den Menschen und im Gegenzug menschliche Auswirkungen auf Klangumgebungen untersucht. Dieses Forschungsfeld zeichnet sich durch seine Interdisziplinarität aus. Forscher verschiedenster Fachrichtungen arbeiten gemeinsam an Soundscapenanalysen und -verbesserungen. Diese Arbeit soll einen Überblick über die Soundscapeforschung und deren aktuellen Forschungsstand geben und einen Blick auf die mögliche Automatisierung des Analyseprozesses werfen. Speziell dieses Gebiet steht noch am Anfang der Entwicklung und basiert momentan eher auf der Analyse von Einzelereignissen.

Im Kapitel 1 wird der Begriff Soundscape detaillierter erörtert und die Entstehung der Soundscapeforschung sowie die Erwartungen der damaligen Klangforscher vorgestellt. Kapitel 2 beschäftigt sich mit der Kategorisierung von Soundscapes und der Gruppierung darin vorkommender Klänge. Daran anschließend wird in Kapitel 3 die subjektive Klangwahrnehmung des Menschen vorgestellt und deren Unterschiede aufgrund von individuellen, sozialen und kulturellen Faktoren erörtert. In Kapitel 4 werden die Schritte einer Soundscapenanalyse, von der Aufnahme über die statistische und psychoakustische Analyse bis zur Archivierung, behandelt. Die aktuellen Forschungsgebiete behandelt Kapitel 5. Dabei wird genauer auf Forschungsthemen wie Klangökologie, urbane Lärmstudien, Soundscapedesign und -komposition eingegangen. Im 6. Kapitel wird das Thema automatisierte Soundscapenanalyse näher vorgestellt und die Schwierigkeiten bei dessen technischer Umsetzung, somit die Grenzen der momentanen Forschung im Bereich des akustischen Monitorings, erörtert. Kapitel 7 bildet den Abschluss der Arbeit und befasst sich mit dem Potential, das in der Soundscapeforschung liegt und deren Bedeutung in der Zukunft.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung in die Soundscapeforschung	1
1.1	Begriffsklärung "Soundscape"	1
1.2	Anfänge der Soundscapeforschung	1
2	Klassifizierung und Unterteilung von Soundscapes	3
2.1	Kategorien von Soundscapes	3
2.2	Kategorien von Klängen	3
2.2.1	Prinzip von Murray Schafer	3
2.2.2	Prinzip von Bernie Krause	4
3	Klangwahrnehmung des Menschen	5
4	Aufnahme, Auswertung und Archivierung von Soundscapes	6
5	Aktuelle Forschungsgebiete	11
5.1	Klangökologie	11
5.2	Soundscapestudien im urbanen Raum	12
5.3	Soundscape Komposition	13
5.4	Soundscape Design	16
5.5	Weitere Anwendungen	18
5.5.1	Künstliche Soundscapes für Computerspiele	18
5.5.2	Blindenprojekt Seeingwithsound	19
6	Automatisiertes Monitoring von Soundscapes - Fortschritte und Probleme dieser Forschung	20
6.1	Akustisches Monitoring von Einzelereignissen	20
6.2	Problematik beim Monitoring von Soundscapes	20
6.3	Computational Soundscape Analysis - Ein Ansatz zur automatisierten Soundscapenalyse	21
7	Ausblick: Potential der Soundscapeforschung für die Zukunft	24

1 Einleitung in die Soundscapeforschung

1.1 Begriffsklärung “Soundscape”

Der englische Begriff „Soundscape“ ist eine Kunstform, die aus den Wörtern „sound“ und „landscape“ geschaffen wurde. „Soundscape“ stellt somit das akustische Pendant zur visuellen „landscape“ dar. Ins Deutsche übersetzt wird dieser Begriff meist mit „Klanglandschaft“ oder „Klangumgebung“. Eine Soundscape umfasst das Zusammenspiel aller akustischen Ereignisse an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Beziehung zwischen Mensch und Klang, d.h. die Klangumgebung wird dadurch charakterisiert, wie sie vom Menschen subjektiv wahrgenommen wird (vgl. Kapitel 3).

1.2 Anfänge der Soundscapeforschung

Lärmbelastung war lange Zeit kein Thema für die Menschheit. Bis ins 18. Jahrhundert dominierten Naturgeräusche die alltägliche Klangumgebung. Mit der Industriellen Revolution und der darauffolgenden zunehmenden Technisierung, vor allem in den Städten, kamen zusätzlich vermehrt maschinelle Klänge hinzu. Bei einer Auswertung von europäischen Schriftstücken aus den beiden folgenden Jahrhunderten (mangels Tonaufnahmen die einzigen Zeugnisse der damaligen Klangumgebungen) kamen Forscher zu einem interessanten Ergebnis: im 19. Jahrhundert stammten 43% aller von den Autoren erwähnten Geräusche aus der Natur, im 20. Jahrhundert nur noch 20% [1, S. 145]. Dies spiegelt die Entwicklung in dieser Zeit wider, der Geräuschpegel durch Maschinen stieg bis zur Mitte des 20. Jahrhundert stetig an.

In den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts gab es einen großen Entwicklungsschub in der Luft- und Automobilindustrie. Man fing an Düsenjetflugzeuge im kommerziellen Luftverkehr einzusetzen, was vor allem in den Umgebungen von Flughäfen zu erheblicher Lärmbelästigung führte. Automobilhersteller begannen sogenannte „muscle cars“ zu produzieren, Autos, die durch einen absichtlich lauten Motor das Gefühl eines Rennautos vermitteln sollten. Zeitgleich wurde die Rockmusik populär, die mit einer Lautstärke von über 100dB wesentlich lauter gehört wurde als die bis dahin gewohnte Musik. Diese zunehmende Lärmbelastung führte erstmals zu einer Diskussion über mögliche Gegenmaßnahmen [13].

Zu dieser Zeit beteiligte sich der Komponist Murray Schafer¹ an der Gründung einer neuen Universitätsabteilung für interdisziplinäre Kommunikationsstudien an der Simon Fraser University in British Columbia (Kanada) [11]. Gemeinsam mit anderen Spezialisten wie Soziologen, Toningenieuren und Filmemachern arbeitete er daran, Kommunikationsnetzwerke zwischen diesen Disziplinen aufzubauen um dadurch den Wandel der Gesellschaft vielfältiger und somit besser untersuchen zu können. Ihn interessierte dabei vor allem die akustische Kommunikation zwischen Menschen, Tieren und ihrer Umwelt.

Murray Schafer hielt Vorlesungen zum Thema Lärmverschmutzung und begann dadurch, sich auch allgemein mit akustischen Umgebungen auseinander zu setzen. Mit der Unterstützung einiger hochmotivierter junger Komponisten und Studenten rief er 1971 das „World Soundscape Project“ (WSP) ins Leben, das sich zum Ziel setzte, unterschiedlichste Klangumgebungen aufzuzeichnen, um diese qualitativ bewerten und Veränderungen über längere Zeiträume hinweg dokumentieren zu können. Damit

¹Murray Schafer wurde am 18. Juli 1933 in Sarnia (Ontario) geboren und wuchs in Toronto auf. Ab 1952 studierte er am Royal Conservatory of Music und der University of Toronto. In den Jahren 1956-1961 lebte er in Wien und London. Wieder zurück in Kanada begann er zu unterrichten, zuerst an der Memorial University, ab 1965 dann akustische Kommunikation an der Simon Fraser University [12]. Murray Schafer ist einer der bekanntesten zeitgenössischen kanadischen Komponisten und schrieb über 70 Werke, darunter sowohl Orchester-, Kammermusik- und Chorstücke als auch Musiktheater und experimentelle Multimedia Aufführungen. Dafür wurde er unter anderem mit dem Glenn Gould Prize (1987) und dem Governor General’s Performing Arts Award für sein Lebenswerk (2009) geehrt.

waren sie die Ersten, die Naturaufnahmen nicht zur Aufzeichnung einer einzelnen Schallquelle machten, sondern mit dem Ziel möglichst alle akustischen Informationen gleichzeitig und ohne Hervorheben einzelner Quellen, so wie es das menschliche Gehör tut, aufzunehmen. Murray selbst bezeichnet dies als „phänomenologisches Aufnahmeverfahren“. Sein Idealbild einer Soundscape ist ein ausbalanciertes harmonisches Zusammenspiel aus menschlicher Gemeinschaft und ihrer akustischen Umgebung. Er verstand die Welt als eine große Komposition, in die der Mensch eingreifen und sie in Teilen verändern kann. Zu seinen Kollegen beim WSP zählten unter anderem Barry Truax², Hildegard Westerkamp³, Bruce Davies und Peter Huse, die danach auch selbstständig als Klangforscher und Komponisten erfolgreich waren. Anfangs beschäftigte sich das WSP mit den verschiedenen Soundscapes der Stadt Vancouver und veröffentlichte dazu im Jahre 1973 die Aufnahmensammlung „The Vancouver Soundscape“⁴ auf CD. Im folgendem Jahr erweiterte die Gruppe ihre Sammlung mit verschiedenen Klanglandschaften aus ganz Kanada und brachte „Soundscapes of Canada“ heraus. 1975 bereisten sie Europa und veröffentlichten eine Studie mit Aufnahmen in Deutschland, Frankreich, Italien, Schweden und Schottland namens „Five Village Soundscape“ (vgl. Kapitel 5.2).

Ziel all dieser Aufnahmen war es, die verschiedensten modernen und traditionellen Klangumgebungen aufzuzeichnen. Damit gilt Schafer als Pionier im Feld der Klangökologie. Aufgrund seiner Ausbildung und seiner Arbeit am Institut für Kommunikationsstudien war er in der Lage soziale, wissenschaftliche und künstlerische Aspekte dieser Forschung gleichermaßen zu berücksichtigen.

Im Jahr 1977 veröffentlichte Schafer sein Buch „The Tuning of the World“ [1], das die Resultate aller Aufnahmen des WSP und seiner bisherigen Publikationen zusammenfasste und bis heute als das Standardwerk der Soundscapeforschung gilt.

In den folgenden Jahren stieg das Interesse an der Forschung im Bereich der Klangökologie stark an. Daraus folgte 1993 die Gründung des „Weltforums für akustische Ökologie“ [16], an der auch Mitglieder des WSP beteiligt waren. Aus diesem entwickelten sich mehrere Untergruppen, im deutschsprachigen Raum das „Forum Klanglandschaft“⁵ [17].

²Barry Truax ist nach Murray Schafer das bekannteste Mitglied des WSP. Truax, geboren 1947 in Chatham (Ontario), studierte sowohl Mathematik und Physik als auch Komposition und unterrichtete ab 1973 ebenfalls an der Simon Fraser University. 1978 veröffentlichte er das „Handbook for Acoustic Ecology“. In seinem Schaffen als Komponist prägte er den Begriff der Soundscapekomposition. Er wurde mehrmals für seine Arbeit ausgezeichnet, wie z.B. mit dem „Award for Teaching Excellence“ an der Simon Fraser University. Bekannt ist er auch für seine Pionierarbeit bei der Echtzeit-Granularsynthese, die er unter anderem in seinem Stück „Riverrun“ (1986) verwendete.

³Hildegard Westerkamp wurde 1946 in Osnabrück geboren, wanderte 1968 nach Kanada aus und studierte Komposition. Sie gilt als eine der kreativen Köpfe der Soundscapebewegung, unterrichtete ab 1981 selbst an der Simon Fraser University und leitete internationale Workshops zum Thema Soundscapes. Ihre Kompositionen sind stark von der Klangökologie geprägt.

⁴Bei diesen Soundscapeaufnahmen handelte es sich zum Beispiel um Aufnahmen am Hafen von Vancouver, am Bahnhof, auf Märkten und anderen öffentlichen Plätzen aber auch um Aufnahmen mit Schwerpunkt auf speziellen Geräuschen wie Schiffshörner, Glocken oder Wellenrauschen.

⁵Das Forum Klanglandschaft ist ein nicht kommerzieller Verein, der Aktivitäten in Wissenschaft, Kunst und Bildung unterstützt. Er wendet sich an alle, die sich mit dem Hören und Gestalten der Klangumwelt beschäftigen wollen. Dazu werden regelmäßig Symposien in verschiedenen europäischen Städten veranstaltet und der Austausch zwischen Instituten verschiedener Disziplinen und Einzelpersonen gefördert.

2 Klassifizierung und Unterteilung von Soundscapes

Für die Analyse und die Gegenüberstellung von Soundscapes ist es wichtig, eine einheitliche Kommunikationsbasis zu haben. Verschiedene Forscher haben sich deshalb damit beschäftigt, Soundscapes und deren einzelne Klangbestandteile in Kategorien einzuteilen.

2.1 Kategorien von Soundscapes

Murray Schafer schlägt in seinem Buch „The Tuning of the World“ [1, S.43] eine Einteilung der Soundscapes in Lo-Fi-Soundscapes und Hi-Fi-Soundscapes vor⁶.

