



Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft
Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik
Fachgebiet Wirtschaftsinformatik

BACHELORTHESIS

Entwicklung und Akzeptanzanalyse eines kartenbasierten Lernspiels

von	Frau Eva Lehmann
Arbeitsplatz	Fraunhofer IOSB, Karlsruhe
Erstbetreuer	Prof. Dr. Andreas Heberle
Zweitbetreuer	Prof. Dr. Udo Müller
Abgabetermin	30.01.2015

Karlsruhe, 30.01.2015

Vorsitzender des Prüfungsausschusses

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Karlsruhe, den 30. Januar 2015

Kurzfassung

Spiele eignen sich gut für die Wissensvermittlung. Dies gilt nicht nur für das Lernen im Kindesalter. Verschiedene Formen von Lernspielen, wie beispielsweise die Serious Games können auch in der Schule, im Studium und bei der beruflichen Weiterbildung eingesetzt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein kartenbasiertes Lernspiel entwickelt. Die zu implementierenden Funktionen werden mit Hilfe des Technologieakzeptanzmodells herausgearbeitet. Hierzu werden einige externe Variablen des Technologieakzeptanzmodells auf die konkrete Spielidee übertragen, um die Einstellung gegenüber dem Spiel zu begünstigen und die Nutzung desselben seitens der Nutzer zu erhöhen.

Zur Realisierung wurden moderne Web-Technologien eingesetzt. Das Spiel basiert auf einer Client-Server-Architektur und verfügt über eine Datenbankanbindung, damit Nutzer- und Spieldaten gespeichert werden können.

In einer abschließenden Evaluation wird die Akzeptanz einzelner übertragener Variablen analysiert, die von dem Technologieakzeptanzmodell abgeleitet wurden. Es kann festgestellt werden, dass einige Funktionen sich gut dafür eignen, den Nutzer zum Weiterspielen zu motivieren.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	9
1.1 Motivation.....	10
1.2 Ziele der Arbeit.....	11
1.3 Stand der Forschung und Technik.....	11
1.4 Aufbau dieser Arbeit	15
2. Grundlagen	17
2.1 Lernspiele - Spielend lernen.....	17
2.2 Kartenmanagement	20
3. Technologieakzeptanzmodell	25
3.1 Grundlagen.....	25
3.2 Transfer auf kartenbasierte, digitale Lernspiele	30
4. Das kartenbasierte Lernspiel	35
4.1 LearnYouACity	35
4.2 Architektur	36
4.3 Typischer Ablauf.....	40
4.4 Szenario	41
4.5 SAR-Erweiterung	45
5. Evaluation.....	49
5.1 Planung.....	49
5.2 Durchführung	50

5.3 Ergebnis	51
5.4 Diskussion	55
6. Zusammenfassung und Ausblick.....	57
Literaturverzeichnis.....	59
Abbildungsverzeichnis.....	63

1. Einleitung

„Der Mensch ist nur da ganz Mensch, wo er spielt.“ – Friedrich Schiller

Lernen und Spielen hängen eng zusammen. Es wird immer mehr versucht, die positiven Effekte des Spielens zu nutzen und auch in der Erwachsenenbildung einzusetzen [1]. Dabei rücken vor allem digitale Spiele weiter in den Vordergrund [2]. Angestrebt werden intelligente Lernsysteme, bei denen sich die Aufgaben an den individuellen Lernfortschritt der jeweiligen Nutzer anpassen. Außerdem ist es wichtig, die intrinsische Motivation optimal zu nutzen oder sogar zu erhöhen. In diesem Zusammenhang ergibt sich die Frage, wann Lernen beim Spielen Spaß macht, wann es einen langweilt oder man sich eher überfordert fühlt.

Um diesen Fragen auf den Grund zu gehen, wird im Rahmen dieser Bachelorarbeit ein Lernspiel entwickelt, das für das Lernen bei der Bildauswertung und Fernerkundung eingesetzt werden kann. Basis der Entwicklung ist ein Transfer des Technologieakzeptanzmodells auf die Spielidee.

