
Klangsalat – Auditives Navigationssystem

Andreas Negrei, BSc
dm151555@fhstp.ac.at

Florian Csizmazia, BSc
dm151504@fhstp.ac.at

Tamás Künsztler, BSc
dm151553@fhstp.ac.at

Mathias Berger, BSc
dm151502@fhstp.ac.at

Patrick Wiertel, BSc
dm151539@fhstp.ac.at

Florian Pichler, BSc
dm151559@fhstp.ac.at

Maximilian Sramek, BSc (Hons)
dm151532@fhstp.ac.at

Abstract

Das Ziel dieser Arbeit war die Implementierung einer Android-Applikation mit binauralen Klangtexturen, die den NutzerInnen eine Stadtführung durch St. Pölten auf auditiver Ebene ermöglicht. In der App sind 22 Points of Interest (POIs) auf einer Google Maps Karte definiert, denen jeweils ein spezifischer Klang zugeordnet ist. Diese Klangtexturen sind akustische Simulationen der jeweiligen Orte. Die Schallquellen sind, wie deren zugehöriger POI, statisch in der App positioniert und besitzen einen klar definierten Klangradius. Bewegt sich also ein User innerhalb des Klangradius einer Schallquelle, so beginnt diese zu klingen. Jede Klangtextur eines POI wiederholt sich und wird je nach Entfernung vom NutzerIn zum POI intensiver bzw. weniger intensiv und binaural aus der richtigen Richtung wahrgenommen.

1 Einleitung

Die verbreitete Nutzung von Smartphones und immer genauere GPS- und Richtungssensoren bieten EntwicklerInnen zahlreiche Möglichkeiten zur Implementierung standortbasierter Anwendungen. Das Smartphone ist als täglicher Begleiter oft auch Ersatz für klassische Straßenkarten. Während die zielorientierte Verwendung von Google Maps und Co. vergleichsweise wenig Erlebniszutzen mit sich bringt, finden auch standortbasierte Spiele, wie beispielsweise Pokémon Go, immer mehr Gefallen.

Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung einer standort- und richtungsbasierten App (in weiterer Folge als Klangsalat bezeichnet), mit der Erweiterung um die

akustische Ebene. Signifikante Orte der Stadt St. Pölten, Points of Interest (POIs) genannt, werden durch bestimmte Sounds repräsentiert. Die Entfernung der NutzerInnen zu einem POI bestimmt die Lautstärke des jeweiligen Sounds. Durch gezieltes Drehen des Körpers (bzw. des Smartphones) und Bewegung der NutzerInnen kann die St. Pöltner Innenstadt, mit Hilfe von visueller und akustischer Navigation, erkundet werden.

Eine wichtige Rolle spielt der Einsatz von Binauralität (siehe Abschnitt 4.1), auch als Richtungshören bezeichnet. Bei der Bewegung des Smartphones und der damit einhergehenden Änderung der Winkel zu den einzelnen POIs, sollten die Sounds weiterhin aus der standortspezifisch richtigen Richtung zu hören sein. Diese Positionierung auf der horizontalen Ebene ist mit einfacher Stereophonität nicht bzw. in keinem zufriedenstellenden Ausmaß zu erreichen.

Am Ende des ersten Projektabschnittes sollte ein Android-Prototyp der App Klangsalat stehen, der die akustische Ortung der NutzerInnen auf die Probe stellt. Obwohl die visuelle Ebene in Form einer Karte trotzdem bedient wird, stellt sich auch die Frage, ob die rein akustische Navigation durch die zu den POIs gehörigen Sounds möglich und sinnvoll ist. Die Auswahl und Implementierung der richtigen Sounds stellte einen entsprechend wichtigen Teil der Entwicklungsarbeit dar. Im Rahmen einer Fokusgruppe wurden daher die POIs und mögliche Sounds gemeinsam mit potenziellen NutzerInnen diskutiert. Usertests sollten die Funktionalität der App allgemein, die richtige Auswahl der Sounds und die korrekte Richtungswahrnehmung evaluieren.

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted only for private and academic purposes.

In: W. Aigner, G. Schmiedl, K. Blumenstein, M. Zeppelzauer (eds.): Proceedings of the 9th Forum Media Technology 2016, St. Pölten, Austria, 24-11-2016, published at <http://ceur-ws.org>