Dabei beschreibt eine Lo-Fi-Soundscape eine akustisch überladene Klanglandschaft, wie sie häufig im städtischen Raum, z.B. an belebten Orten wie einem Bahnhof, einem Markt etc. vorkommt. Bei dieser überlappen sich die einzelnen Quellen, es kann nicht jede einzelne vom Menschen wahrgenommen werden. Durch diese Dichte an Quellen geht das perspektivische Hören und damit unser akustischer Orientierungssinn verloren: Entfernungen können nicht mehr wahrheitsgetreu wahrgenommen werden, bzw. weiter entfernte Geräusche werden durch nähere lautere Klänge maskiert. Die Hintergrundgeräusche an diesen Orten sind oft sehr laut, was zu einem vergleichsweise geringen Signalrauschabstand führt. Durch diese Flut an akustischen Informationen wird der Mensch leicht überfordert und ist nur in der Lage einen Bruchteil der Quellen wahrzunehmen.

Dahingegen kennzeichnet eine Hi-Fi-Soundscape eine Klangumgebung, bei der differenziertes Hören möglich ist, z.B. im Wald oder Garten. In solch einer Umgebung existieren weniger, sich nur gering überlappende Schallquellen. Dadurch ist eine perspektivische Einordnung der Klänge in Vor- und Hintergrund möglich, mehr Details können herausgehört werden. Generell können in solch einer Umgebung auch weiter entfernte Klänge vom Menschen noch wahrgenommen werden.

Schafer unterteilt in seinem Buch die Klangumgebungen auch chronologisch in vorindustrielle und postindustrielle Soundscapes [1, S. 15/71]. In der vorindustriellen Klanglandschaft dominieren Naturklänge. Die postindustrielle Soundscape besteht zum großen Teil aus maschinellen Klängen.

2.2 Kategorien von Klängen

Bei der Einteilung der Klänge innerhalb einer Soundscape gibt es verschiedene Möglichkeiten der Klassifizierung. Man kann die Klänge nach ihrer Funktion innerhalb der Klangumgebung und der Wahrnehmung durch den Menschen einteilen, so wie das Murray Schafer tut. Oder man orientiert sich an der Ursache bzw. den Erzeugern der Klänge. Dies wird im Modell des Klangökologen Bernie Krause berücksichtigt [2]. Diese beiden Methoden der Klangeinteilung schließen sich gegenseitig nicht aus und können ergänzend verwendet werden.

2.2.1 Prinzip von Murray Schafer

Murray Schafer teilt die Klänge in drei Kategorien ein [1, S. 9]:

- Grundtöne („keynote sounds“)
- Signaltöne („sound signals“)
- Orientierungstöne („soundmarks“)

Grundtöne sind jene Klänge, die die Basis der Soundscape ausmachen. Diese sind unter anderem von der Geografie, dem Klima und der Flora und Fauna an einem Ort abhängig. Dabei handelt es sich z.B. um die Klänge von Wasser, Wind, Wäldern, Vögeln, Insekten und anderen Tieren. Diese Geräusche

⁶Aus dem Englischen „low fidelity“ bzw. „high fidelity“ (dt. niedrige bzw. hohe Wiedergabetreue).

bilden einen, oft vom Menschen gar nicht bewusst wahrgenommenen Hintergrund, der zwar nicht kontinuierlich gleich bleibt, jedoch in seiner Gesamtheit eine bestimmte Stimmung erzeugt, die diese Klangumgebung charakterisiert.

Signaltöne dagegen sind Vordergrundgeräusche, die bewusst vom Menschen wahrgenommen werden. Dabei handelt es sich eher um akustische Einzelereignisse und in unserer heutigen Gesellschaft meist um bestimmte Warnsignale wie z.B. Glocken, Hörner und Sirenen. Im Allgemeinen kann jeder beliebige Klang zu einem Signalton werden, wenn dieser für den Hörer eine bestimmte Bedeutung hat und darauf geachtet wird.

Orientierungstöne sind Geräusche, die typisch für eine ganz bestimmte Soundscape sind und nur dort anzutreffen sind z.B. der ganz eigene Klang einer bestimmten Kirchenglocke oder besonderer Tierarten. Durch diese ist es dem Menschen möglich eine bestimmte Umgebung akustisch zu identifizieren. Diese Geräusche haben für die Personen, die in dieser Umgebung leben, eine besondere Bedeutung.

2.2.2 Prinzip von Bernie Krause

Bernie Krause⁷ war professioneller Studiomusiker und Tontechniker in den USA und entdeckte Ende der 60er Jahre seine Leidenschaft für Soundscapeaufnahmen. Seitdem verbrachte er einen Großteil seiner Zeit mit der Aufnahme verschiedenster Klangumgebungen. Er brachte über 40 CDs mit Naturklangaufnahmen heraus und entwarf interaktive Natur-Klangskulpturen für Museen, Zoos und Aquarien.

Auch er unterteilt die Klänge in drei Gruppen [2]:

- Biophone Klänge
- Geophone Klänge
- Antrophone Klänge

Der Begriff „biophon“ leitet sich aus den Wörtern „bio“ (*gr. Leben*) und „phon“ (*gr. Ton*) ab und beschreibt damit alle Klänge die Lebewesen, einzeln oder in einer Gruppe, von sich geben. Ausgenommen sind hierbei die vom Menschen verursachten Klänge. Die Klänge dieser Lebewesen können sich gegenseitig ergänzen oder im Wettstreit gegeneinander sein. Interessant ist, dass dabei, ähnlich wie bei der Suche nach einem Lebensraum, auch akustisch Nischen im Frequenzbereich gebildet werden, so dass koexistente Arten einander nicht stören (z.B. bei verschiedenen Vogelarten).

Geophone Klänge sind alle nicht biologischen Naturklänge d.h. alle Geräusche, die durch Wind, Wetter, Wasser und andere geologische, hydrologische oder meteorologische Phänomene wie z.B. Lawinen, Erdbeben, Vulkane und Ähnlichem entstehen. Oftmals sind diese Naturereignisse nur indirekt akustisch wahrnehmbar, wie z.B. das Rascheln von Laub im Wind. Viele Klanglandschaften sind einzigartig in ihrem Zusammenspiel aus geophonen Klängen. Krause erklärt dies am Beispiel von Sandstränden. Auch nach langjähriger Aufnahmeerfahrung an solchen Naturorten hört sich für ihn jeder Strand anders an, sei es durch meteorologische oder geologische Umstände.

Die Kategorie der antrophonen Klänge beschreibt alle vom Menschen direkt oder indirekt verursachten Klänge in einer Umgebung. Dies beinhaltet sowohl die vom Menschen selbst produzierten Geräusche, wie das Sprechen und andere Körpergeräusche, als auch alle Arten von maschinellen Geräuschen. Auch kontrollierte Klänge, wie z.B. Musik, und beiläufige Geräusche, wie das Rascheln von Kleidung und das Geräusch beim Gehen zählen zu den antrophonen Klängen.

⁷Dr. Bernie Krause, geb. 1938, ist ein amerikanischer Musiker und Klangökologe. Er studierte elektronische Musik in Oakland u.a. bei Karlheinz Stockhausen und spielte in mehreren Bands mit dem Schwerpunkt auf Synthesizermusik. Er erschuf Synthesizer- und natürliche Soundscapes für mehrere Hollywoodfilme. Ab 1975 wandte er sich vollkommen den Soundscapestudien zu und verfasste 2002 das Buch „Wild Soundscapes“, einen Führer zum Hören und Aufnehmen von Klanglandschaften.

3 Klangwahrnehmung des Menschen

Jeder Mensch nimmt eine Klanglandschaft anders wahr. Daher gibt es, abhängig von verschiedenen Einflüssen, sehr unterschiedliche Ergebnisse in dieser Wahrnehmung. Hierbei spielen einerseits persönliche, aber auch kulturelle und soziale Faktoren eine Rolle.

Individuelle Wahrnehmungsunterschiede

Menschen reagieren auf einen bestimmten Klang sehr unterschiedlich. Dies hängt primär von der Erwartungshaltung der Person aufgrund ihrer bisherigen Erfahrung ab. Hat man einen bestimmten Bezug zu einem Geräusch, wird man es eher wahrnehmen, die Aufmerksamkeit ist höher. Natürlich ist das immer von der momentanen Situation abhängig. Ein und dasselbe Geräusch kann in verschiedenen Momenten unterschiedlich bewertet werden. Dabei spielen auch Ort und Zeitpunkt eine große Rolle, sie beeinflussen die Erwartung die eine Person an ihre akustische Umgebung hat. Daher können Geräusche in einer Situation als sehr wichtig empfunden werden, z.B. als Signalton und in einer anderen gar nicht bewusst bemerkt werden. In der Nacht, speziell in uns unangenehmen Umgebungen, kann das eigentlich alltägliche Geräusch von Schritten einer anderen Person eine äusserst alarmierende Wirkung haben.

Dazu kommt der mentale und auch physische Zustand, in dem sich ein Mensch befindet. Durch Müdigkeit oder Überlastung wird die Aufmerksamkeit generell herabgesetzt. In entspannten stressfreien Situationen ist die Klangwahrnehmung deutlich besser. Aber selbst aufmerksamstes Beobachten der akustischen Umgebung führt nicht zur kompletten Wahrnehmung aller Schallquellen. Akustische Umgebungen können im Gegensatz zu visuellen niemals in ihrer Gesamtheit vom Menschen wahrgenommen werden. Im Gegenteil: das menschliche Gehör ist bestens für das Herausfiltern einzelner Quellen ausgerüstet. Es ist in der Lage sich auf eine bestimmte Schallquelle zu konzentrieren, sie zu orten und diese auch bei einer Maskierung durch andere Quellen zu hören. Man bezeichnet dies als den Cocktailpartyeffekt.

Die individuelle Wahrnehmung eines jeden Menschen wird zudem auch von seinem Charakter geprägt. Dadurch empfindet man bestimmte Geräusche als angenehmer, schöner oder beruhigender als andere Personen. Zum Beispiel nimmt ein in sich ruhender Mensch seine akustische Umgebung ganz anders wahr als ein Choleriker.

Kulturelle und soziale Wahrnehmungsunterschiede

Neben diesen individuellen Differenzen sind auch kulturelle und soziale Faktoren wichtige Bestandteile der Wahrnehmung. Zum einen beeinflusst der Kulturkreis, in dem sich eine Person aufhält, die Beurteilung von Klängen. Klänge, die in einer Kultur als schön und angenehm gelten, können in einer anderen als unangenehm empfunden werden oder überhaupt nicht existieren und damit für den Hörer überraschend sein. Dies trifft natürlich auch für Naturgeräusche zu. Durch eine unterschiedliche geografische Lage und ein anderes Klima dominieren in der Natur andere Klänge und verändern somit die Erwartung, die ein Mensch an diese Art der Umgebung hat. Ein tropischer Regenwald lässt sich akustisch in keiner Weise mit den Wäldern in unseren Breiten vergleichen.

Das soziale Umfeld einer Person wirkt sich ebenfalls stark auf dessen Hörwahrnehmung aus. Ein Mensch, der über einen langen Zeitraum alleine lebt, wird eine Klangumgebung anders wahrnehmen als jemand, der in einer Großfamilie oder einer anderen großen Gemeinschaft lebt. Zudem prägen Erfahrungen unsere Erwartung an unsere akustische Umgebung. Hält man sich längere Zeit in einer bestimmten Klangumgebung auf, ist man in der Lage die Klänge detaillierter wahrzunehmen, sie einzuordnen und Abweichungen vom Normalen schneller zu erkennen.

Es gibt eine Vielzahl von Tests und Umfragen über die Frage, in welchem Verhältnis individuelle und von aussen kommende Einflüsse Auswirkungen auf unsere Wahrnehmung haben. Dazu wurden

auch internationale Vergleiche oder Vergleiche verschiedener Bevölkerungsgruppen durchgeführt. Jeder Mensch ist durch seine Erfahrung und die Konditionierung auf bestimmte Klänge anders geprägt, deshalb werden akustische Ereignisse, im Gegensatz zu visuellen, immer unterschiedlich wahrgenommen. Diese psychologische Komponente bei der menschlichen Erfassung von Soundscapes muss auch bei deren Analyse berücksichtigt werden.

4 Aufnahme, Auswertung und Archivierung von Soundscapes

Die wissenschaftliche Arbeit mit Klanglandschaften setzt Methoden voraus, Soundscapes aufzunehmen, zu analysieren und abzuspeichern. Das Wissen über die Wahrnehmung des Menschen (siehe Kapitel 3) spielt hierbei eine große Rolle. Neben den objektiven Audioaufnahmen in den Klangumgebungen werden auch die Hörwahrnehmung der Forscher und, durch Umfragen und Fragebögen, die der ortsansässigen Bevölkerung bei einer Analyse berücksichtigt.

Aufnahme von Soundscapes Zur Aufnahme von Soundscapes wird meistens eine einfache Stereomikrofonaufstellung gewählt. Bei einer Monoaufnahme wäre die räumliche Wiedergabe des Audiosignals nicht möglich. Surroundaufnahmen sind zwar noch besser für diese geeignet, sind aber aufnahmetechnisch vergleichsweise aufwendig und können wegen der hohen Anforderungen an den Wiedergabeort nicht überall optimal wiedergegeben werden.

