

Technische Hochschule Nürnberg

SoundMap: Brettspiele durch NFC mit Audio-Effekten anreichern

Namen: Johannes Kölbl, Matthias Schuster, Alona Zdorova
Semester: SS 2014
Studiengang: Informatik, Master of Science
Betreuer: Prof. Dr. Ing. Alexander Kröner
Abgabedatum: 09.02.2015

Kurzfassung

Thema des SoundMap-Projekts ist die Anreicherung klassischer Brettspiele mit Audioeffekten. Abhängig von der aktuellen Spielsituation werden dem Benutzer so ereignisbezogene sowie zum Ambiente passende Sounds abgespielt. Ziel ist es, damit die Interaktivität und den Spielspaß zu fördern. Eine individuelle Spielstory, welche einzelne Spielobjekte mit Sounddateien verknüpft, kann hierbei vom Spielentwickler innerhalb eines Administrationsbereichs definiert werden.

Beginnend mit der Analyse bereits vorhandener Arbeiten sowie dem aktuellen Stand der Technik werden im Rahmen dieses Papers der Entwurf des SoundMap-Systems sowie dessen Umsetzung beschrieben. Während der Projektrealisierung ließ sich zudem eine Nutzerstudie erstellen, deren Ergebnisse am anschließend diskutiert werden.

Einleitung

Neben diversen Computer- und Konsolenspielen haben auch die klassischen Brettspiele in der heutigen Zeit nicht ihren Reiz verloren und erfreuen sich nach wie vor großer Beliebtheit. Diese Spiele bieten einige Vorteile, die auch die modernsten Online- oder Konsolenspiele nicht bieten können.

Insbesondere der soziale Aspekt wird von den meisten Spielern sehr geschätzt. Das gemeinsame Spielen und Mitfiebern am Tisch steht trotz Computerspielen und Smartphone-Apps immer noch hoch im Kurs. Ein gemeinsamer Spieleabend bringt Freunde und Familien zusammen und beschert lustige und entspannte Stunden, in denen man den Alltag und all die Sorgen vorübergehend vergessen kann. Die Spielentwickler sind somit weiterhin vom hohen Stellenwert klassischer Gesellschaftsspiele überzeugt.

Der Spielmarkt ist weiterhin ein wachsender Markt, was jedoch nicht allein auf Computerspiele zurückzuführen ist. Die deutschen Bürger sind so spielbegeistert wie kaum eine andere Nation. 400 bis 600 neue Spiele kommen allein in Deutschland pro Jahr auf den Markt [1]. So wurden im Oktober diesen Jahres 850 neue Spiele auf

der Essener Spielmesse vorgestellt. Der Renner sind hierbei weiterhin die Brettspiele. Doch es gibt mittlerweile viele neue Formen des klassischen Brettspiels. Die neuesten Spiele punkten vor allem mit Technik. Durch Verknüpfung von intelligenter Elektronik mit dem Brettspiel sowie der Digitalisierung alter Spielklassiker. Dies verleiht Brettspielen einen digitalen Touch und sorgt so für mehr Abwechslung, Interaktivität und originelle Effekte.

Die Elektronik schadet den Brettspielen hierbei nicht, sondern schafft in erster Linie einen Mehrwert für den Nutzer. Spiele, welche um digitale Komponenten erweitert werden, lassen sich zudem besser vermarkten, da sie generell mehr Interaktionsmöglichkeiten bieten. Das Physische und das Digitale im Spiel werden harmonisch zusammengebracht. Eine Erweiterung durch die neuen Medien ermöglicht eine neue Qualität des Spielens und somit einen höheren Spielspaß.

Das Ziel des SoundMap-Projekts ist somit die Erweiterung des klassischen Brettspieles mithilfe der Nahfunktechnik. Das traditionelle Brettspiel wird hierbei mit Audio-Effekten angereichert, um das Spielerlebnis zu verbessern.