2 State of the Art

Das Projekt „Klänge der Stadt – Soundscape Regensburg“ (List, Mantaj, & Ottmann, 2014) demonstrierte bereits einen akustischen Stadtplan mit Hilfe einer Google Maps Karte. Hierbei wurden für bestimmte Orte die Originalklänge zugeordnet und in der Soundmap mit dazugehörigem Foto markiert – jedoch ohne mobile Applikation. Eine solche wurde als Prototyp für Tablets von Georg Weidenauer im Rahmen seiner Diplomarbeit „Virtual Soundscape Elements“ (Weidenauer, 2014) mit Hilfe von „KEMAR Impuls Antworten“ implementiert – inklusive Einbindung virtueller Schallquellen. Eine App für die Aufzeichnung von Soundscapes ist auch beim Projekt „Record the Earth“ (Pijanowski, 2014) in Verwendung. Die dabei verwendete Methode nennt sich „Soundscape Ecology“ und dient, ähnlich wie bei dem hier vorgestellten Projekt, zur Kategorisierung von Klängen. Durch die daraus gewonnenen Informationen und Eigenschaften von Sounds wurde beim Projekt „Euro-noise“ (Davies et al., 2009) die Tiefenstaffelung gebildet. Zusätzlich wurden Aspekte der Sounddefinition vom Experiment „The measurement of soundscapes – is it standardizable?“ (Genuit & Fiebig, 2014) aufgegriffen, um die emotionalen Reaktionen von NutzerInnen zu evaluieren. Mit den Attributen von Soundscapes beschäftigten sich Ljungdahl Eriksson und Berg bereits 2009 in ihrer Arbeit „Soundscape Attribute Identification“ (Ljungdahl Eriksson & Berg, 2009), 2014 der Holländer Almo Farina in „Soundscape Ecology“ (Farina, 2014), sowie die 2015 veröffentlichte Arbeit „Effects of Psychoacoustical Factors on the Perception of Musical Signals in the Context of Environmental Soundscape“ (Deng, Kang & Liu, 2015).

Die Verbindung einer Applikation mit GPS Daten behandelte das bereits erwähnte Projekt „Record the Earth“ – jedoch ausschließlich zur Lokalisation von aufgenommenen Sounds. Die Annäherung, Entfernungsunterschiede, sowie die Verwendung von einem binauralen System war Teil des Projekts „Interactive 3-D Audio“ (Schmidt, Schwartz, & Larsen, 2012) und „I Hear NY3D“ (Musick, Andreopoulou, Boren, Mohanraj, & Roginska, 2013). In der aktuellen Smartphone-Applikation „Pokémon Go!“ ist die erfolgreiche Echtzeit-Interaktion von App- und GPS-Daten – also das Zusammenspiel zwischen Funktionen und Standort der UserIn – in Verwendung. „Project GO!“ (“Project GO! Trailer,” n.d.) arbeitet innerhalb einer App mit aktuellem und geschichtlichem Bildmaterial, welches positionsbezogen abgerufen wird. Ausgehend vom dargestellten Stand der Forschung wurde mit Klangsalat eine App entwickelt, wo einzelne Klangtexturen zum Teil aus Klängen der Vergangenheit und aus der Gegenwart gebildet werden.

3 Hard- und Software Spezifikationen zur Umsetzung

Für die Umsetzung dieses Projekts wurde eine mobile Android App entwickelt. Programmiert wurde in der IDE (Integrated Development Environment) „Android Studio“ mit der Programmiersprache Java. Die Signalverarbeitung erfolgt mit einem Pure Data Patch. Pure Data¹ (Pd) ist eine Open Source² und visuelle Programmiersprache, die v.a. in der Audio Branche oft zum Einsatz kommt. Für den Einsatz von Pd Patches auf Smartphones sind nur Knoten (Nodes), die im Paket Vanilla Pd enthalten sind, verfügbar. Weiters muss eine spezielle Library (libpd)³ eingebunden werden, welche die Kommunikation zwischen dem Client Code (Java) und dem Pure Data Patch ermöglicht. Da im Rahmen einiger Tests auf verschiedenen Mobiltelefonen unterschiedliche Winkeldaten ausgegeben wurden, beschränkte man sich in der Alpha Version der Applikation auf das Mobiltelefon Sony Xperia Z3. Es verfügt über einen 2,5 GHz Quad-Core-Prozessor und 3 GB RAM. Das Gerät besitzt außerdem einen internen Kompass, Gyrometer und GPS Sensoren. Um auf Sensor- und GPS-Daten zugreifen zu können, muss die Google Play Services API mit eingebunden werden.

Zur Verarbeitung der POIs wurden diese mit Namen, Beschreibung und Koordinaten in einer CSV-Datei gespeichert, die als Liste in Java geladen und verarbeitet werden kann. Diese Liste ist einfach wart- und erweiterbar und benötigt nur wenig Speicherplatz.

Obwohl für optimales Richtungshören In-Ear Kopfhörer verwendet werden sollten, wurde bei den Tests – vor allem aus hygienischen Gründen – auf halb-offene, aufliegende Kopfhörer zurückgegriffen.