Die ersten Soundscapes wurden in den 70er Jahren mit Tonbandgeräten wie z.B. dem Nagra IV-S⁸ aufgenommen. Dies waren schwere große Geräte, die für „Aufnahmen im Busch“ deshalb weniger geeignet waren. In den nächsten Jahrzehnten stieg man deshalb auf die Verwendung von leistungsstarken Mikrofonen⁹ und DAT-Recordern¹⁰ bzw. heutzutage Laptops um [10]. Einfache Soundscapenaufnahmen, vor allem im Amateurbereich, werden auch mit mobilen Audiorecordern¹¹ durchgeführt. Im Allgemeinen wird bei solchen Aufnahmen eine Samplingrate von 44,1kHz und eine Auflösung von 24bit verwendet.

Ein generelles Problem bei der Aufnahme von Soundscapes besteht darin, dass man für eine umfassende Analyse der Soundscape über einen vergleichsweise langen Zeitraum messen muss. Eine Klangumgebung verändert sich im Laufe eines Tages bzw. einer Nacht, jedoch auch im Verlauf der Jahreszeiten. Solche Veränderungen in der Soundscape zu erfassen erfordert Langzeitaufnahmen über mehrere Wochen oder sogar Monate, welche zu einer großen Menge an Audiodaten führen. In früheren Jahren war es kompliziert, diese Menge an Audiodaten überhaupt digital abzuspeichern und weiter zu verarbeiten. Dank der fortschreitenden Entwicklung im Bereich von Speichermedien ist das Aufbewahren dieser Datenmenge heutzutage kein Problem mehr.

Befragung der Bevölkerung Neben der Aufnahme selbst ist auch die Befragung der ortsansässigen Bevölkerung ein wichtiger Bestandteil einer Soundscapenanalyse. Die längere Zeit in einer zu untersuchenden Klangumgebung lebenden Menschen sind Kenner dieser bestimmten Soundscape. Sie sind oft in der Lage, die Klänge detaillierter wahrzunehmen und können bei Umfragen über reichhaltige und mitunter erstaunliche Erfahrungen mit ihrer Klangumgebung berichten. Die Bewohner erkennen auch schnell Abweichungen von der normalen Klanglandschaft. Daher gehören beim Erfassen urbaner Soundscapes Umfragen bei den Bewohnern zu den gängigsten Untersuchungsmethoden.

⁸Dieses Tonbandgerät verwendete das WSP für die Aufnahmen „The Vancouver Soundscape“, „Soundscapes of Canada“ und „Five Village Soundscape“ (vgl. Kapitel 1.2).

⁹Dafür benützte Mikrofone sind unter anderem: Sony ECM-MS5, Sennheiser MKH-30 & MKH-40, Sony ECM-55.

¹⁰DAT-Recorder z.B. Sony TCD-D10.

¹¹Mobiler Audiorecorder z.B. Sony PCM-D50

Dabei werden sämtliche durch den menschlichen Körper verursachten Geräusche berücksichtigt, z.B. auch Geräusche, die beim Essen und Trinken entstehen. Durch eine solch detaillierte Sortierung der Klänge lassen sich Soundscapes noch besser beschreiben und verstehen. Ein Beispiel, wie weit die Klansortierung gehen kann, liefert Schafer bei der klanglichen Beschreibung von Feuer [1, S. 140]. Er unterteilt es in neun verschiedene Arten: Feuersbrunst, Vulkan, Herd- & Lagerfeuer, Streichhölzer & Feuerzeuge, Kerzen, Gaslampen, Öllampen, Fackeln und rituelle Feuer. Alle diese Geräusche haben denselben Ursprung, klingen aber, z.B. durch das Verbrennen verschiedener Materialien und die unterschiedliche Umgebung und Dimension des Feuers, verschieden. Durch dieses Sortieren der Klänge kann unter anderem eine Aussage über den Anteil von natürlichen oder maschinellen Geräuschen in einer Klangumgebung gemacht werden.

Bei der Analyse von Soundscapes gilt es, neben den objektiven Schallaufnahmen, auch das subjektive Empfinden des Menschen zu berücksichtigen. Es gibt beispielsweise Klänge, die sehr unterschiedlich klingen, aber im Bewusstsein des Menschen die gleiche Reaktion auslösen d.h. als identische Schallquellen wahrgenommen werden. Zwei Motorräder unterschiedlicher Hersteller weisen in ihren Motorgeräuschen komplett unterschiedliche Klangcharaktere auf, haben jedoch auf einen Menschen, der sich nicht näher mit diesen befasst hat, dieselbe klangliche Auswirkung. Genauso verhält es sich in der Kommunikation zwischen verschiedenen Personen. Eine reine Frequenzanalyse des Gesprochenen würde zahlreiche verschiedene Ergebnisse bringen, wenn beispielsweise eine Person eine andere begrüßt. Durch den Sinngehalt der Sprache rufen diese unterschiedlichen Schallereignisse jedoch bei der anderen Person das gleiche Verhalten hervor.

Umgekehrt trifft diese Beobachtung jedoch auch zu. Ein Schallereignis kann auf verschiedene Weise gedeutet werden, je nachdem in welchem Kontext es steht. Dies kann nicht immer durch die Lage in der Soundscape erkannt werden und erfordert eine intelligente Verarbeitung visueller und akustischer Reize. Das ist einer der Gründe warum die automatisierte Überwachung von Soundscapes zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich ist. Betrachtet man zum Beispiel das Geräusch von Autohupen, assoziiert man damit zuerst das Thema Ärger im Straßenverkehr und damit eine negative Erfahrung. Dieses Schallereignis kann jedoch auch von einem Autocorso zur Feier einer Hochzeit oder eines gewonnenen Fussballspiels kommen, also zum Ausdruck von Freude werden.

Es ist wichtig Soundscapes intelligent zu analysieren und auch die gegenseitige Beeinflussung von Klangereignissen zu berücksichtigen. Klänge ergänzen sich, konkurrieren miteinander, sie wechseln sich ab und maskieren sich gegenseitig. Durch dieses komplexe Wechselspiel lebt eine Soundscape und erzeugt oft eine einmalige Kulisse an Klängen - und macht somit die schematische Vereinfachung der Analysen unmöglich.

Soundwalks Neben den Umfragen gibt es auch die Möglichkeiten der Soundwalks, um die klangliche Wahrnehmung von Personen in einer gegebenen Soundscape besser bestimmen zu können. Ein Soundwalk ist eine Art geführter Spaziergang, bei der der Führer auf bestimmte Schallquellen aufmerksam macht und die individuellen Erfahrungen und Klangerlebnisse der Teilnehmer miteinander verglichen

II. HUMAN SOUNDS

A. SOUNDS OF THE VOICE

1. Speaking
2. Calling
3. Whispering
4. Crying
5. Screaming
6. Singing
7. Humming
8. Laughing
9. Coughing
10. Grunting
11. Groaning. Etc.

B. SOUNDS OF THE BODY

1. Heartbeat
2. Breathing
3. Footsteps
4. Hands (Clapping, Scratching, etc.)
5. Eating
6. Drinking
7. Evacuating
8. Lovemaking
9. Nervous System
10. Dream Sounds. Etc.

C. SOUNDS OF CLOTHING

1. Clothing
2. Pipe
3. Jewelry. Etc.

Abbildung 2: Kategorien von menschlichen Klängen [1, S. 141]

und dokumentiert werden. Natürlich wird durch solch ein bewusstes, teils sogar gesteuertes, Hören die Klanglandschaft anders wahrgenommen als es die Bewohner dieses Gebietes in ihrem alltäglichen Leben tun. Soundwalks werden auch als Hilfsmittel herangezogen, um Menschen neue Klangerfahrungen zu bieten und sie zu einem bewussteren Hinhören auf die natürliche Klangumgebung zu ermutigen.

Archivierung in Soundscape Bibliotheken Archiviert werden die aufgenommenen Klanglandschaften der verschiedenen Orte in zahlreichen Audio-Bibliotheken. Viele davon sind (zumindest in Teilen) online zugänglich und beinhalten eine Vielzahl an verschiedenen Aufnahmen aus natürlichen und urbanen Umgebungen. In Abb. 3 ist ein Datenblatt einer Aufnahme in der Bibliothek „Western Soundscape Archive“ zu sehen. Hierbei handelt es sich beispielsweise um eine Aufnahme von Feldsperlingen in Alaska. Bei der Archivierung von Soundscapeaufnahmen werden Daten wie Ort, Datum, Klangcharakter, Name des Aufnehmenden, Equipment, Notizen über besondere Ereignisse und Voraussetzungen für die Aufnahme (z.B. Wetter), Audioformat sowie rechtliche Informationen aufgelistet. Anhand dieser können Aufnahmen mit ähnlichen Gegebenheiten gefunden und miteinander verglichen werden.

Common Name	American Tree Sparrow
Scientific Name	Spizella arborea
Kingdom	Animalia
Phylum	Craniata
Class	Aves
Order	Passeriformes
Family	Emberizidae
Genus	Spizella
Subject	Ambient sounds Places Birds Nature sounds
Place Names	Arctic National Wildlife Refuge (Alaska); Alaska; Timber Lake (North Slope Borough, Alaska)
Creator of Media	Krause, Bernard L.
Recording	
Media Rights Management	Principal Investigator: Bernie Krause, PhD; Project collaborators and associates: Kevin Colver, Martyn Stewart
Publisher	Western Soundscape Archive, University of Utah
Contributors	Colver, Kevin J.; Stewart, Martyn, 1955-
Date.Original	2006-06-10
Resource Type	sound
Format	audio/wav
Digitization Specifications	Compressed from .wav format into .mp3 delivery format.
Contributing Institution	Support for the Arctic Soundscape Project was provided by the Animal Welfare Institute, Calgary Zoo, Harvard University, Google (Firm), Johnson Outdoor Industries, Madrone Audubon Society, Maine Community Foundation, Patagonia, Inc., SanDisk, SkyWalker Sound, individual residents of the Sonoma County community, Stanford University, University of Utah J. Willard Marriott Library, and the U.S. Fish & Wildlife Service
Recording Description	ambient recording
Notes	Field notes: 1k tone @ beginning = 64dBA at mic input (for calibration) Late spring. Weather conditions extreme during any hour (cold, windy, snow, rain, warm). Former hunting camp where wildlife generally shy of humans. No predators or large megafauna seen over 10 day period on site. Continuation of T31. Location: Inlet to auf ice SE of campsite off edge of runway. Attempting to record wandering tattler. Generally windy throughout. Season: Spring; Climate: Dry (cyclical); Weather: Heavy wind (10+ MPH); Altitude: 2797 feet; Biome: Arctic; Terrestrial habitat: Boreal-tiaga-tundra; Species heard: Tree Sparrow; Local time: 6:38AM
Global Positioning System Coordinates	68.383117 / -146.4147
Additional Resources	Arctic Soundscape Project: http://www.wildsanctuary.com/popv2/pop_arctic
Source file recording equipment	Recorder: Sound Devices 722; Microphone: Senn. 30/40 MS combo; Mic pattern: M-S; Sample Bit rates: 44.1/24/WAV

Abbildung 3: Datenblatt einer Soundscapeaufnahme im Western Soundscape Archive [21]

Zu den umfangreichsten Archiven von Soundscapeaufnahmen gehören:

- The World Soundscape Project Tape Library [19]:
Diese Bibliothek gehört zu dem in Kapitel 1.2 erwähnten World Soundscape Project. Sie besteht seit den ersten Aufnahmen in den 70er Jahren und wird kontinuierlich erweitert. Seit den 90er Jahren ist man dabei, die in den Jahrzehnten davor analog aufgezeichneten Audiodaten zu digitalisieren und zu einer komplett digitalen Sammlung umzuformen.
- Wild Sanctuary [18]:
Die Bibliothek des Bioakustikers Bernie Krause (siehe Kapitel 2.2.2) rühmt sich als das „größte

private Archiv für Naturklänge” mit über 3500 Stunden an Aufnahmen. Leider sind diese nicht frei zugänglich sondern nur ausgesuchte Aufnahmen in Form von CDs erhältlich.

- Western Soundscape Archive [20]:
Diese Bibliothek gehört der University of Utah und beinhaltet vorwiegend kurze Aufnahmen bestimmter Tierarten aber auch allgemeine Aufnahmen in Naturschutzgebieten. Bei dieser Bibliothek gibt es die Möglichkeit, alle Soundfiles auf einer Weltkarte eingezeichnet zu sehen und so gezielt nach Aufnahmen in einem bestimmten Gebiet zu suchen. Momentan beschränken sich die dort verfügbaren Audiofiles jedoch größtenteils auf die USA.
- The British Library [22]:
Diese Seite beinhaltet über 40000 Aufnahmen von Musik, Sprache und Soundscapes vorwiegend aus Großbritannien. Im Bereich Soundscapes gibt es überwiegend kurze urbane aber auch natürliche Klangumgebungen. Leider ist nur ein Teil der Aufnahmen frei verfügbar.
- Radio Aporee [23]:
Hierbei handelt es sich um ein Non-Profit-Projekt, bei dem Soundscapeaufnahmen beliebiger Orte auf einer angepassten Version von Google Maps eingetragen werden können. Sie beinhaltet weltweite Amateursoundscapeaufnahmen und zeigt so unverfälscht, welche Klangumgebungen für die Menschen „aufnahmewürdig“ und somit von Bedeutung sind.