Verwandte Arbeiten

Spiele oder Spielzeuge, welche ein zusammenhängendes Erlebnis der realen und der virtuellen Welt ermöglichen, lassen sich häufig unter dem Begriff „Pervasive Games“ zusammenfassen. Eine detaillierte Übersicht und Einordnung bereits bestehender Spielkonzepte in Kategorien bietet hier [2]. SoundMap lässt sich hierbei nach Magerkurth et al. in die Gruppe „Augmented Tabletop Games“ einordnen.

Der Spielehersteller Ravensburger stellte erst kürzlich sein neues Brettspiel-System „smartPlay“ [3] vor, welches von der Grundidee dem von SoundMap gleicht. Mit einem Stativ wird ein Smartphone mit einer vorinstallierten App so fixiert, dass es das darunterliegende Spielgeschehen mit seiner Kamera erfassen kann. Die Technologie soll den Teilnehmern vor allem einen leichteren Einstieg in das Spiel ermöglichen, da die App die Spielregeln erklärt und somit das Lesen der Spielanleitung überflüssig macht. Darüber hinaus erkennt das System auch das Spielgeschehen und untermalt es mit Sprachausgabe, Geräuschen oder Musik. SmartPlay nutzt genau wie SoundMap ein Smartphone als Übertragungsmedium, wobei jedoch die Idee der Identifikation von Spielobjekten

auf der Bilderkennungssoftware „Visual Recognition“ basiert. SoundMap versucht genauso wie smartPlay das Spielerlebnis mittels akustischen Inhalten lebendiger zu gestalten. Ein Nachteil an der Installation ist jedoch, dass die Kamera des Mobiltelefons durch dessen Fixierung nur eine begrenzte Spielfläche abdecken kann.

Ein weiteres Produkt, welches mit einer App auf dem Smartphone oder dem Tablet interagiert ist Golem Arcana [4] der Firma HBS. Es bezeichnet sich selbst als digital erweitertes Miniaturen-Brettspiel in Bezug auf die Bereicherung des Spielerlebnisses durch die Einbeziehung der zuvor genannten Geräte. Ähnlich wie bei SoundMap werden auch hier auf dem Spielfeld verstreute Informationen eingelesen und der Anwendung übermittelt. Golem Arcana nutzt dazu einen speziellen Stift (Tabletop Digital Interface Stylus, kurz TDI), an dessen Spitze sich eine Infrarot-Kamera befindet. Mit ihr werden sogenannte Mikrocodes auf den Figuren, den Landschaftsfeldern und den Karten eingescannt und per Bluetooth an die App gesendet. Diese agiert ebenso wie bei smartPlay als Spielleiter. Darüber hinaus bietet der Hersteller über seine App auch in

regelmäßigen Abständen neue Szenarien zum Spielen an. Dieses Prinzip lässt sich in etwa mit dem Erstellen neuer Spielszenarien in SoundMap vergleichen.

Ebenfalls von Ravenburger ist das audiodigitale Lernsystem „tiptoy“ [5], mit welchem Kinder spielerisch interagieren können. Das System besteht aus einem Stift mit optischem Sensor an der Spitze sowie Spielen, welche ein Raster mit winzigen Punkten an der Oberfläche aufweisen. Tippt bzw. hält ein Kind das smart Toy sehr nahe an eine solche Oberfläche, erkennt der Stift um welches Element es sich dabei handelt und gibt durch den integrierten Lautsprecher an der Rückseite entsprechende Töne oder Geräusche aus. Das System ähnelt sich in der Bedienung durch den Einsatz eines Stiftes dem von Golem Arcana. Allerdings wird kein zusätzliches Gerät benötigt, was die Bedienung besonders intuitiv macht. Wird ein solcher Stift allerdings beschädigt oder geht verloren, ist man zu einem Nachkauf gezwungen.