4 Methoden

Zur Findung der passenden Klänge für die einzelnen POIs wurde eine Diskussionsrunde mit Personen unterschiedlichen Alters, verschiedenen beruflichen Hintergründen und unterschiedlichen Wohnorten durchgeführt. Diese Fokusgruppe bestand aus elf TeilnehmerInnen, denen zu jedem Point of Interest ein Bild gezeigt wurde, zu dem sie jeweils die Klänge beschreiben sollten, die ihnen dazu einfallen. Die Moderatoren gaben zu den POIs – wenn nötig – kurze Erklärungen. Durch die Diskussion sollten zu jedem

¹ <https://puredata.info>

² Open Source bezeichnet freie Software, deren Quellcode frei verfü- und erweiterbar ist

³ <https://puredata.info/downloads/libpd>

POI verschiedene Klänge und Assoziationen gefunden werden, gleichzeitig aber auch ein Konsens zum intuitiv “richtigen” Klang. Zu jedem Point of Interest wurden nach Übereinstimmung der Probanden zumindest vier verschiedene Klänge vorgeschlagen. Aus der Liste der Ergebnisse wurden im Anschluss vom Projektteam jene Sounds, die der Klangästhetik der zu produzierenden Klangtexturen am besten dienen, ausgewählt. Für die Produktion der Klangtexturen wurden einerseits Klänge in St. Pölten mittels eines Aufnahmegerätes mit Stereomikrofonierung (XY-Mikrofon des Zoom H6) und einem Richtrohrmikrofon aufgenommen, andererseits wurde auf lizenzfreie Sounds der Soundbibliothek www.freesound.org zurückgegriffen. Dabei wurden nur Sounds verwendet, die unter der CC0 (creative commons 0 – Public Domain Dedication) lizenziert sind. Diese Lizenz erlaubt die Kopie, Veränderung und Verbreitung der Klänge (auch für kommerzielle Zwecke). Die durchschnittliche Länge einer Klangtextur beträgt 30 Sekunden. Da diese beim Benutzen der Applikation so lange wiederholt werden, bis sich der User nicht mehr in deren Klangradius befindet, war es wichtig, dass keine Übergangsartefakte zwischen End- und Anfangspunkt der Klangtexturen wahrnehmbar sind. Die Klangtexturen wurden daher so produziert, dass eine beliebige Wiederholung ohne eindeutige Identifizierung von Start und Ende möglich ist. Die in St. Pölten aufgenommenen Klänge und jene von www.freesound.org wurden in die Software Ableton Live importiert und dort editiert. Jede Klangtextur besteht aus mehreren Klangebene, die zeitlich und klanglich (Filterung, Pitch-Shifting, Time-Stretching, Kompression, Hall) aufeinander angepasst wurden.

4.1 Binauralität

Das binaurale Hören ermöglicht ein Richtungshören beziehungsweise ein räumliches Hören. Laut Blauert und Braasch werden Schallsignale, die auf den Kopf treffen, bezüglich ihres Frequenzspektrums linear verzerrt. Es kommt zu Änderungen von Amplituden- und Phasenverlauf des Spektrums. Diese Änderungen, die auf dem Übertragungsweg zwischen Schallquelle und Ohren passieren, können mit Hilfe von sogenannten Head-Related Transfer Functions (HRTFs) mathematisch beschrieben und messtechnisch erfasst werden. Hierfür werden aus dem Nahfeld und in bestimmten Winkeln rund um den Kopf Impulse abgespielt und mittels Mikrofonen im Ohr der Versuchsperson oder eines Kunstkopfes aufgenommen. Durch Laufzeit- und Form-Unterschiede ergeben sich spezielle Filterkurven, die beim Hören einen sehr realistischen, räumlichen (binauralen) Richtungseindruck geben. Der Binaural-effekt in der Stereophonie ist mit Kopfhörern am deut-

lichsten wahrzunehmen. Das liegt daran, dass beim Abhören mit Kopfhörern die Signale am linken und am rechten Ohr völlig getrennt voneinander ankommen. (Jens Blauert & Jonas Braasch, 2008, Kapitel 3: Räumliches Hören, Herausgeber: Stefan Weinzierl, S. 89-90)

Bei der entwickelten App „Klangsalat“ wird Binauralität vor allem für das Orten der Richtung, aus der die Klänge der Points of Interests kommen, verwendet. Die Applikation berechnet den Winkel zwischen den GPS Koordinaten der NutzerIn und des POIs in Bezug auf den magnetischen Nordpol. Das Ergebnis dieser Berechnung wird vom aktuellen Blickwinkel der NutzerIn (abhängig von der Ausrichtung des Smartphones), der über die Sensordaten erhalten wird, abgezogen.

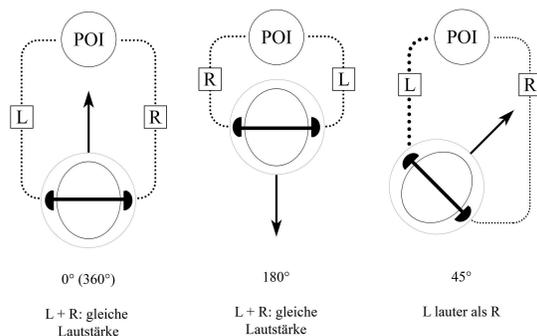


Abbildung 1: Änderung der Lautstärke in Bezug auf den Blickwinkel

Wenn das Ergebnis 0 oder 360 beträgt, blickt der/die NutzerIn direkt auf den Point of Interest. Beträgt das Ergebnis 180, hat der/die BenutzerIn dem POI den Rücken zugekehrt.