Neben diesen Bibliotheken existieren auch Projekte einzelner Städte wie z.B. Paris, Köln, New York, Toronto, Montréal und anderen, bei denen an möglichst vielen besonderen Orten die Soundscape aufgenommen wurde und in einer sogenannten Soundmap zusammengestellt wurden. Dabei handelt es sich jedoch meistens nicht um professionelle Aufnahmen von Klangforschern sondern um eine Zusammenarbeit verschiedener ehrenamtlicher „Klangsammler“ mit dem Ziel die verschiedenen Facetten ihrer Stadt möglichst detailliert darzustellen. Beispielsweise gibt es in der Soundmap von Köln die Geräusche einer Dehnfuge einer Autobrücke, eines brummenden Trafokastens, von Bahnschranken und Schlittschuhläufern auf dem Aachener Weiher [24]. Dieses Archiv soll sowohl den Bewohnern der Stadt als auch Ortsunkundigen zur Verfügung stehen und es ermöglichen, den Klangcharakter der gesamten Stadt zu erforschen und zeitliche Veränderungen zu dokumentieren.

5 Aktuelle Forschungsgebiete

Die Forschung an Klangumgebungen hat sich in den letzten 40 Jahren stark weiter entwickelt. Heutzutage bestehen die Soundscape Studien aus einer Zusammenarbeit verschiedenster Spezialisten und sind dabei, sich in unterschiedliche Richtungen weiter zu entwickeln. Dazu beteiligen sich Fachleute aus Sozial-, Kultur-, Musik- und Naturwissenschaften an diesem Forschungsfeld. Durch diese Interdisziplinarität gibt es unterschiedliche Ansatzweisen für ein und dieselbe Untersuchung. Akustiker, Architekten, Biologen, Soziologen oder Musiker haben oft ein komplett anderes Empfinden von Klängen und damit andere Ansprüche an die Forschung. Durch die Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen entstehen differenziertere und vielfältige Lösungsansätze und Anwendungen im Bereich der Soundscape Studien.

Das Hauptgebiet der Soundscapeforschung ist die Analyse natürlicher und urbaner Klanglandschaften. Auf dieser aufbauend gibt es die Bereiche Soundscapekomposition und Sounddesign von Klanglandschaften, bei denen Soundscapes komplett neu kreiert oder nach den Vorstellungen des Designers verändert werden. Das Wissen über Soundscapes lässt sich darüber hinaus in ganz anderen Bereichen, wie z.B. beim Erstellen von akustischen Karten oder bei Orientierungsprogrammen für Blinde einsetzen.

5.1 Klangökologie

Die Klangökologie („Acoustic Ecology“), also die Untersuchung von Naturklangräumen, ist seit Anbeginn ein Schwerpunkt der Soundscapeforschung und dominiert bis zum heutigen Tag die wissenschaftlichen Arbeiten. Durch die zunehmende menschliche Erschließung von Naturräumen ist der Schutz der Natur und ihrer besonderen Klanglandschaften wichtiger denn je.

In den USA beschäftigen sich viele Forscher speziell mit den Naturräumen der Nationalparks [3]. Nationalparks sollen vor allem der Entspannung der Besucher und dem Schutz der dortigen Tier- und Pflanzenwelt dienen. Deswegen unterliegen diese Gebiete strengen Lärmschutzmaßnahmen. Folglich sind sie eine einmalige Quelle für akustische Langzeituntersuchungen. Bei diesen Langzeitaufnahmen in den schwer zugänglichen Arealen der Nationalparks geht es in erster Linie um die Aufnahme besonders lauter Geräusche und deren Auswirkung auf Fauna und Flora. Dazu verwendet man häufig ein Monitoringsystem, das aus einem kalibrierten Schallpegelmessgerät und einem, die Aufnahmezyklen steuernden Laptop besteht [3]. Die Software lädt dabei die Audiodaten kontinuierlich in einen 20s-Ringspeicher und sichert diesen, wenn der Schallpegel in diesem Messintervall einen bestimmten Grenzwert überschreitet. Zusätzlich wird als Referenz alle 4 Minuten ein 10s-Sample erstellt. Somit werden gleichzeitig sowohl die Störgeräusche als auch die akustische Reaktion der dortigen Tierwelt dokumentiert.

In Nationalparks wird versucht, die Natur möglichst ursprünglich und ungestört zu erhalten. Das gilt auch für die Klanglandschaft. Natürlich gibt es überall Veränderungen in der Klangumgebung, abhängig von der Jahreszeit, dem aktuellen Klima aber auch von der Anzahl der Besucher und Fahrzeuge in einem Gebiet. Neben dem Schutz der Umwelt gibt es deshalb in Nationalparks auch aktuelle Forschungsansätze mit dem Ziel, Gebiete wieder zu „naturalisieren“, d.h. die ursprüngliche Klangumgebung an diesem Ort wiederherzustellen und anthropone Klänge zu reduzieren.

Mit Hilfe klangökologischer Untersuchungen konnte beispielsweise auch nachgewiesen werden, dass Lärm die Kommunikation zwischen Tieren und deren Artgenossen stört, diese damit einfachere Beute für Fressfeinde werden und in Folge dessen Populationen abnehmen. Bernie Krause erklärt diese Erscheinung am Beispiel der Knoblauchkröten in Nevada, die massiv unter den Auswirkungen von tiefen Militärtestflügen leiden [2]. Diese seltene Krötenart bewohnt die Wüsten Nevadas und hat einen speziellen Schutz vor Fressfeinden entwickelt: die Kröten singen aufeinander abgestimmt im Chor und verwirren so ihre Fressfeinde wie Eulen und Kojoten, die es dadurch schwerer haben einzelne Krö-

ten zu orten. Durch die Geräusche der Tiefflieger wird dieser Chor stellenweise maskiert, sozusagen unterbrochen, und verliert an Energie. Das bietet den Fressfeinden Gelegenheit einzelne Tiere zu lokalisieren. Seit den ersten akustischen Untersuchungen dieses Phänomens Mitte der 80er Jahre hat sich die Population der Knoblauchkröten stark dezimiert.

Fluglärm stellt die größte akustische Belastung für solch abgeschiedene Naturräume dar, sei es durch den normalen Flugverkehr oder Testflüge, die meist über unbewohnten Gebieten durchgeführt werden. In den 60er Jahren hatte man die Absicht Überschallflugzeuge für den Passagiertransport einzusetzen. In einer Studie kamen Forscher damals zu dem Ergebnis, dass der Überschallknall dieser Flugzeuge eine akustische Belastung für Menschen und Umwelt darstellt, eine Reihe von Versuchen führte zu mehreren Bergstürzen und zu massiven Beschwerden seitens der Bevölkerung.

Auch andere laute Maschinen oder Fahrzeuge wirken sich negativ auf Naturräume aus. Off-Road-Fahrzeuge, Schneemobile, Jetskis, Motorboote, Kettensägen stören die Natur, in der sie verwendet werden und beeinträchtigen somit auch nachhaltig die Soundscape in einem Gebiet.

5.2 Soundscapestudien im urbanen Raum

Neben der Forschung in Naturräumen liegt heutzutage der zweite Schwerpunkt auf den Soundscapes von urbanen Umgebungen und deren Analyse. Hierbei haben die Untersuchungen meistens das Ziel bestimmte Schallquellen zu begrenzen oder zu überwachen und eventuelle Veränderungen festzuhalten.

Langzeitvergleich der „Five Village Soundscape“ In Kapitel 1.2 wurde die Aufnahme „Five Village Soundscape“ des World Soundscape Projects bereits erwähnt. Dabei wurden in den 70er Jahren die Klangumgebungen der fünf europäischen Dörfer Skuv (Schweden), Bissingen (Deutschland), Cembra (Italien), Lesconil (Frankreich) und Dollar (Schottland) untersucht.

Im Jahr 2000 nahm ein Team finnischer Spezialisten um die Kulturanthropologinnen Helmi Järviluoma und Noora Vikmandiese die Soundscapes dieser Orte erneut auf. Dadurch entstand ein einmaliger Langzeitverlauf von über 25 Jahren, der 2008 im Buch „Acoustic environments in change“ veröffentlicht wurde [14]. Man könnte erwarten, dass diese Dörfer 25 Jahre später eine bedeutend lautere Klangumgebung haben.

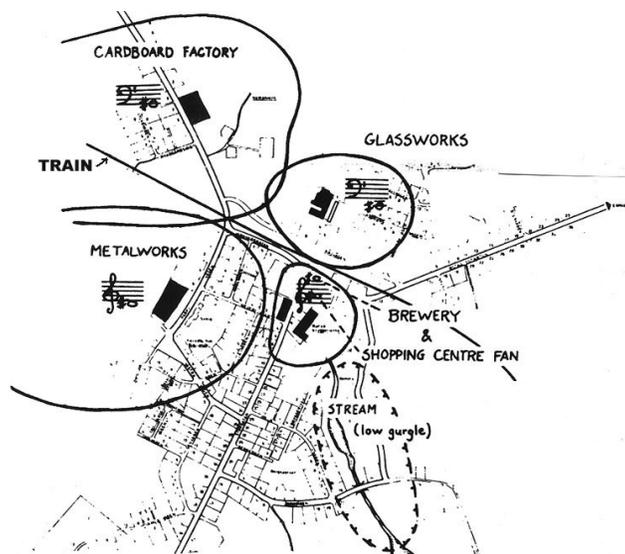


Abbildung 4: Skizze der Soundscape von Skruv (Schweden) im Jahr 1975 [15]

Dass dies nicht generell zutrifft, zeigt das Beispiel des kleinen 500-Einwohner-Dorfes Skruv in Schweden [27, Vortrag Helmi Järviluoma]: in den 70er Jahren hörte man die Geräusche der Holz-, Glas- und Metallindustrie, des Bahnhofes und des lebhaften Dorfzentrums (Skizze siehe Abb.4). Im Jahr 2010 gab es nur noch ein Geschäft und eine Bank, der Bahnhof war geschlossen und die Bewohner des Dorfes empfanden ihre akustische Umgebung als zu still. Besonders fehlten ihnen die Stimmen und Klänge von Kindern, die in den Straßen spielen. Hinzugekommen war dagegen das Geräusch von Glocken einer neuen lutherischen Kirche, das jedoch von den Einwohnern als hart und unangenehm empfunden wurde.

Anders verlief die Entwicklung in Bissingen im Süden von Deutschland (siehe Abb. 1 auf Seite 7). Die Landwirtschaft in diesem Gebiet hatte in den vergangenen Jahrzehnten stark abgenommen, im Jahr 2000 pendelte ca. die Hälfte der 3000 Einwohner täglich ins nahegelegene Stuttgart zur Arbeit. Durch den Bau von neuen Wohngebieten wurden Autofahrer gezwungen durch das Zentrum des Ortes zu fahren, dadurch stieg dort der Schallpegel generell stark an.

Auch in den anderen untersuchten Orten Cembra, Lesconil und Dollar ließen sich Veränderungen in der akustischen Umgebung feststellen. Meist hängen diese damit zusammen, dass Menschen vermehrt in städtische Ballungsräume ziehen und diese weiter wachsen. Dagegen müssen auf dem Land immer mehr kleine Betriebe schließen. Zusätzlich stieg das Verkehrsaufkommen vor allem von PKWs in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich an. Manche Veränderungen in urbanen Soundscapes sind auch auf multikulturelle Entwicklungen bzw. touristische Erschließungen zurückzuführen.

Lärmstudien Ein großer Teil heutiger Forschungsarbeiten zu Klangumgebungen beschäftigt sich mit Verkehrslärm und dessen Auswirkungen auf die Umgebung. Diese Art der Studien besteht zumeist aus einer umfassenden Befragung der Bewohner des zu untersuchenden Gebietes, einer oder mehrerer Aufnahmen der Klangumgebung und einer Auswertung, bezogen auf die häufigsten Störgeräusche des Verkehrslärms (vgl. Kapitel 4). Die Ergebnisse der Untersuchung werden oftmals wieder mit der Bevölkerung diskutiert, um mögliche Ursachen bestimmter Störgeräusche zu erörtern und Lösungskonzepte zu entwickeln.