Eine genaue Analyse der Vor- und Nach-

teile der Verwendung von RFID-fähigen Mobiltelefonen und smartem Spielzeug in Spielumgebungen bietet [6]. Für den Einsatz von Mobiltelefonen verweisen Lampe und Hinske auf den hohen Verbreitungsgrad und auf die zunehmende Anzahl NFC-fähiger Geräte. Die Wahrscheinlichkeit mindestens eines NFC-fähigen Mobiltelefons in der Spielergemeinschaft steigt somit kontinuierlich. Beide Varianten eignen sich allerdings nicht für jede Zielgruppe. So sind smarte Spielzeuge intuitiver in ihrer Bedienung und eher für Personen jüngeren Alters interessant (s. tiptoy). Mobiltelefone hingegen, wie sie auch bei SoundMap im Einsatz sind, sind in erster Linie Allzweckgeräte und nicht speziell für bestimmte Spielumgebungen konfiguriert. Für ihren Einsatz benötigt man deshalb rudimentäre Kenntnisse. Als Testumgebung wurde in dem Artikel eine Playmobil Ritterburglandschaft mit RFID-Tags erweitert. Für das Auslösen eines akustischen Ereignisses muss man Spielelemente wie Figuren oder Flächen mit dem vorhandenen Lesegerät berühren.

Anforderungen

Nach Eruierung und Analyse der verwandten Arbeiten und unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik, lassen sich somit nun die folgenden funktionalen Anforderungen für das SoundMap-Projekt definieren.

Neben den nicht-funktionalen Anforderungen, auf die im Abschnitt im Rahmen der Projektumsetzung noch näher eingegangen wird, umfasst die erste funktionale Anforderung die *Erfassung von Spielsituationen mithilfe der Nahfunktechnik*, also eines NFC-Chips. Hierbei sollen Möglichkeiten gefunden werden, NFC-Tags mit benutzerdefinierten URLs zu beschreiben, um somit eine Brücke vom analogen Spiel zu digitalen Inhalten schlagen zu können. Des Weiteren beinhaltet diese Anforderung die zentrale, webbasierte Verarbeitung von spielrelevanten Daten und die Verknüpfung des NFC-Tags mit dem Spielobjekt.

Die zweite Anforderung bezieht sich auf die *Interpretation und Weiterverarbeitung der erfassten Daten* und umfasst dabei die Einbeziehung einer Storytelling-Engine. Diese soll die Darstellung individueller Spielsituationen eines jeden Spielers er-

möglichen, welche sich wiederum abhängig vom jeweils aktuellen Spielstand ergeben sollte.

Nach Auswertung des Spielszenarios sollen daraufhin für den aktuellen Spieler passende Audioeffekte, wie beispielsweise Dialoge oder Hintergrundgeräusche abgespielt werden. Diese *Wiedergabe von zur Spielsituationen passenden Sounds* repräsentiert die dritte Anforderung.

Die vierte Anforderung beschreibt die Möglichkeit der *Zusammenstellung von individuellen Spielszenarien* für den Spielentwickler. Hierbei soll zu Beginn für diesen zumindest eine Möglichkeit geschaffen werden, um abhängig von ausgelösten Spielereignissen, den einzelnen Spielobjekten unterschiedliche Audioeffekte zuweisen zu können.

Abschließend soll mit der fünften Anforderung die *Plattformunabhängigkeit* des gesamten Systems gewährleistet werden. Es ist also Ziel des Projekts, in allen Bereichen der Umsetzung, wenn technisch möglich, eine proprietäre Lösung zu vermeiden, um so eine möglichst große Zielgruppe ansprechen zu können.

Konzept

Der folgende Abschnitt zeigt auf wie die im vorherigen Abschnitt definierten Anforderungen umgesetzt werden können. Im Allgemeinen besteht SoundMap aus folgenden Komponenten, welche zudem auf Abb. 1 dargestellt sind: einem Brettspiel, unter dem die NFC-Tags befestigt sind, einem Smartphone zum Einlesen der fixierten NFC-Tags, einem Gerät zur Audiowiedergabe sowie der Webapplikation.

Die Webapplikation, welche im Gegensatz zu einer Handy-App eine Plattformunabhängigkeit garantiert, unterteilt sich in einen Frontend- und einen Backendbereich. Zudem gibt es eine Storytelling-Engine, welche als dritte Komponente der Webapplikation betrachtet werden kann.