Durch die Drehung des Smartphones ändert sich der erreichte Winkel und auch die wahrgenommene Lautstärke. Die Tatsache, dass sich die Klangtextur bei der Drehung nicht mitbewegt führt dazu, dass der POI akustisch geortet werden kann.

5 Implementierung

Die Programmierung von Klangsalat wurde in zwei Bereiche unterteilt. Die Java-seitige Entwicklung in Android Studio, umfasste die Berechnung der Entfernungsdaten zu den POIs und die Verarbeitung der Sensor- und GPS-Daten. In Pure Data wurden Binauralität, Lautstärkeanpassung und das Abspielen der Sounds in Pd umgesetzt.

Das eingebaute GPS-Modul des Mobiltelefons liefert eine auf ein bis drei Meter genaue Standortlokalisierung

mit Werten für Breiten- und Längengrad. Aus dem aktuellen GPS-Standort und den Koordinaten der POIs, die aus der CSV-Datei geladen werden, wird die Distanz zu jedem POI berechnet und die nächsten vier werden mit folgenden Parametern an Pd gesendet:

- ID (zur Auswahl der richtigen Audiodatei)
- Entfernung (für die Lautstärkeanpassung)
- Winkel (für HRTFs und Binauralität)

Im Folgenden ist ein Ausschnitt aus jener Funktion zu sehen, die bei jedem Standort-Update (ca. alle 20 Sekunden) durch das Smartphone aufgerufen wird, um die notwendigen Parameter für die vier nächsten POIs an Pd zu senden.

```
// send the 4 pois to pd
for (int i = 0; i < poisToSend.size(); i++) {
    // get current poi
    Poi currentPoi = poisToSend.get(i);

    if(currentPoi != null) { // double check that current poi is not null
        // send relevant values distance, angle and id
        // to the corresponding pd receives
        PdBase.sendFloat("distance" + (i+1), currentPoi.getDistance());
        PdBase.sendFloat("angle" + (i+1), currentPoi.getAngle());
        // check if current poi is already playing
        // to avoid new sound initialisation
        if(!currentPoi.isPlaying)
            PdBase.sendFloat("id" + (i+1), currentPoi.getId());
    }
}
```

Abbildung 2: Senden der 3 Parameter zu Pd

Davor erfolgt eine Überprüfung, ob sich der POI innerhalb eines Radius von 200 Metern ausgehend vom Standort der NutzerIn befindet. Die Entfernungsbeziehung zwischen zwei Punkten ist durch folgende Formel gegeben:

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos\varphi_1 * \cos\varphi_2 * \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$$

$$c = 2 * \operatorname{atan2}(\sqrt{a} * \sqrt{1-a})$$

$$d = R * c$$

φ ... Latitude

λ ... Longitude

R ... Erdradius (6,371 km)

Formel 1: Berechnung des Klangradius

Mithilfe von Gyrometer und Kompass des Smartphones erfolgt die Winkelberechnung, welche für die Richtunggebung der verschiedenen Sounds herangezogen wird.

Die Einbindung von libpd in Android ermöglicht die Kommunikation zwischen der App und dem Pure Data Patch. Die Klasse PDBase erlaubt den Zugriff auf Methoden, die diese Kommunikation ermöglichen. Um die oben genannten Parameter an Pd zu schicken wird die Methode *sendFloat* verwendet (Brinkmann, 2012).

Die übermittelten Winkeldaten werden zur Bearbeitung im Pd Patch für die binaurale Verteilung der Sounds herangezogen. Es werden Filterkurven für beide Ohren aus den Impulsantworten (IR) der Binaural Library⁴ "1002" des IRCAM Instituts in Tables (Subpatches, die Arrays und die dazugehörigen Graphen beinhalten) im 15-Grad-Abstand gespeichert. Diese werden abhängig vom aktuellen Winkel über die jeweiligen Klangtexturen gefaltet, um eine Lokalisation der Soundquelle zu ermöglichen. Die relativ grobe Auflösung von 15 Grad ist für die Applikation dennoch ausreichend, wie die Usertests (siehe Abschnitt 6) beweisen. Zusätzlich wird mit zunehmender Entfernung (0-200 Meter) zum jeweiligen POI die Lautstärke des Sounds abgeschwächt.

$$M = \frac{L * 0,4 + 200}{1,617}$$

Formel 2: Abschwächung der Lautstärke einzelner POI's

L nimmt dabei Werte zwischen 0 und 200 Metern ein. Der Multiplikator M wird zum Schluss mit einem "dbtorms" Befehl umgerechnet, um so einen ansprechenden Lautstärkenverlauf zu erhalten, der Werte zwischen 0 und 8 einnehmen kann. Die Werte wurden im Laufe der Entwicklung und des Testens ermittelt und angepasst.

Nach Anpassung aller Parameter wird der Befehl zum Abspielen gegeben und an den Audioausgang des Mobiltelefons geschickt.