In der praxisbezogenen Forschung zur Verbesserung von Lärmschutzmaßnahmen kommt den Soundscapenanalysen zunehmend Bedeutung zu, weil sie helfen, gezielt jene Störquellen zu bearbeiten, die in der Bevölkerung als besonders unangenehm empfunden werden. Dabei steht die Soundscapeforschung durchaus vor neuen Aufgaben, etwa bei der Untersuchung tieffrequenter Geräusche, die von modernen Windenergieanlagen ausgehen. Die Geräusche von Windrädern werden bis zu 4km entfernt wahrgenommen und daher mehr gefühlt als gehört. Bei Windparks, die aus über 100 einzelnen Windrädern bestehen, verstärkt sich dieser Effekt noch weiter. Von vielen Menschen wird dieser niederfrequente Lärm als belastend empfunden und als Ursache für manch körperliche Beschwerden gesehen. Mit der Entstehung weiterer Windparks auch in dünn besiedelten Gebieten verwischen die Grenzen der Soundscapeforschung zwischen Naturraum und urbanem Raum zunehmend.

5.3 Soundscape Komposition

Viele der anfänglichen Soundscapeforscher waren ausgebildete Komponisten. Daher ist es naheliegend, dass die aufgenommenen Signale auch zur künstlerischen Zusammenstellung neuer Klangumgebungen verwendet wurden. Erstmals geschah dies 1973 bei „The Vancouver Soundscape“, bei der Murray Schafer aus mehreren Aufnahmen eine akustische Kollage mit verschiedenen typischen Klängen der Stadt Vancouver erstellte.

Soundscapekompositionen sind eine Form der elektronischen Musik. Oft sind diese Kompositionen sehr abstrakt.

Dies erinnert an Künstler wie Pierre Schaeffer¹² oder Pierre Henry, die ab Anfang der 40er Jahre das Musikgenre der „Musique concrète“ prägten [25]. Auch hier wurden Alltagsgeräusche aufgenommen und zu neuen Geräuschkulissen zusammengesetzt. Allerdings wurden bei dieser Musikrichtung die Klänge bearbeitet, absichtlich verfremdet und abstrakte musikalische Gebilde aufgebaut. Man orientierte sich dabei an der Kunstrichtung des Surrealismus. Soundscapekompositionen hingegen wollen die Klänge möglichst naturgetreu wiedergeben, um so den Hörer glaubhaft in eine Klanglandschaft zu versetzen.

Ansätze Es gibt heute verschiedene Ansätze für Soundscapekompositionen. Die meisten Komponisten wollen durch ihre Arbeit eine neue Soundscape schaffen. Sie kreieren sich sozusagen eine akustische „Traumwelt“ nach ihren Vorstellungen. Meist werden dafür eine oder mehrere Soundscapes über einen längeren Zeitraum aufgenommen, aus diesem Datenmaterial Klänge, die dem Komponisten als wichtig erscheinen, ausgewählt und zu einer Kollage zusammengefügt. Es gibt aber auch Künstler, die versuchen eine bestimmte reale Soundscape durch Verdichtung der dort vorkommenden Klänge innerhalb eines kurzen Zeitraumes möglichst gut abzubilden. Oft beschäftigen sie sich mit Klängen, denen im ursprünglichen Klangumfeld zu wenig Bedeutung zugemessen wird, die vom Menschen überhört oder bewusst ausgefiltert werden. Waren Soundscapekompositionen früher weitestgehend Aufnahmen aus der Natur, also vorwiegend aus Hi-Fi Soundscapes, so entdecken die Komponisten heutzutage immer mehr die überladenen Lo-Fi Landschaften der Städte für sich. Dabei steht oft nicht die perfekte Aufnahmequalität im Vordergrund, sondern die künstlerische Idee. Ein Beispiel dafür ist das Stück „The Bird Gost at the Zaouia“ von Seth Ayyaz, in dem der islamische Künstler die überladene Klanglandschaft seiner Kultur und speziell der Stadt Kairo einfangen möchte [26].

Viele Soundscapekomponisten verarbeiten in ihren Werken „fremde“ Klangumgebungen, so wie etwa Hildegard Westerkamp, die für ihre Komposition „Into the Labyrinth“ nach Indien reiste. Damit fangen sie vor allem für sie neue unbekannte Klänge ein, die typischerweise mit der dortigen Kultur verbunden sind (hier z.B. Marktschreier oder kulturelle und religiöse Gesänge) und ordnen diese nach eigenem Belieben. Dies wird von anderen Soundscape-Künstlern als eine Art „akustische Safari“ kritisiert, eine Jagd auf möglichst spektakuläre neue Klänge. Ihrer Meinung nach muss sich ein Komponist erst gründlich mit einer Soundscape vertraut machen, bevor er sie aufzunehmen versucht. Steven Feld wohnt seit einigen Jahren in Accra, der Hauptstadt von Ghana. Jeden Morgen wecken ihn die Klänge der erwachenden Großstadt: Menschen, Autos, Vögel und nicht zu vergessen die Geräusche zahlreicher Moscheen und Kirchen. Er versucht in seiner Komposition „Waking in Nima“ dieses Erwachen im Stadtteil Nima für andere Leute wahrnehmbar zu machen, dabei steht bei ihm die Klangerfahrung im Vordergrund. Er versucht nicht, das Chaos der überladenen Soundscape zu ordnen, sondern diese möglichst wahrheitsgetreu in gekürzter Zeit abzubilden.

Aufnahme Dank der Entwicklung im Bereich der Aufnahmetechnik ist heutzutage kein teures Equipment mehr nötig, um qualitativ gute Soundscapenaufnahmen zu machen (vgl. Kapitel 4). Mittels eines Mikrofons, eines Laptops und einer geeigneten Software ist jeder in der Lage seine eigene Soundscapekomposition zu erstellen. Dies fördert die Verbreitung dieser Art der Komposition weltweit. Ähnlich wie bei wissenschaftlichen Untersuchungen werden auch Aufnahmen von Kompositionsmaterial häufig über einen längeren Zeitraum durchgeführt, um für die Synthese der neuen Soundscape eine Vielfalt an Variationen derselben Klänge zu haben.

Kompositionsvorgang Früher bestand die eigentliche Komposition einer Soundscape aus dem Schneiden und Zusammenfügen von Tonmaterial am Tonbandgerät. Heutzutage haben Computer-

¹²Pierre Schaeffer war französischer Komponist und Schriftsteller und gilt als der Gründer der konkreten Musik. In seiner Arbeit bei einem französischen Radiosender experimentierte er mit Geräuschen aus dem Alltag und fügte sie zu Kollagen zusammen. 1948 bezeichnete er diese Art der Musik als *Musique concrète* und veröffentlichte sein bekanntestes Werk „*Etude aux chemins de fer*“ (dt. Etüde über die Eisenbahn).

softwares diesen Platz eingenommen. Speziell für die Synthese von Klangräumen wurden eigene Softwareanwendungen entwickelt, bei denen man die Schallquellen visuell in einem virtuellen Raum nach seinen eigenen Wünschen platzieren kann. Die Publikation „A framework for soundscape analysis and re-synthesis“ [5] von Andrea Valle, Mattia Schirosa und Vincenzo Lombardo aus dem Jahr 2009 stellt eine solche graphenbasierte Software namens GeoGraphy vor, mit deren Hilfe man Klänge in Raum und Zeit organisieren kann.

Wie man Abb. 5 entnehmen kann, werden hierfür die Schallergebnisse auf einer Oberfläche entsprechend ihrer spatialen Verteilung platziert und Eigenschaften wie z.B. die Lautstärke, Dauer, Überlagerungen von Quellen und deren maximale Hörweite eingestellt. Auf dieser Oberfläche wird auch eine Position des Hörers im Klangraum definiert und alle Schallsignale auf die Hörbarkeit in diesem Punkt berechnet. Die einzelnen Schallsignale haben jedoch keinen fixen Standpunkt, sondern können verschoben werden oder auf einer definierten Bahn in einem bestimmten Zeitintervall im Raum wandern, so wie es Quellen in realen Umgebungen tun. Dadurch entsteht eine lebendige glaubhafte Soundscape, die der Komponist frei nach seinen Vorstellungen erschaffen kann. Aus dem rein objektiven Input der Klangaufnahmen entsteht in diesem Arbeitsschritt durch die Erfahrungen, dem Wissen, den Ängsten und Wünschen des Komponisten eine kreative neue Klangwelt. Eine detaillierte Beschreibung des Programms GeoGraphy kann in [6] nachgelesen werden.

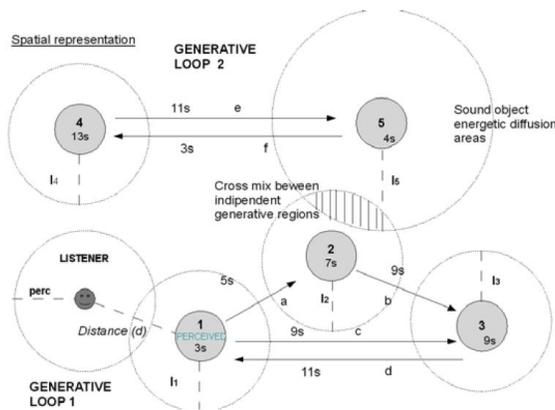


Abbildung 5: SpatiALE Anordnung von Schallquellen in einem virtuellen Raum [5]

Wiedergabe Soundscapekompositionen werden meist im Surround wiedergegeben, um den Zuhörer komplett in diese neue Klangumgebung eintauchen zu lassen. Dabei hat sich heutzutage das 7.1. Format gegenüber anderen Mehrkanalsystemen durchgesetzt und wird bei den meisten Soundscapekonzerten verwendet.

Ein generelles Problem bei Konzerten von Soundscape-Kompositionen ist, dass der durchschnittliche Hörer Schwierigkeiten hat, bestimmte Klänge richtig zuzuordnen, vor allem wenn diese nicht im Kontext mit anderen Klängen stehen. Durch das Fehlen der visuellen Ebene und das zusätzliche Vorhandensein der realen örtlichen Klangumgebung wird die menschliche Wahrnehmung verwirrt und es entsteht ein Gefühl der Unwirklichkeit. Murray Schafer bezeichnet diesen Effekt, der bei der Wahrnehmung eines von der Quelle getrennten Klanges entsteht, als eine „schizophone“ Hörerfahrung [10]. Komponisten nutzen diesen Effekt jedoch auch aus, um bei dem Hörer ein Bedürfnis zu erwecken, mehr über diese Klangumgebung zu erfahren und diese noch detailreicher zu hören.

Erfolgreiche Soundscape Komponisten sind beispielsweise die beiden WSP Mitglieder Barry Truax und Hildegard Westerkamp sowie Steven Feld, Luc Ferrari, Klaus Hinrich Stahmer, Seth Ayyaz, Trevor Wishart und Budhaditya Chattopadhyay.

5.4 Soundscape Design

Seit einigen Jahren gibt es ein wachsendes Interesse an dem Gebiet des Soundscape Designs. Dies wird als Teilbereich des Sounddesign verstanden und beschäftigt sich damit, vorhandene Klangumgebungen in einer bestimmten Art zu verändern, sei es durch Hinzufügen neuer Schallquellen oder dem Verändern oder gar Löschen vorhandener Quellen. Hierbei wird meist eine Verbesserung der Soundscapequalität angestrebt. Soundscape Design findet deswegen überwiegend in städtischen Lo-Fi-Klangumgebungen Anwendung. Eine andere Form des Soundscape Designs sind Klanginstallationen. Hierbei soll die vorhandene Klanglandschaft nicht verbessert sondern einem künstlerischen Anspruch entsprechend verformt werden.

Soundscape Design im öffentlichen Raum Speziell in Großstädten sind Erholungsgebiete innerhalb der Stadt eher selten und bieten oft nicht das gewünschte Maß an Stille und Abgeschiedenheit. Daher ist man bemüht innerstädtische Bereiche für den Menschen angenehmer zu gestalten. Doch allein die visuelle Schönheit macht einen öffentlichen Platz nicht angenehm, wenn gleich daneben eine mehrspurige Straße verläuft. Durch gezieltes Modellieren der Klangumgebung kann die Attraktivität und Aufenthaltsqualität solcher Areale deutlich verbessert werden. Das kann zum Beispiel durch das Pflanzen von Bäumen und Sträuchern geschehen, um unterschiedliche Vogelarten anzuziehen. Auch das Errichten von visuell attraktivem Schallschutz und das Hinzufügen von anderen, für den Menschen angenehmen Klängen wie z.B. das plätschernde Wasser von Brunnen kann deutliche Verbesserungen bewirken. Der durch plätscherndes Wasser erhöhte Schallpegel wird vom Menschen meistens nicht als störend empfunden. Generell wird beim Design von Soundscapes keine totale Stille angestrebt [9]. Diese wird vom Menschen eher als unangenehm und einengend empfunden. Natürliche Ruhe ist nicht gleich Stille, sondern nur die Abwesenheit von anthrophonen Klängen. Im Idealbild einer Soundscape dominieren deshalb biophone und geophone Klänge. Dies ist innerhalb einer Stadt natürlich schwer umzusetzen. Großstädte werden oft als schlaflos beschrieben; immer kürzer werden die nächtlichen Stillephasen, es kommt zu einer generellen Sinnesüberreizung der Menschen, die dort leben. Gerade deswegen ist es wichtig, dass es Plätze gibt, in die sich der Mensch zurückziehen kann und Erholung und Entspannung findet. Durch die Möglichkeiten des Soundscape Designs ist es möglich solche Ruheoasen weiter zu verbessern und für die Bedürfnisse verschiedener Bevölkerungsgruppen zu optimieren.