Das Frontend ist hierbei der Einstiegspunkt für den Spieler. Es bietet über eine Eingabemaske die Möglichkeit ein neues Spiel zu beginnen oder ein vorhandenes Spiel fortzusetzen. Hat sich der Spieler für eine Option entschieden, so wird er zum Audio-Player weitergeleitet. Um jedoch die unter dem Spielbrett befestigten NFC-Tags scannen zu können, muss der Nutzer weiterhin sein Smartphone mit dem gewünschten Spiel verbinden. Eine

Option „Mobiles Gerät mit Spiel verbinden“ ist somit als dritte Auswahlmöglichkeit im Frontend vorhanden. Nachdem der Spieler zum Audio-Player weitergeleitet wurde, ist das System bereit und es können je nach Spielsituation passende Audioeffekte abgespielt werden. Darüber hinaus werden dem Spieler auf der Seite des Audio-Players zusätzliche Informationen, wie beispielsweise der aktuelle Spieler oder die aktuelle Runde, angezeigt. Außerdem besteht die Möglichkeit Sounds erneut abzuspielen beziehungsweise sie zu pausieren oder den Spieler zu wechseln. Standardmäßig werden ereignisbezogene Sounds genau einmal und Hintergrundsounds in einer Endlosschleife abgespielt.

Die Storytelling-Engine hat die Aufgabe, die Spielzustände der teilnehmenden Spieler zu verwalten. Ein Spielzustand wird dabei durch eine Kreuztabelle bestehend aus Spielobjekt und dazugehörigem Sound repräsentiert. Die Speicherung des Spielzustandes erfolgt als JSON-String in einer Datenbank. Der Spielfortschritt wird nun über eine Prozess-Datei abgebildet, welche die aktiven Sounds für jeden einzelnen Spieler anhand der hinterlegten Spielstory abändert.



Abb. 1: Beispielhafter Aufbau der Soundmap-Umgebung

Eine beliebige Story für das Spiel kann im Backend von SoundMap erstellt werden. Dieses Portal zur Verwaltung des Gesamtsystems ist dabei für Spieleentwickler gedacht. Es bietet die Möglichkeit Spielinstanzen, Sounds, Sound-Kategorien und Stories zu verwalten.

Die Kommunikation zwischen Frontend- und Backendbereich sowie der Storytelling-Engine erfolgt mithilfe einer MySQL-Datenbank als zentrale Instanz. Eine Ausnahme bildet hierbei der Audio-Player, welcher wie bereits beschrieben, dem Frontend zuzuordnen ist. Dieser ruft in regelmäßigen Abständen mithilfe einer

AJAX-Anfrage JSON-Daten von einer SoundMap-API ab, welche jedoch wiederum die Daten aus der MySQL-Datenbank bezieht.

Das Datenbankdesign umfasst insgesamt zehn Tabellen. Hiermit werden die Bereiche API, Storytelling-Engine sowie Front- und Backendbereich abgedeckt. Die Tabelle „game-sounds“ bildet hierbei das Herzstück des Systems, da sie für alle aktiven Spielinstanzen die jeweiligen aktuellen Sounds beinhaltet. Diese können dann über die API dem Audio-Player zur Verfügung gestellt werden, welcher diese anschließend abspielt.

Implementierung

Aufgabe war es, einen Prototypen des Systems zu entwickeln, welcher inkrementell um weitere Funktionen erweitert wird. So war eine erste Version beispielsweise lediglich in der Lage, einer Situation entsprechend fest zugewiesene Sounds abzuspielen. Eine Erweiterung konnte anschließend bereits anhand einer über das Backend vorgegebenen Story dynamisch zur aktuellen Situation passende Sounds auswählen.

Tooling

Die Umsetzung erfolgte mithilfe von Apache Subversion als Versionsverwaltung, wobei als Client auf den Entwicklerrechnern die Software TortoiseSVN benutzt wurde. Als IDE diente das von der Hochschule zur Verfügung gestellte PhpStorm sowie der Editor Notepad++.

Neben PHP kamen auch die Sprachen JavaScript sowie HTML zum Einsatz. Um im Audio-Player zum Beispiel dynamisch die aktuell wiedergegebenen Sounds zu ändern, wurde zudem auf das Asynchronous JavaScript and XML (AJAX) Konzept zurückgegriffen.