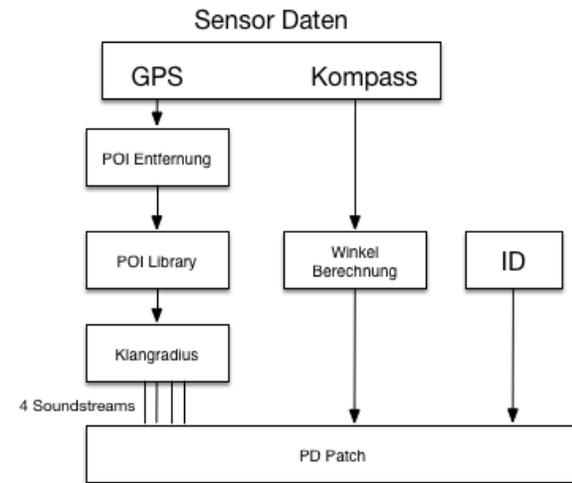


Abbildung 3: Ablauf der Berechnungen in Java und die Kommunikation zum Pd Patch

⁴<http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/download.html>

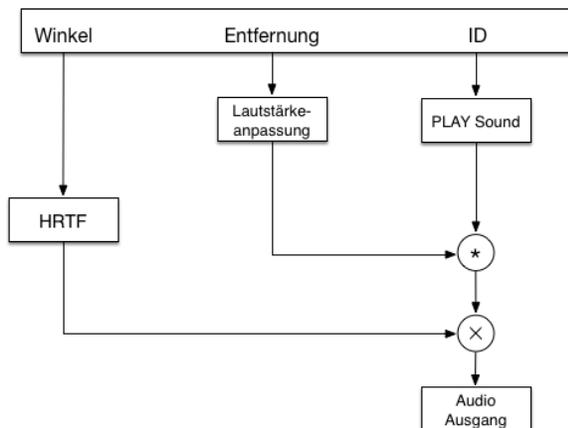


Abbildung 4: Ablauf der Berechnungen im Pd Patch

6 Empirische Studien/Evaluierung

Die richtige Funktion der Applikation wurde in mehreren Schritten beurteilt. Im Laufe der Implementierung wurden mehrere Testläufe durchgeführt, bevor schlussendlich mit dem fertigen Prototyp mit projektfremden Personen ein Usability-Test im finalen Zielgebiet vorgenommen wurde.

6.1 Testläufe

In den Testläufen nach den einzelnen Implementierungsphasen wurde die richtige Funktion der jeweiligen Elemente getestet. Dazu gehörten zum Beispiel das richtige Erkennen der Winkel und Abstände vom Gerät zu den einzelnen POIs, die richtige Ausgabe der Werte zur Weiterverarbeitung in Pure Data und die Einbindung des Pure Data Patches in die Applikation.

Auf der Seite der Klangverarbeitung in Pd mussten unter anderem die Änderungen des adaptierten Patches, das flüssige Funktionieren der Binauralität und die Entfernungswahrnehmung, die Einbindung der produzierten Sounds in die Applikation und die Verschachtelung mehrerer Instanzen getestet werden.

6.2 Rundgang St. Pölten

Nach dem ersten Zusammenfügen aller Einzelteile und dem Übertragen auf zwei Testgeräte führte das Projektteam einen Rundgang im finalen Zielgebiet durch. Dabei sollten grundsätzliche Probleme der Applikation identifiziert und anschließend behoben werden, bevor diese zur Evaluierung an Dritte weitergereicht werden konnte.

Zu den Problemen gehörten zum Beispiel die Vertauschung von links und rechts, Probleme beim Abspielen

einzelner Sounds, kein automatisches Hinzukommen bzw. Wegfallen der Instanzen und digitale Verzerrungen, wenn Sounds lauter wurden. Außerdem wurde die Qualität und Funktionalität der einzelnen Sounds beurteilt, wie zum Beispiel Verständlichkeit oder Identifizierbarkeit.

6.3 Rundgang Wien

Vor dem Usability-Test wurden die durchgeführten Adaptierungen noch einmal live getestet. Dieser weitere Rundgang fand in einer Fußgängerzone in Wien statt. Die ursprünglichen St. Pöltner POIs wurden dabei gleichmäßig im Testgebiet verteilt. Teile der in Abschnitt 6.2 beschriebenen Probleme wurden durch Anpassung der gesendeten Parameter an Pd bzw. durch eine Umpolung bei der Auswahl der Impulsantworten behoben. Um die entstandenen Verzerrungen zu entfernen wurden die Sounds für die Endversion noch einmal normalisiert.

6.4 Usability-Test

Der Usability-Test wurde wieder im finalen Zielgebiet durchgeführt. Zwei Teams waren mit jeweils einem Gerät und Kopfhörern im Kerngebiet St. Pölten unterwegs und baten Passanten um ihre Mithilfe. Nach einem Rundgang von maximal 5-10 Minuten sollte ein kurzes Feedback in Form eines Fragebogens abgegeben werden. Dabei sollten Grundprinzip und Funktion der Applikation durch Fragen, die von „trifft sehr zu“ bis „trifft gar nicht zu“ beantwortet werden konnten, bewertet werden. Dies sollte von einer möglichst diversen und realitätsnahen Zielgruppe passieren.