Ein solches Projekt hat in den vergangenen Jahren in Berlin am Nauener Platz (Stadtteil Wedding) stattgefunden [30] [31]. Dieser Platz war vor der Renovierung vor allem ein Treffpunkt für Alkohol- und Drogenabhängige und ein krimineller Hotspot und wurde so von der normalen Bevölkerung kaum genutzt, sondern eher gemieden. Der Stadtteil Wedding ist ein multikulturelles Viertel mit einem hohen Ausländeranteil. Direkt an den Platz grenzen eine Seniorenwohnanlage, ein Kindergarten und ein Jugendhaus. Mit der Neugestaltung des Platzes versuchte man den unterschiedlichen Nutzungsbedürfnissen dieser Anwohner gerecht zu werden. Man teilte den Platz in mehrere Bereiche, sogenannte Module, die jeweils für eine bestimmte Nutzergruppe, meist eine bestimmte Altersgruppe, optimiert wurden. Durch die Begrünung und Naturalisierung des Platzes (Bäume, Sandstrand, Wasser), dem Bau von multifunktionalen Spiel- und Bewegungsgeräten, intelligenten Sitzmöglichkeiten und einem neuen Lichtkonzept für ein erhöhtes Sicherheitsempfinden der Nutzer wurde die Aufenthaltsqualität des Platzes erheblich gesteigert. Aufgrund seiner Vergangenheit legte man auch Wert auf eine hohe Vandalismussicherheit.

Bei der Neugestaltung wurden auch die akustischen Aspekte berücksichtigt. Die Soundscapeforscherin Brigitte Schulte-Fortkamp¹³ erhob eine Studie über die Klanglandschaft des Platzes und Möglich-

¹³Brigitte Schulte-Fortkamp ist eine deutsche Lärmforscherin und Professorin für Sozio- und Psychoakustik am Institut für Strömungsmechanik und technische Akustik der TU Berlin. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt auf der Erforschung von Soundscapes speziell im städtischen Bereich, also vorwiegend auf Studien über Verkehrslärm und Lebensqualität sowie Anpassungen der Menschen in diesen Umgebungen.

keiten der Verbesserung dieser. Durch Schallabsorption, vermehrten Naturgeräuschen (Bäume, Vögel, Wasserspiele) und sogenannten Audioinseln verbesserte man die Soundscape an diesem Platz erheblich und erschuf so eine akustische Ruheoase.

Die Audioinseln bestehen aus Sitzelementen wie z.B. Audiobänken, -sesseln und -ringen (siehe Abb. 6), die beispielsweise durch hohe Lehnen den Lärm dämpfen sollen und an deren Seiten zusätzlich Lautsprecher angebracht sind, mittels denen man auf Knopfdruck Naturgeräusche, wie zum Beispiel Vogelgezwitscher und Wellenrauschen, hören kann. Diese Audioelemente dienen ebenfalls der Maskierung des Umgebungslärms. Zusätzlich können Ringe und Sessel um 360° gedreht werden, so dass der Nutzer sich aussuchen kann, welche Schallrichtung er ausblenden will und welche nicht. Durch diese bewusste Modulation der Soundscape werden neue Klangräume geschaffen, die der Entspannung und Ruhe der Großstadtbewohner dienen sollen.



Abbildung 6: Audiobank und Audioringe am Nauener Platz [32]

Soundscapeverbesserung in Krankenhäusern Auch in Gebäuden gibt es Ansätze zur bewussten Gestaltung der Soundscapes. 2009 wurde in einem Krankenhaus in Florida im Rahmen des Ausbaus der Geburtsstation akustische Untersuchungen durchgeführt [8], die die vorhandene Geräuschkulisse dokumentieren sollten und die Frage diskutierten, ob mit einer Veränderung der Soundscapes eine Entlastung und Entspannung der sich dort aufhaltenden Menschen erreicht werden kann. Dabei sollten sowohl die Auswirkungen auf Patienten (Erwachsene, Kinder, Säuglinge) als auch auf das dort arbeitende Personal untersucht werden. In einem Krankenhaus herrscht ein relativ hoher Schalldruckpegel, der sich aus Geräuschen des Gebäudes (Elektrizität, Lüfter etc.) und von ausserhalb (Helikopter, Verkehr etc.), der medizinischen Geräte, des Personals und dessen Arbeitsgeräte (Patientenpflege, Computer) und Gesprächen zwischen den Personen zusammensetzt. Jede dieser Kategorien wurde untersucht und Lösungsvorschläge zur Verminderung der Lautstärke vorgestellt z.B. durch Austauschen bestimmter Geräte, Umwandlung akustischer Signale in visuelle, Sensibilisierung des Personals und der Patienten oder der Schaffung spezieller Aufenthalts- und Gesprächsräume. Durch diese Maßnahmen könnte die Klangumgebung speziell für die akustisch stark empfindlichen Neugeborenen verbessert werden.

Klanginstallationen Klanginstallationen bestehen meist aus mehreren elektroakustischen oder natürlichen Klangquellen, die nach den Vorstellungen des Klangkünstlers an besonderen Orten aufgestellt werden und in einem bestimmten Zusammenhang zueinander stehen. Oftmals sind die Installationen speziell für einen gewünschten Aufstellungsort und somit einer gewünschten Soundscape konzipiert und sollen einen Sinnzusammenhang mit den Klangereignissen dieses Ortes bilden. Für diese Klangkunstwerke werden auch Materialien verwendet, die erst durch ihre Umwelt Klänge erzeugen (z.B. Windspiele, -harfe). Durch das Aufteilen in verschiedene Stationen kann der Hörer sozusagen durch diese Klanginstallation spazieren und die verschiedenen Eindrücke auf sich wirken lassen, die durch das Zusammenspiel der realen Soundscape und der hinzugefügten Klangelemente entstehen.

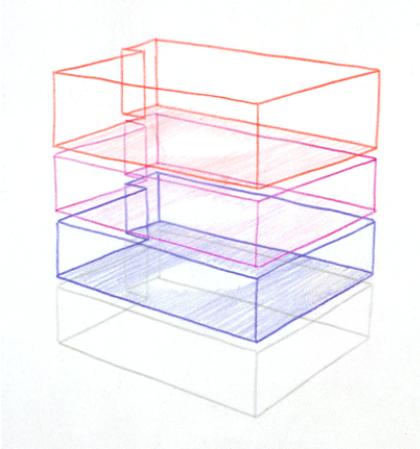


Abbildung 7: Raumkonzept der Klanginstallation „Three to one“ [33]

Ein Beispiel für solch eine Klanginstallation ist "Three to one" von Max Neuhaus [33]. Neuhaus ist dafür bekannt, dass er seine Klanginstallationen an die räumlichen Gegebenheiten und dessen baulichen Qualitäten anpasst und die Nutzungsform des Ortes in seinen Werken mit berücksichtigt. Die Klanginstallation "Three to one" entstand im Rahmen der documenta 9 in Kassel. In dem dreistöckigen Treppenhaus eines denkmalgeschützten Gebäudes der AOK erklang auf jeder Etage ein bestimmter Ton (siehe Abb. 7). Dieser dominierte das stille Treppenhaus, vermischte sich mit den von aussen hereindringenden Geräuschen und verlieh diesen somit eine besondere Klangfärbung. Bei einem Gang durch das Treppenhaus erlebte man die Unterschiede zwischen den drei Tönen und deren Einflüssen auf andere Klänge. So entsteht eine komplett neue Atmosphäre.

Soundscapedesign im Bereich der Architektur Auch im Bereich der Gebäudeplanung wird die Modellierung der Klangumgebung berücksichtigt. Speziell bei dem Bau großer Gebäudekomplexe ist es um einiges leichter (und natürlich kostengünstiger), sich vor Baubeginn Gedanken zur entstehenden Soundscape zu machen und diese z.B. durch die Einplanung von Grünzonen und dem Abstand und der Ausrichtung von Gebäuden zueinander zu berücksichtigen, als diese im Nachhinein durch das Platzieren von zusätzlichen Schallmauern verbessern zu müssen.

5.5 Weitere Anwendungen

5.5.1 Künstliche Soundscapes für Computerspiele

Für die Akustik in Computerspielen müssen künstliche Soundscapes komplett neu erstellt werden. Das Ziel ist dabei, die virtuelle Welt des Spieles möglichst glaubhaft akustisch darzustellen. Dazu ist es nötig eine große Vielfalt an Geräuschen zu haben, um beim Spieler keine Langeweile aufkommen zu lassen. Die Klangumgebung soll in der Lage sein durch glaubhafte Sounds das Chaos, das in einer realen Lo-Fi-Umgebung herrscht, darzustellen. Es kommen immer mehr sogenannte „Open World Role Games“ auf den Markt, bei denen sich der Spieler frei in einer großen virtuellen Welt bewegen kann. Diese umfasst meist sowohl urbane als auch natürliche Umgebungen. Hier ist die dynamische Echtzeitveränderung von Geräuschen beim Übergang in andere Klangumgebungen oder dem Übergang zu einer anderen Tageszeit im Spiel ein wichtiges Kriterium für die Glaubhaftigkeit der akustischen Umgebung [27, Vortrag Michael Hanisch]. Verschiedene Tageszeiten im Spiel werden durch verschiedene Soundscapeneigenschaften ausgedrückt. Oft werden beim Erzeugen bestimmter Klangumgebungen stereotypische Geräusche verwendet, z.B. orientieren sich die Geräusche von Schüssen weniger an der Realität, sondern an dem akustischen Vorbild aus Filmproduktionen, um so eine emotionale Wirkung hervorzurufen.

Computerspiele werden momentan größtenteils mit Stereolautsprechern gespielt. Allerdings steigt der Anteil an Konsumenten mit Surroundanlagen stark, was in der Zukunft dazu führen wird, dass ein größeres Augenmerk auch auf die Qualität der Soundscapes gelegt werden wird.

5.5.2 Blindenprojekt Seeingwithsound

Auch in anderen Bereichen ist das Wissen über Soundscapes von Nutzen. Das Projekt „Seeingwithsound“ ermöglicht Blinden mittels eines Systems namens „The vOICe“, bestehend aus einer Kamera, einem Laptoprucksack und Kopfhörern ihre Umgebungsstruktur zu „hören“ [28]. Eine am Kopf befestigte Kamera erfasst den Bereich, auf den eine Person zusteuert und übersetzt dieses Bild in akustische Signale. Dieses Prinzip ist dem Ortungssystem von Fledermäusen nachempfunden. Das System scannt sozusagen die visuelle Aufnahme der Kamera und stellt sie auf einer Rasterfläche (siehe Abb. 7) dar. Die Person trägt Stereokopfhörer und bekommt diese Rasterfläche akustisch vor dem Kopf angezeigt. Dabei werden z.B. hellere Stellen durch lautere Töne gekennzeichnet. Zusätzlich zur akustischen Orientierung aufgrund der Klangumgebung können blinde Personen durch dieses System Distanzen zu Objekten einschätzen und diese aufgrund ihrer Struktur erkennen. Somit sind sie nach einer Trainingsphase in der Lage sich selbstständig in fremden Umgebungen zu bewegen.

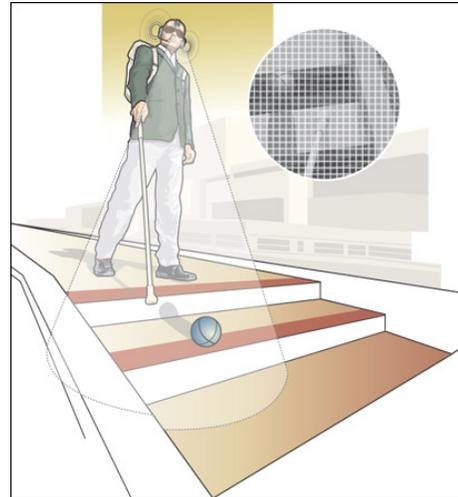


Abbildung 8: The vOICe [29]

6 Automatisiertes Monitoring von Soundscapes - Fortschritte und Probleme dieser Forschung

Soundscapenanalysen werden, wie im Kapitel 4 beschrieben, bis zum heutigen Tag „per Hand“ durchgeführt, d.h. die Audiodaten müssen von Menschen angehört und ausgewertet werden. Durch eine Automatisierung dieser Tätigkeiten könnte viel Zeit- und Arbeitsaufwand eingespart werden. Leider ist dies auf dem aktuellen Stand der Forschung nur in sehr begrenztem Maße möglich.