Als externe Bibliotheken kamen das Bootstrap Framework in Verbindung mit den JavaScript-Bibliotheken jQuery/jQueryUI zum Einsatz. Mithilfe von Bootstrap konnte enorm viel Zeit bei der Erstellung des Layouts und des Designs gespart werden, da vom Framework bereits vordefinierte Layout-Raster sowie Designklassen vorgegeben waren. Dies erleichterte beispielsweise das Einbinden von Icons, die Gestaltung von Buttons sowie das Erstellen eines responsiven Webseiten-Layouts für das Front- und Backend. Die Drag & Drop-Funktionalität zum Anlegen einer individuellen Story sowie das Polling des Audio-Players auf die JSON-API konnte hierbei mit jQuery und jQueryUI implementiert werden.

Technische Umsetzung

Vor Beginn der Umsetzung wurden einige nicht-funktionalen Anforderungen definiert, welche in erster Linie die Qualität der Projektumsetzung sicherstellen sollten.

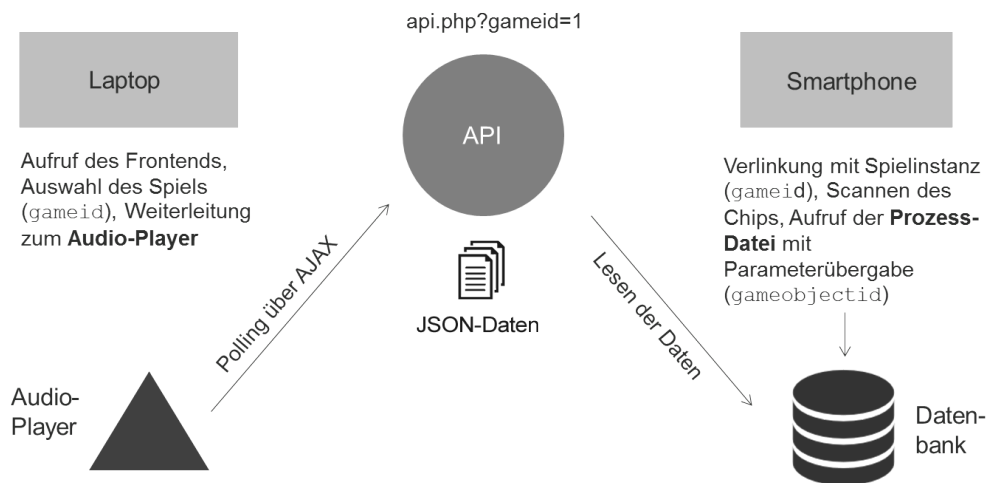


Abb. 2: Technischer Ablauf unter Berücksichtigung der zentralen JSON-API

So sollte vor allem ein sauberer Quellcode angestrebt werden, indem zum Beispiel auf die Namensgebung und eine klar gegliederte Struktur geachtet wurde. Ziel war es, einen Quellcode zu schreiben, der leicht und intuitiv verständlich ist. Um dies zu fördern, fanden außerdem anerkannte Entwurfsmuster, wie beispielsweise das Model-View-Controller-Pattern [7] im Bereich des Front- und Backends, Anwendung.

Um auch die Wartbarkeit zu fördern, wurde großen Wert auf vereinheitlichte Schnittstellen gelegt, da diese die Austauschbarkeit und Erweiterbarkeit erleichtern. Als Datenaustauschformat wurde sich hierbei auf die JavaScript Object Notation (JSON) festgelegt. Diese Maßnahme erlaubt es zum Beispiel, den Audio-Player beliebig auszutauschen.

Abb. 2 zeigt, wie die technische Umsetzung realisiert wurde. Im Mittelpunkt steht die API, welche ihre Daten, wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt, aus der Datenbanktabelle „game-sounds“ bezieht. Welche Sounds für das jeweilige Spiel gerade aktiv sind, wird über eine sogenannte Prozess-Datei geregelt. Eine URL samt Parameter des Spielobjekts wird hierfür auf die NFC-Tags geschrieben und nach dem Scan des Tags im Browser des Smartphones aufgerufen. Die Storytelling-Engine wertet daraufhin die aktuelle Spielsituation des Spielers aus und veranlasst die Prozess-Datei, die aktuellen Sounds in die Datenbank zu schreiben. Der Audio-Player ruft schließlich in einem bestimmten Intervall diese Sounds über die API ab und gibt sie wieder.