Von den Testpersonen kamen 50 % nicht aus St. Pölten, die anderen 50 % waren entweder in der Stadt ortskundig oder wohnhaft. Zwei Drittel waren unter 26 Jahre alt und 58,3 % weiblich.

Für 75 % der ProbandenInnen war die Funktion der Applikation klar verständlich. Nur 8,3 % gaben an, dass das eher nicht zutrifft. 83,3 % gaben an, dass die Sounds sehr oder eher zu den festgelegten POIs passen. Für drei Viertel der Personen war die Orientierung mithilfe der Klangtexturen sehr oder eher klar. Von den Befragten fühlte sich die Hälfte eher nicht und 8,3 % gar nicht durch das Benutzen der Applikation von ihrer Umgebung abgelenkt, 41,7 % hingegen sehr oder eher schon. Bei der Frage, ob die angezeigte Karte der Umgebung für die Orientierung notwendig sei, waren die Antworten eher ausgeglichen, mit Tendenz ins Positive: 25 % finden ja, 33,3 % eher ja, 25 % eher nein und 16,7 % gar nicht.

- Es ist für mich verständlich, wie die Applikation funktioniert. (12 Antworten)

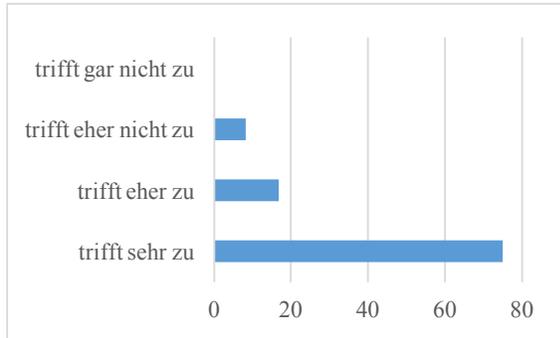


Abbildung 5: Verständlichkeit der App

- Die Sound sind zu den jeweiligen Orten passend gewählt. (12 Antworten)

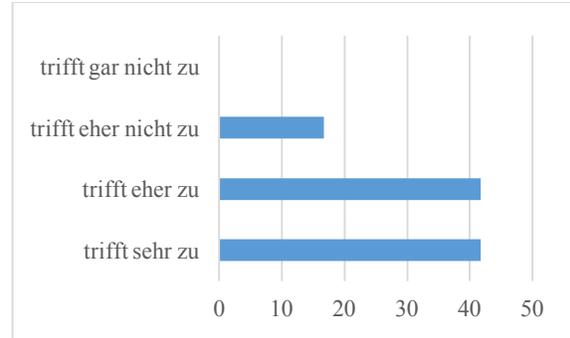


Abbildung 8: Qualität der Sounds

- Die Orientierung ist klar und ich weiß, in welche Richtung ich laut Applikation gehen muss. (12 Antworten)

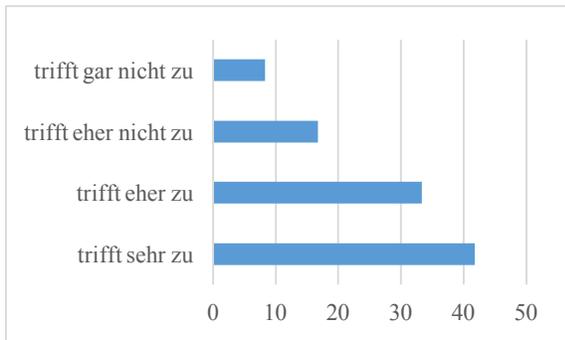


Abbildung 6: Orientierung

- Ich werde von der Applikation sehr abgelenkt und mir fällt es schwer mich auf die Umgebung zu konzentrieren. (12 Antworten)

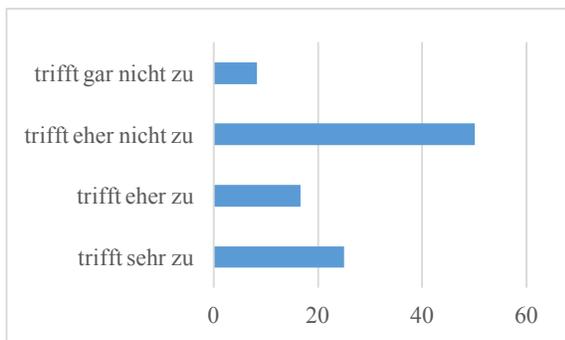


Abbildung 7: Ablenkung und Sicherheit

Da nicht alle ProbandInnen alle POIs und deren Sounds gehört haben, wurden die Routen zusätzlich mit auf den Fragebögen vermerkt, um eine individuelle Bewertung der jeweiligen Sounds zu ermöglichen.

7 Diskussion

7.1 Findung der richtigen Sounds

Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Android-Prototypen der Applikation mit Sounds zu den enthaltenen 22 Points of Interest (POIs). Zur initialen Findung der Sounds wurde, wie in Abschnitt 4 beschrieben, eine Diskussion mit einer Fokusgruppe durchgeführt. Bei dieser Diskussion zeigte sich auch deutlich, wie viele verschiedene Sounds die TeilnehmerInnen mit den jeweiligen POIs assoziieren. Während in der initialen Idee noch von Einzelsounds ausgegangen wurde, wurden auf Basis all dieser Ideen für viele POIs stattdessen Soundcollagen entwickelt. Durch die Verwendung verschiedener Sounds in einer Collage sollte für möglichst viele NutzerInnen eine eindeutige Zuordenbarkeit zu den jeweiligen POIs gegeben sein.