6.1 Akustisches Monitoring von Einzelereignissen

Die Forschungsansätze zum automatischen Analysieren von Soundscapes beschränken sich derzeit auf teilautomatisierte akustische Überwachungen einzelner, vorher definierter Signale. Dabei handelt es sowohl um Naturgeräusche, wie zum Beispiel bei Bestandskontrollen bestimmter Vogelarten oder dem akustischen Monitoring von Walen im Meer [34], als auch um antrophone Geräusche, wie beispielsweise die akustische Überwachung in Sicherheitsbereichen der Schiffsmotorik und des Verkehrs in Tunneln [35]. Dazu wird ein Algorithmus geschrieben, der bestimmte Muster in der Geräuschkulisse erkennen soll und deren Häufigkeit und Intensität selbstständig auswertet. In der Wächterfunktion soll beim Auftreten von bestimmten Signalklängen oder Mustern oder beim Überschreiten eines bestimmten Grenzwertes Alarm ausgelöst werden. Diese Mustererkennung muss dem Algorithmus allerdings zuvor antrainiert werden. Dazu werden dem Programm Aufnahmen der gewünschten Geräusche einzeln vorgespielt oder diese per Hand in einem Audiofile gekennzeichnet und gespeichert. Je mehr verschiedene Aufnahmen und somit mehr Variationen der Geräusche der Algorithmus eingespeichert bekommt, umso besser kann er diese später in den Audiodaten erkennen.

Ein aktuelles Forschungsprojekt am Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie (IDMT) in Ilmenau beschäftigt sich im Bereich »Ambient Assisted Living« mit der Entwicklung eines intelligenten Schallwächters, dem „SonicSentinel“, der eine Art akustisches Monitoring in der Klangumgebung von älteren Menschen durchführt [36]. Diese akustischen Daten werden intelligent analysiert und bei Erkennen einer Gefahrensituation das Pflegepersonal verständigt. Dabei werden dem Programm eine Vielzahl an Muster bestimmter Geräusche aus Gefahrensituationen beigebracht z.B. die Ereigniserkennung von Glasbruch. Hinzu kommt ein Sprechanalyseverfahren, das zum Beispiel bemerkt, wenn erregt gesprochen wird und ein Spracherkennungsverfahren, das Schlüsselwörter wie „Hilfe“ erkennt. Diese Überwachung ist vor allem für Menschen gedacht, die nicht mehr selbstständig reagieren und Hilfe holen können z.B. bei Altersdemenz. Im Gegensatz zu dieser Klangmuster bezogenen Methode, beurteilen derzeitige Überwachungssysteme, z.B. in Krankenhäusern, die Lage des Patienten nur aufgrund des vorherrschenden Schalldruckpegels, d.h. lösen ab einem gewissen Wert Alarm aus. Oftmals sind diese alten Menschen jedoch gar nicht in der Lage in einer Notsituation lautstark zu rufen bzw. ist gerade Stille ein Indiz dafür, dass etwas nicht stimmt. Das System SonicSentinel könnte sowohl in privaten Wohnungen als auch in Pflege- und Seniorenheimen zur Anwendung kommen und die Sicherheit der dort lebenden Menschen steigern.

Alle diese Systeme basieren auf der Mustererkennung vorher bekannter Geräusche und haben damit nur eine beschränkte Anzahl an Klängen und Klangmustern zur Verfügung, die sie erkennen können. Diese Verfahren eignen sich deshalb nicht zur Überwachung kompletter Klangumgebungen.

6.2 Problematik beim Monitoring von Soundscapes

Gerade bei Soundscape Studien, bei denen eine Vielzahl an Schallquellen über einen sehr langen Zeitraum hinweg beobachtet werden, wäre eine Automatisierung der Auswertung sehr hilfreich. Leider ist das Überwachen einer kompletten Klanglandschaft um einiges komplexer als die Überwachung von

Einzelgeräuschen. Ausserdem müssen zusätzlich zur Komplexität bei einer Beschreibung einer Soundscape auch psychologische Effekte mit berücksichtigt werden, etwa, ob ein Klang typisch oder untypisch in einem gegebenen Zusammenhang ist. Ein Mensch beschreibt eine Soundscape immer subjektiv (vgl. Kapitel 3); diese Wahrnehmung lässt sich nur schwer durch ein Programm nachbilden. Klänge müssen daher nicht nur einfach gehört, sondern auch gleich bewertet werden. Diese Bewertung erfolgt beim Menschen durch seine Erfahrungen und Erwartungen an die Klangumgebung. Ein Programm müsste daher erst lange auf eine bestimmte Soundscape trainiert werden, um sozusagen „Erfahrungen“ mit den dort anzutreffenden Klängen zu sammeln und zwischen häufigen und seltenen Geräuschen unterscheiden zu können. Neben den besser erkennbaren Signalklängen müsste ein solches Programm jedoch auch in der Lage sein, Hintergrundgeräusche und sehr leise Geräusche zu erkennen und zu bewerten. Bei dem Monitoring einzelner Geräusche sind diese meist Signalklänge und können so besser dedektiert werden. Aber auch mit diesen kann es in Soundscapes Probleme geben: Geräusche, die verschieden klingen, können ein und das Gleiche bedeuten. Andererseits kann ein Geräusch auch in verschiedenen Kontexten unterschiedliche Bedeutungen haben (vgl. Kapitel 4). Ein Mensch ist in der Lage, aufgrund der zusätzlichen visuellen Information oder der Verknüpfung mit anderen akustischen Signalen das Geräusch richtig zuzuordnen. Ein Programm hat damit erheblich mehr Probleme. Darum ist der Bereich der automatisierten Soundscapeüberwachung bisher wenig erforscht. Ein erster Ansatz für eine computergestützte Analyse wird im folgendem Kapitel vorgestellt.

6.3 Computational Soundscape Analysis - Ein Ansatz zur automatisierten Soundscapeanalyse

In dem 2010 veröffentlichten Paper „Computational soundscape analysis based on a human-like auditory processing model“ [4] von Oldoni, de Coensel, Rademaker, van Renterghem, Botteldooren und de Baets wird ein Modell vorgestellt, das versucht die Wahrnehmung des Menschen in einer Klangumgebung nachzubilden. Dies ist ein erster Ansatz zur technisierten Erfassung von Soundscapes. Das Modell basiert auf zwei Arten neuraler Netzwerke, die Self-Organization-Map (SOM) und das Locally-Excitatory-Globally-Inhibitory-Oscillator-Network (LEGION). Diese Netzwerke simulieren die neuronale Verarbeitung von Schallereignissen im Gehirn. Die SOM imitiert dabei das dynamische Lernen des Gehirns, das LEGION das Gruppieren und Trennen von Schallereignissen.

Der Schalldruckpegel wird an einem Ort in 1s Abständen aufgenommen und in 1/3 Oktavbänder unterteilt. Zuerst wird das psychoakustische Phänomen der energetischen Maskierung durch die Berechnung eines Cochleagramms berücksichtigt. Im zweiten Schritt werden Lautstärkenänderungen und zeitliche sowie spektrale Unregelmäßigkeiten hervorgehoben. Dies geschieht durch eine Faltung des Cochleagramms mit einer Vielzahl an 2D Gauß-Filter und DoG-Filtern („difference-of-gaussian“). Insgesamt werden 16 verschiedene Skalen verwendet: 4 für die Intensität und je 6 für den spektralen und zeitlichen Kontrast. Das führt dazu, dass nach der Faltung zu jedem Zeitpunkt 768 Werte entnommen werden. Diese Werte werden als sogenannte „sound feature vectors“ (SFV) bezeichnet und beschreiben den Klangcharakter des aktuellen Gesamtklanges. In der SOM gibt es 768 gleiche Referenzvektoren, welche anfangs gleichmäßig auf einem hexagonalen Gitter verteilt sind. Durch das nachfolgende Training kann die Position dieser Vektoren verändert werden. Dies geschieht durch einen 2-Schritt Algorithmus: Zuerst wird ein SFV in die SOM geschickt und dessen nächster Referenzvektor, die sogenannte „best matching unit“ (BMU) gesucht. Danach wird der Durchschnitt zwischen beiden gebildet und der Referenzvektor dorthin verschoben. Dies wird für alle Vektoren durchgeführt, solange bis ein bestimmter Grenzwert für den Abstand zwischen dem SFV und seinem Referenzvektor unterschritten wird, d.h. sich der SFV durch die BMU sehr gut ausdrücken lässt. Dadurch ist das Modell in der Lage, Geräusche zu einem großen Teil richtig zu interpretieren. Häufig vorkommende Geräusche werden durch dieses dynamische Training natürlich besser abgebildet als selten vorkommende und können daher besser vom Programm erkannt werden. Jedoch sind alle Geräusche wichtig für eine verständliche

und realistische Abbildung der Soundscape.

Das zweite Modell, das LEGION, basiert auf dem Computermodell der „shiftig synchronization theorie“ von DeLiang Wang [7], bei der bestimmte Klangcharakter durch eine synchronisierte Gruppe von Neuronen repräsentiert werden. Dadurch lassen sich mehrere Klänge durch ihre unterschiedlichen Charaktere trennen: Wahrgenommener Schall mehrerer Quellen erzeugt mehrere desynchrone Gruppen von Neuronen, die jedoch innerhalb ihrer Gruppe synchron schwingen. Bei diesem Modell gibt es eine direkte Abhängigkeit zwischen den Punkten der Vektoren der SOM und den Oszillatoren des LEGION, die die Neuronen darstellen. Bei einer Anregung eines Oszillators bewegt sich dieser aus dem stabilen Anfangspunkt in eine Schleife aus Aktiv- und Ruhephasen. Für die Synchronisation innerhalb der Gruppen und die Desynchronisation ausserhalb sind zwei Effekte zuständig: die lokale Kopplung zwischen benachbarten Oszillatoren und die Kopplung mit einer externen hemmenden Quelle, die aktiv ist, sofern mindestens ein Oszillator in der Aktivphase ist.

Dieses Modell der Computational Soundscape Analysis wurde in zwei verschiedenen Umgebungen getestet. Für diesen Versuch wurden in einer städtischen Umgebung und in einem botanischen Garten die Soundscapes an je zwei verschiedenen Messpunkten für 24 Stunden aufgenommen und zwei SOMs auf diese Klangumgebungen trainiert.

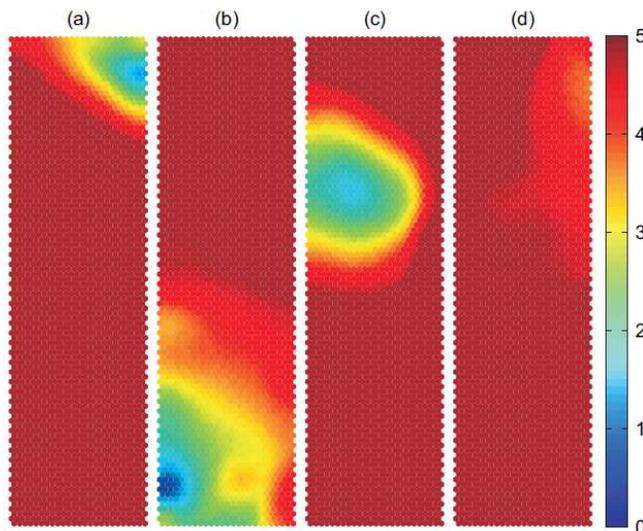


Abbildung 9: Abstände der Vektoren zu der BMU bei einem leisen Naturgeräusch in (a) der urbanen Umgebung und (b) der Naturumgebung und des Geräusches eines vorbeifahrenden Autos in (c) der urbanen Umgebung und (d) der Naturumgebung [4]

Abb. 9 zeigt, dass die Modelle nach diesem Training für die jeweilige Klangumgebung spezialisiert sind und Klänge anderer Soundscapes schlechter oder gar nicht erkennen können. In (a) und (b) wird den beiden Programmen ein Naturgeräusch vorgespielt, dabei erkennt man, dass der Abstand des SFV zum nächsten Referenzvektor BMU bei dem Modell in der natürlichen Umgebung um einiges geringer ist, das Programm also besser darauf trainiert ist, diese Art von Geräuschen zu erkennen. Bei dem Geräusch eines vorbeifahrenden Autos ist es genau umgekehrt. In (c) wird es mit kleineren Schwierigkeiten erkannt, wohingegen das Modell, das in der Naturumgebung trainiert wurde (d), dieses Geräusch überhaupt nicht erkennt.

In einem zweiten Versuch wurden die Modelle zusätzlich jeweils für einen kurzen Zeitraum (eine Stunde) in der jeweils anderen Soundscape trainiert, um diesen Effekt zu verringern und die Klangerkennung zu verbessern.