Abb. 3: Screen-Flow zum Spielablauf aus Sicht des Spielers

Ablauf aus Sicht des Spielers

Der Screen-Flow, welcher in Abb. 3 dargestellt ist, spiegelt noch einmal einen Teil des Ablaufs aus Sicht des Spielers wider. Zu Beginn besteht die Aufgabe darin, über das Frontend eines neues Spiel anzulegen oder ein bereits begonnenes Spiel fortzusetzen (1). Daraufhin wird zum Audio-Player weitergeleitet. Als Wiedergabemedium wird in diesem Fall ein Laptop empfohlen. Anschließend muss das Smartphone, welches zum Einlesen der

NFC-Tags verwendet wird, mit dem aktuellen Spiel verbunden werden (2), damit die vom Smartphone aufgerufene Prozess-Datei weiß, zu welchem Spiel das zuvor gescannte Spielobjekt gehört. Das Einlesen des NFC-Tags ist im Punkt (3) dargestellt. Ein Verknüpfen des Mobiltelefons mit dem angelegten Spiel ist nötig, da das System eine parallele Ausführung mehrerer Spielinstanzen erlaubt. Nachdem das gewünschte Spielobjekt gescannt wurde, kann sich der Benutzer über den Audio-Player die nun geänderten Sounds anhören (4).

Diskussion und Ausblick

Um Feedback über SoundMap bezüglich der Nutzererfahrung zu erhalten, wurde der Prototyp bisher in einer laufenden Nutzerstudie an 18 Personen (9 weibliche und 9 männliche Probanden; Durchschnittsalter: 29 Jahre) getestet und die Reaktionen in einem Zwischenergebnis zusammengefasst.

Evaluation

Jeweils in Zweiergruppen wurde den Probanden zuvor das System und ein dazugehöriges Spielszenario erläutert. Als Sound-Wiedergabe diente jeweils immer ein Laptop und zum Scannen der Spielfelder wurden über die Nutzerstudie hinweg drei verschiedene Mobiltelefone der Marke Samsung herangezogen (Samsung Galaxy Nexus GT-I9250, sowie Galaxy S4 mini GT-I9195 und Galaxy Mega GT-i9205). Nach der Instruktion konnten die Teilnehmer einen Testdurchlauf in Beisein eines Beobachters starten. Das Szenario wurde so gestaltet, so dass Situationseffekte entstehen konnten und der Wechsel von Ambiente-Sounds möglich war. Sobald eine der Personen das Spielziel erreichte, beendete das den ersten Teil des Tests

und die Probanden füllten nachträglich einen Fragebogen aus. Darin mussten sie angeben, inwiefern die Sounds während des Spielens auf sie gewirkt haben, und was ihnen an SoundMap sehr bzw. weniger gefiel. Der Bogen umfasst u.a. folgende Fragestellungen:

- Situationseffekte, etwa eine knarrende Tür, treten nur in bestimmten Situationen auf. Haben diese Ihr Spielerlebnis gestört/bereichert?
- Ambiente Sounds, etwa Verlies-Hintergrundgeräusche, laufen immer im Hintergrund. Haben diese Ihr Spielerlebnis gestört/bereichert?

Einige Punkte beinhalteten eine vierstufige Likert-Skala. Es gab auch die Möglichkeit freie Kommentare abzugeben sowie ein Feld für weitere Anmerkungen.