Bei den Usertests in St. Pölten zeigte sich, dass die Auswahl der Sounds zu den jeweiligen POIs den Erwartungen der NutzerInnen entsprach. Es gab wenig Probleme mit der Vermischung der Sounds unterschiedlicher POIs. Die Tatsache, dass für 83 % der TeilnehmerInnen die Aussage „Die Sounds sind zu den jeweiligen Orten passend gewählt.“ eher oder sehr zutrifft, unterstreicht, dass die richtigen Sounds gefunden und entwickelt wurden. Auch dort, wo mehrere POIs in einem sehr kleinen Radius liegen (so zum Beispiel am St. Pöltner Rathausplatz), konnten die NutzerInnen durch gezieltes Drehen des Kopfes (bzw. des Smartphones) oder durch Bewegung in eine bestimmte Richtung die POIs und ihre Sounds separieren.

Die binaurale Darstellung half also bei der Orientierung und Lokalisierung der POIs.

Neben den Ergebnissen des Fragebogens wurden auch im persönlichen Gespräch während des Usertests Fragen beantwortet und Erkenntnisse dokumentiert. Hier zeigte sich, dass auch Probleme bei der Unterscheidbarkeit der POIs und ihrer Sounds aufgetreten sind. Als Beispiel sind hier vor allem die POIs „Sparkasse“ und „Marktviertel“ zu nennen. In beiden Soundcollagen kommt das Klirren von aufeinanderprallenden Münzen vor (siehe auch Anhang 1). Mehrere TeilnehmerInnen des Usertests empfanden die Ähnlichkeit als verwirrend oder sogar störend. Es zeigte sich, dass die Unterscheidbarkeit der einzelnen Sounds wichtig für die richtige Orientierung ist.

7.2 Richtige Funktion des Prototyps

Der bereits angesprochene Usertest hatte neben der Evaluation der erstellten Sounds und ihrer richtigen Zuordenbarkeit auch den Test der richtigen Funktion der Applikation zum Ziel. Durch die Beschränkung der Benutzeroberfläche auf ein Minimum sollte den NutzerInnen die Möglichkeit gegeben werden, sich voll und ganz auf die Funktionsweise der Sounds zu konzentrieren. Die persönlichen Gespräche während des Usertests bestätigten diese Annahme.

Grundsätzlich war die Funktion des Prototyps in diesem Bereich gegeben und zufriedenstellend. Mit der Bewegung der NutzerInnen wurden die Lautstärken der jeweils spielenden Sounds angepasst, die Drehung des Smartphones führte zur Anpassung der Filterkurven und damit zur binaural richtigen Darstellung der Sounds im Raum. Probleme gab es allerdings bei sehr geringer Entfernung der NutzerInnen zu einem POI. Die Maximallautstärke war zu hoch und das Drehen des Smartphones führte zu einem „Springen“ des Sounds im Raum. Hierbei muss über eine Anpassung der Filterkurven bei geringer Distanz oder über eine Abschwächung der durch den Sensor erhaltenen Winkeldaten nachgedacht werden.

Außerdem wurden Probleme mit der Performance der App auf den verwendeten Smartphones festgestellt. Obwohl beim Test Smartphones der Oberklasse mit schnellen Prozessoren und ausreichend Arbeitsspeicher zum Einsatz kamen (Sony Xperia Z3 und OnePlus Two), konnte die App nur nach Beenden aller anderen Prozesse zufriedenstellend verwendet werden. Bei Sounds mit hohem Signallevel (z.B. beim Sound „Festspielhaus“) wurden außerdem Probleme wie Rauschen und Knacksen festgestellt.

8 Ausblick

Bei der Entwicklung des Prototyps wurde vor allem auf die grundsätzliche Funktion der Applikation und den Einsatz der richtigen Sounds Wert gelegt. Entwickelt wurde ausschließlich für Android auf Basis des Testgeräts Sony Xperia Z3. Grundfunktionen, wie das Zulassen der Standortüberprüfung durch die NutzerInnen, sind zwar enthalten, allerdings noch nicht ausreichend getestet und auf Fehler überprüft. Weiters muss bei einer Weiterentwicklung großes Augenmerk auf die Performance der App gelegt werden. Häufiges Abstürzen oder Probleme mit der Signalverarbeitung und daraus resultierendes Rauschen oder Knacksen müssen analysiert und behoben werden. Weitere Punkte sind das Branding (zum Beispiel bei der Darstellung der Karte) und Entwicklung bzw. Design der Benutzeroberfläche. Dazu gehört auch die Darstellung von Informationen zu den jeweiligen POIs, die für die NutzerInnen nach der akustischen Navigation zu einem POI einen Zusatznutzen darstellen soll.