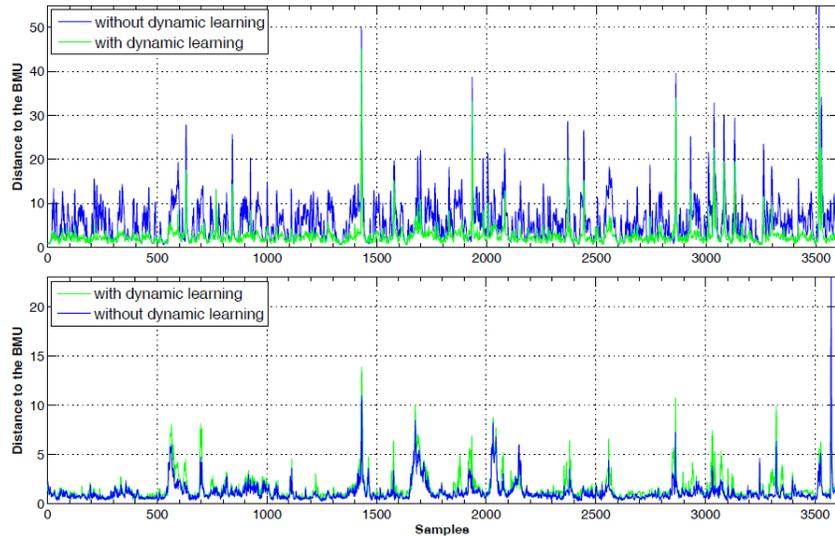


Abbildung 10: Abstände der SFVs zu den BMUs vor (blau) und nach (grün) eines einstündigen Trainings in der anderen Klangumgebung (oben: in der natürlichen Umgebung, unten: in der urbanen Umgebung) [4]

In der Abb. 10 sieht man die Unterschiede vor und nach diesem einstündigen Training. Sind die Programme auf eine Soundscape überhaupt nicht trainiert, ergeben sich höhere Abstände der SFVs zu den BMUs. Nach einem kurzen Training in dieser Klanglandschaft verringern sich die Abstände um einiges. Aus diesen Versuchen lässt sich erkennen, dass eine computerbasierte Analyse einer Soundscape nur bei ausreichender Kenntnis der dort vorkommenden Klanglandschaft gute Ergebnisse in der Schallquellenerkennung bringen kann, d.h. das Programm für jede spezifische Klangumgebung neu trainiert werden muss. Deshalb sind solche Analysen zum heutigen Zeitpunkt noch sehr aufwendig. Dieses Modell könnte durch etwa eine kürzere Schrittzzeit, eine höhere Anzahl an Vektoren, ein lebenslanges dynamisches Lernen der SOM oder einen speziellen Filter in dem LEGION, der besonders auf einen bestimmten Geräuschtyp achtet, noch weiter verbessert werden.

7 Ausblick: Potential der Soundscapeforschung für die Zukunft

In den letzten Jahren ist das Interesse am Thema Klang und Klangumgebung stark gestiegen. Dies hängt zum einen damit zusammen, dass in Kunst und Technik die Möglichkeiten im visuellen Bereich weitestgehend ausgeschöpft sind und dadurch der Fokus immer mehr auch auf der akustischen Ebene liegt. Andererseits leben immer mehr Menschen in den überlaufenen Lo-Fi-Klangumgebungen der Städte. Somit steigt generell das Interesse an der Schaffung und dem Schutz natürlicher Erholungsräume. Wir erleben in unserer Gesellschaft ein neues Bewusstsein für diese Klangumgebungen. Dies spiegelt sich auch in den technologischen Entwicklungen wieder. Heutzutage ist ein leiser Betrieb ein nicht unwesentliches Qualitätsmerkmal für technische Geräte. Dementsprechend bemüht man sich um die Schaffung von leisen Soundscapes auch innerhalb der Städte. Die Methoden des Soundscape Designs werden in Zukunft noch vielfältiger ausgebaut werden und dann vielerorts zum Einsatz kommen.

Eine weitere erfreuliche Entwicklung ist, dass heutzutage nahezu jeder in der Lage ist, mit wenig technischer Ausrüstung Soundscapeaufnahmen durchzuführen. Dies fördert das breite Interesse an Soundscapes und den Austausch über dieses Thema. Für den weltweiten Austausch zwischen Soundscapeinteressierten stellte Bernie Krause 2007 auf der O'Reilly Media Where 2.0 Conference seine Idee vor, ein add-on für Google Earth und Google Maps zu erstellen, mit dessen Hilfe man neben dem Luftbild eines Ortes auch seine Soundscape hören kann und sich so einen besseren Eindruck des Ortes machen kann [37]. Kleinere Ansätze für solch eine Auflistung von Soundscapeaufnahmen gibt es bereits schon (siehe Kapitel 4, Radio Aporee), allerdings soll diese Sammlung noch umfangreicher und detaillierter werden und die Aufnahmeorte mittels GPS exakt bestimmt werden. Dazu inspiriert hat Krause ein Stamm im Amazonasgebiet, der in der Lage ist, sich rein durch das akustische Umfeld, also dem Wandel der biophonen Klänge an verschiedenen Orten, zu orientieren. Diese Menschen haben sozusagen eine akustische Karte der Umgebung im Kopf.

Durch die Untersuchung der akustischen Umgebung können Auswirkungen menschlicher Eingriffe in die Natur, speziell auf die Tierwelt (z.B. das Verschwinden bestimmter Tierarten), deutlich besser untersucht werden als durch visuelle Vergleiche. Dazu braucht es aber eine große Datenbank mit Vergleichsaufnahmen derselben Orte. Durch das Sammeln immer weiterer Soundscapeaufnahmen und vielleicht auch speziell durch die oben erwähnte Idee Bernie Krauses, wird es immer leichter werden, langzeitliche Entwicklungen in Klangumgebungen zu verfolgen und zu analysieren.

Ein großes Problem ist aber weiterhin, dass die Auswertung von Soundscapes nicht automatisch vonstatten gehen kann. Generell ist die Forschung im Bereich der automatisierten Soundscapenanalyse noch nicht sehr weit fortgeschritten. Dies hängt damit zusammen, dass sie noch um ein Vielfaches komplexer ist als normale Schallquellentrennung. Bei dieser wurden in den letzten Jahren immer mehr Fortschritte gemacht, so dass es vielleicht in naher Zukunft auch möglich sein wird komplette Klanglandschaften automatisiert zu analysieren. Wünschenswert wären „intelligente“ Analysen, die sämtliche Schallsignale sowie deren Strukturen und Zusammenhänge erkennen und ereignisabhängig zielgerichtet Alarme auslösen. Diese Entwicklung würde dem Feld der Soundscapenanalysen einen sehr großen Schub verleihen und die großflächige das Monitoring von Klanglandschaften ermöglichen.

Insgesamt lässt sich sagen, dass das Feld der Soundscapenanalysen noch viel Raum für Forschung und Weiterentwicklung speziell in technischen Gebieten bietet und sich die Soundscapeforschung aufgrund der Nachfrage an akustischen Verbesserungen in den kommenden Jahrzehnten weiter ausweiten und auch auf neue Forschungsbereiche spezialisieren wird.

Literatur

- [1] SCHAFER Murray (1977), „The Tuning of the World“, New York, Neuauflage 1994
- [2] KRAUSE Bernie (2008), „Anatomy of the Soundscape: Evolving Perspectives“, JAES
- [3] MAHER, GREGORIE und CHEN (2005), „Acoustical Monitoring Research for National Parks and Wilderness Areas“, AES
- [4] OLDONI, DE COENSEL, RADEMAKER, VAN RENTERGHEM, BOTTELDOOREN und DE BAETS (2010) „Computational soundscape analysis basend on a human-like auditory processing model“, EAA - Euro Region 2010
- [5] VALLE Andrea, SCHIROSA Mattia und LOMBARDO Vincenzo (2009), „A framework for soundscape analysis and re-synthesis“, 6th Sound and Music Computing Conference (SMC)
- [6] VALLE Andrea, SCHIROSA Mattia und LOMBARDO Vincenzo (2009), „A graph-based system for the dynamic generation of soundscapes“, 15th International Conference on Auditory Display
- [7] WANG DeLiang (1996) „Primitive auditory segregation based on oscillatory correlation“, Cognitive Science (JCS)
- [8] SIEBEIN Gary und SKELTON Reece (2009), „Soundscape analysis of a neonatal intensive care unit“, Inter-Noise 2009
- [9] DE COENSEL Bert, BOTTELDOOREN Dick (2006), „The Quiet Rural Soundscape and How to Characterize it“, Acta Acustica united with Acustica, Vol. 92
- [10] Homepage der Simon Fraser University: <http://www.sfu.ca/>
- [11] ORF, Raumklang Klangraum - Zeit-Ton Porträt: R. Murray Schafer 2011: <http://oe1.orf.at/programm/268475>
- [12] CMC - Canadian Music Centre, Biografie Murray Schafer: http://www.musiccentre.ca/apps/index.cfm?fuseaction=composer.FA_dsp_biography&authpeopleid=1916&by=S
- [13] Interview mit M. Schafer “La semaine du son 2010”: http://www.youtube.com/watch?v=JX9VzICmKpA&feature=player_embedded#at=11
- [14] Acoustic Environments in Change & Five Village Soundscapes: http://granum.uta.fi/english/kirjanTiedot.php?tuote_id=18459
- [15] Homepage der Simon Fraser University: Five Village Soundscapes: <http://www.sfu.ca/~truax/FVS/fvs.html>
- [16] World Forum of Acoustic Ecology: <http://wfae.proscenia.net/>
- [17] Forum Klanglandschaft: <http://www.klanglandschaft.org/>

- [18] Wild Sanctuary: <http://www.wildsanctuary.com/>
- [19] World Soundscape Tape Library: <http://www.sfu.ca/sonic-studio/srs/index2.html>
- [20] Western Soundscape Archive: <http://westernsoundscape.org/>
- [21] Western Soundscape Archive, Recording of American Tree Sparrows in the Arctic National Wildlife Refuge (Alaska): http://content.lib.utah.edu/cdm4/item_viewer.php?CISOROOT=/wss&CISOPTR=758&CISOBX=1&REC=9
- [22] The British Library: <http://sounds.bl.uk/Browse.aspx?collection=Soundscapes>
- [23] Radio Aporee <http://aporee.org/maps/>
- [24] Soundmap von Köln: <http://soundmap-cologne.de/>
- [25] Wikipedia Musique concrète: http://www.de.wikipedia.org/wiki/Musique_concr%C3%A8te
- [26] Homepage des Komponisten Seth Ayyaz: <http://sethayyaz.zenithfoundation.com>
- [27] Symposium "Soundscapes & Listening" des Europäischen "Forum Klanglandschaft FKL" an der Fachhochschule St. Pölten vom 14.-16. Mai 2009 <http://soundscapes.fhstp.ac.at/index.php?page=programm&lang=de>
- [28] Seeing with Sound: <http://www.seeingwithsound.com/>
- [29] New York Times, Artikel: Seeing with your ears: http://www.nytimes.com/2005/12/11/magazine/11ideas_section3-14.html?ex=1291957200&en=3c72cf9fa46bbb06&ei=5090&partner=rssuserland&emc=rss
- [30] Nauener.Neu - Initiative zur Belebung und Gestaltung des Nauener Platzes in Wedding: <http://oreo.spinnenwerk.de/nauenerneu/nauenerneu.asp>
- [31] Garten + Landschaft, Zeitschrift für Landschaftsarchitektur, 01/11, Artikel über Nauener Platz: <http://www.planungfreiraum.de/docs/nauenerplatz.pdf>
- [32] your space, Intelligente Möbel für den Freiraum, L. Michow & Sohn GmbH: http://www.yourspace-online.de/produkte/sit_watch.html
- [33] Kassel.de, documenta 9, Klanginstallation „Three to one“: <http://kassel.de/kultur/documenta/kunstwerke/objekte/09646/index.html>
- [34] Meriscope, Passiv-akustisches Monitoring von Schweinswalen und Belugas: <http://www.meriscope.com/58-2-Passiv-akustisches-Monitoring.html>
- [35] Joanneum Research, Akustisches Tunnelmonitoring: <http://www.joanneum.at/index.php?id=730>
- [36] SonicSentinel, Fraunhofer-Allianz Ambient Assisted Living (AAL): <http://www.aal.fraunhofer.de/projects/MonitoringAkustisch.html>
- [37] O'Reilly Media Where 2.0 Conference, Vortrag Bernie Krause: http://conferences.oreillynet.com/cs/where2007/view/e_sess/14330

[Alle Hompages zuletzt aufgerufen am 14.07.2011]

Abbildungsverzeichnis

1	Skizze der Soundscape von Bissingen im Jahr 1975 [15]	7
2	Kategorien von menschlichen Klängen [1, S. 141]	8
3	Datenblatt einer Soundscaptaufnahme im Western Soundscape Archive [21]	9
4	Skizze der Soundscape von Skruv (Schweden) im Jahr 1975 [15]	12
5	Spatiale Anordnung von Schallquellen in einem virtuellen Raum [5]	15
6	Audiobank und Audioringe am Nauener Platz [32]	17
7	Raumkonzept der Klanginstallation „Three to one“ [33]	18
8	The vOICe [29]	19
9	Abstände der Vektoren zu der BMU bei einem leisen Naturgeräusch in (a) der urbanen Umgebung und (b) der Naturumgebung und des Geräusches eines vorbeifahrenden Autos in (c) der urbanen Umgebung und (d) der Naturumgebung [4]	22
10	Abstände der SFVs zu den BMUs vor (blau) und nach (grün) eines einstündigen Trainings in der anderen Klangumgebung (oben: in der natürlichen Umgebung, unten: in der urbanen Umgebung) [4]	23