Ergebnisse

Es konnte innerhalb dieser Testphase festgestellt werden, dass im Durchschnitt 86,1% der Teilnehmer die in Ambiente-Sounds und Situationseffekten unterteilten Audioinhalte als eine Bereicherung empfanden. Niemand gab an, dass die in

der Studie wiedergegebenen Sounds sehr negativ störten. Im Vergleich zwischen den Situationseffekten und den Ambiente-Sounds, sahen 16/18 der Teilnehmer (88,9%) einen höheren Mehrwert bei den Ambiente-Sounds als bei den situationsbedingten Inhalten (83,3%). Deutliche Herausforderungen zeichneten sich bei allen Teilnehmern ab, die das größte Testgerät Samsung Mega GT-i9205 zugewiesen bekamen. 2/6 Probanden (33,3%) bemängelten dessen Handlichkeit und den dadurch erschwerenden Einlesemechanismus. Aus der Beobachtung heraus, ließ sich auch schwer die Lage des NFC-Chips im Gerät lokalisieren. Teilnehmer mit bereits vorhandener Erfahrung der NFC-Technologie oder die kleinere Testgeräte besaßen, hatten indes wenige bis keine Probleme während des Spielverlaufs. Ungeachtet des Modells wurde aber auch der Hinweis geäußert, dass die Benutzung handelsüblicher Smartphones zusätzlichen Aufwand wie beispielsweise die Deaktivierung eines Sleep-Modus oder des Sperrbildschirms mit sich brächten. Das Auftreten solcher Fälle wurde in der Evaluation absichtlich unterbunden, es ist jedoch ein Aspekt, welcher unweigerlich mit der Verwendung von Mobiltelefonen verknüpft ist und deshalb nicht außer Acht gelassen werden darf.

Was ebenfalls bei 5/18 Teilnehmern (27,8%) als Kritikpunkt aufkam und auch während der Testphase beobachtet werden konnte, war, dass die Notwendigkeit des manuellen Spielerwechsels mithilfe der am Laptop angezeigten Schaltfläche vergessen wurde, bzw. das manuelle Betätigen als Störung des Spielflusses erachtet wurde. In Bezug auf dieses Thema wurde auch bereits eine Änderung hin zum automatischen Spielerwechsel abgewogen. Auf der einen Seite würde eine Automatisierung tatsächlich den Spielfluss weiter optimieren, allerdings wäre damit dem Nutzer die Option verwehrt mehrere Scans innerhalb einer Runde vorzunehmen. Ein möglicher Lösungsansatz ließe sich aber in Form eines Auswahlmenüs für beide Varianten realisieren.

In Hinblick auf eine konsequente Weiterentwicklung des Prototyps, bietet SoundMap das Potential der Umsetzung vieler interessanter Spielkonzepte. Durch die Aufteilung in handelsübliche Audioausgabe- und Einlesegeräte - welche immer mehr Haushalte aufweisen können - sind Konsumenten zudem nicht mehr angehalten spezielle Produkte hinzu zu kaufen wie es bei bereits vorhandenen Systemen der Fall ist. Es erfordert jedoch ein gewisses Maß an Sensibilität für die genannte Hardware.

Literatur

- [1] Die Welt. Trotz Computer, App & Co - Deutsche lieben Brettspiele. http://www.welt.de/newsticker/dpa_nt/infoline_nt/boulevard_nt/article130129523/Deutsche-lieben-Brettspiele.html, 2014. Abgerufen am 20.12.2014.
- [2] Carsten Magerkurth, Adrian David Cheok, Regan L. Mandryk, and Trond Nilsen. Pervasive games: Bringing computer entertainment back to the real world. *Comput. Entertain.*, 3(3):4–4, July 2005.
- [3] Ravensburger. smartPLAY. <http://www.ravensburger-smartplay.com/>, 2014. Abgerufen am 14.12.2014.
- [4] Harebrained Holdings LLC. Golem Arkana. <http://www.golemarcana.com/overview/>. Abgerufen am 02.12.2014.
- [5] Ravensburger. tiptoy. <http://www.ravensburger.de/kinder/tiptoi/tiptoi-konzept/index.html>. Abgerufen am 28.12.2014.
- [6] Matthias Lampe and Steve Hinske. Von traditionellem spielzeug zu smarten spielumgebungen: Die integration mobiler geräte in pervasive-computing-spielen (from traditional toys to smart playsets: The integration of mobile devices into pervasive computing toy environments). *i-com*, 5(3):12–18, 2006.
- [7] Trygve Reenskaug. Trygve M. H. Reenskaug coordinates. <http://heim.ifi.uio.no/~trygver/trygve/trygve.html>, 2010. Abgerufen am 05.02.2015.