Nach Umsetzung der besprochenen Punkte kann außerdem über eine Entwicklung bzw. Anpassung der App für iOS-Geräte nachgedacht werden. Die kommerzielle Verwertbarkeit der Applikation an sich ist als eher gering anzusehen, sie soll nach der Fertigstellung aber gratis im Google Play Store herunterladbar sein.

Das System – Location basierte und binaurale Sounds auf Smartphones – kann allerdings auch über die Grenzen der Applikation Klangsalat hinaus interessant sein. So ist es zum Beispiel in den immer beliebter werdenden Standort basierten Smartphone-Spielen, wie Pokémon Go, denkbar, binaurale Sounds einzusetzen und die Spiele so um die akustische Ebene zu erweitern. Klangsalat kann hier als Beispiel für die Verwendung von akustischer Orientierung in Smartphone-Apps dienen.

Literaturverzeichnis

Brinkmann, P. (2012). *Making musical apps* (1st ed). Sebastopol, Calif: O'Reilly Media.

Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Jennings, P., Carlyle, A., ... Plack, C. (2009). Euro-noise 2009.

Deng, Z., Kang, J., & Liu, A. (2015). Effects of Psychoacoustical Factors on the Perception of Musical Signals in the Context of Environmental Soundscape. In *Audio Engineering Society Convention 138*. Retrieved from <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=17701>

Farina, A. (2014). *Soundscape Ecology*. Dordrecht: Springer Netherlands. Retrieved from <http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-7374-5>

Genuit, K., & Fiebig, A. (2014). The measurement of soundscapes - Is it standardizable?

List, V., Mantaj, S., & Ottmann, S. (2014). Soundscape Regensburg. Retrieved July 29, 2016, from <https://soundscaperegensburg.wordpress.com/>

Ljungdahl Eriksson, M., & Berg, J. (2009). Soundscape Attribute Identification. In *Audio Engineering Society Convention 126*. Retrieved from <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14989>

Musick, M., Andreopoulou, A., Boren, B., Mohanraj, H., & Roginska, A. (2013). I Hear NY3D: An Ambisonic Installation Reproducing NYC Soundscapes. In *Audio Engineering Society Convention 135*. Retrieved from <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=16997>

Pijanowski, B. C. (2014). Record the Earth. Retrieved July 29, 2016, from <https://www.recordtheearth.org/>

Project GO! Trailer. (n.d.). Retrieved September 10, 2016, from <https://vimeo.com/118826123>

Schmidt, M., Schwartz, S., & Larsen, J. (2012). Interactive 3-D Audio: Enhancing Awareness of Details in Immersive Soundscapes? In *Audio Engineering Society Convention 133*. Retrieved from <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=16522>

Weidenauer, G. (2014). *Virtual Soundscape Elements* (Diplomarbeit). FH St.Pölten, Etsdorf am Kamp.

Weinzierl, S., & Verband Deutscher Tonmeister (Eds.). (2008). *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin: Springer.

Anhang 1 Abgebildete POIs und deren Sounds

ID	Name	Sound
1	Rathausplatz	Stimmengewirr, Gespräche, Straßenmusiker (Ziehharmonika)
2	Rathausgasse 2	Schubertiade, Klavier
3	Bahnhof St. Pölten	Zug, Gleisgeräusche, Stimmen, Durchsage
4	Klosterviertel	Geistlicher Männergesang in Kirche
5	Holzviertel	Sägen, Klopfen, Hämmern, Schleifen, Holzarbeiten
6	Ledererviertel	Kuh, Leder ziehen, Lederproduktion
7	Marktviertel	Einzelne Münze fällt, Hund bellt, Kassieren, Holzwagen fährt
8	Zentrale städtische Feuerwehr	Brennen, Knacken, Feuerwehrtrommel, Doppler-Effekt, Löschen
9	Synagoge	Kantor-Gesang/-Gebet
10	Riemerplatz	Völkl-Marsch, Relief
11	Domplatz	Ausgrabungen, düstere, flächige Musik, Kirchenglocken
12	Franziskaner Kirche	Brunnen-Rauschen, Türe öffnet und schließt, Chorgesang in Kirche
13	Domgasse 4	Akustische Solo-Gitarre
14	Sparkasse	Geldautomat, Münzen klirren
15	Regierungsviertel	Telefone, Büro, Papierrascheln, Stimmen, geschäftiges Treiben
16	Klangturm	Stille (Hintergrund: der Klangturm klingt nicht mehr)

17	Festspielhaus	Orchester stimmt, Klatschen, Stimmen
18	ORF Landesstudio NÖ	Radio rauschen, alten Fernseher einschalten, Fragmente Musik aus Ra- dio
19	Schützenkompanie	Marschieren, Schüsse, Blasmusik
20	Hammerpark	Bachrauschen, Vogelgez- witzcher
21	Traisen	Flussrauschen, Fahrrad auf Schotter
22	Kaserne	Flugzeugmotoren, ent- fernte Kanonen, Blasmus- ik, Marschieren