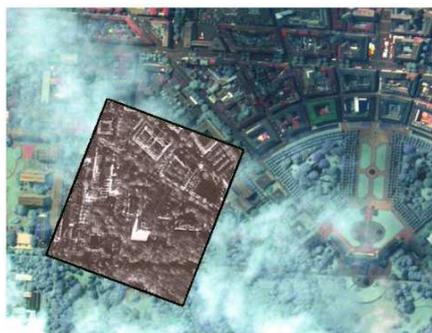


Abbildung 1: Radar-Signatur über optisches Bild mit Wolken gelegt (©Cassidian radar, ©Eurimage optical [3])

In der Bildauswertung werden häufig Radar- und Infrarotbilder genutzt, da diese zusätzliche, wichtige Informationen enthalten, die optische Bilder nicht abbilden können. Eine spezielle Ausprägung für Radarsensoren ist das Synthetic Aperture Radar (SAR). Gegenüber optischen

Bildern hat die Darstellungsform der SAR-Bilder mehrere Vorteile[4]. Da die Erdoberfläche mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen erfasst wird und somit unabhängig ist von Lichtstrahlen, können die Sensoren auch bei Nacht eingesetzt werden. Aus dem gleichen Grund ist es auch möglich, bei schlechten Witterungsbedingungen, wie Wolken, Nebel oder Ähnlichem, Radardaten zu sammeln. Ein Beispiel für die Anwendung bei Wolken ist in Abbildung 1 zu sehen. Ein weiterer Vorteil von SAR-Bildern ist, dass sie sogar Rückschlüsse auf den physikalischen Aufbau und die dielektrischen Eigenschaften des Geländes zulassen. Die Analyse dieser Bilder kann somit zum Beispiel auch bei Erdbeben dem Katastrophenmanagement wichtige Erkenntnisse liefern.

Allerdings weisen SAR-Bilder auch einige spezielle Effekte auf, die es deutlich erschweren auf den Darstellungen Objekte zu erkennen oder gar zu identifizieren. Zu diesen Effekten zählen etwa der Lay-Over-Effekt (Überlagerung), das Foreshortening (Verkürzung) und das Shadowing (Schattenwurf) [5]. Die genannten Effekte sind uns von optischen Bildern oder unserer vertrauten Welt nicht bekannt, weshalb es zunächst eher schwer fällt, etwas auf einem SAR-Bild zu identifizieren. Hierfür sind ein langer Lernprozess und viel Erfahrung nötig.

Da im zivilen aber vor allem auch im militärischen Bereich aufgrund von SAR-Bildern zum Teil weitreichende Entscheidungen getroffen werden, ist es sehr wichtig, dass Bildauswerter die entsprechende Ausbildung mitbringen, um diese Bilder richtig zu interpretieren und möglichst detailliert auswerten zu können[3]. Dafür sind eine gute Schulung und viel Übung notwendig.

Das Fraunhofer IOSB entwickelt auf diesem Gebiet technologiegestützte Lernkonzepte, um Bildauswerter in ihrer Arbeitssituation optimal zu unterstützen. Aus diesem Grund beschäftigt sich das Fraunhofer IOSB mit Arbeitsumgebungen, die dem Bildauswerter verschiedenste Materialien und Trainings zur Verfügung stellt, um ein „selbstgesteuertes, arbeitsbegleitendes Lernen“ [6] zu ermöglichen. Um Bildauswertern bei der Bearbeitung von diffizilen Fragestellungen anwendungsnah relevante Informationen und Hilfen zu bieten, sollen Assistenz- und Lernsysteme gekoppelt werden [6]. Darüber hinaus geht es auch um Systeme, die sich an die Problemstellung des Anwenders anpassen. Ziel ist es unter anderem, ein adaptives Lernsystem zu entwickeln, das heißt ein System, welches sich am individuellen Lernfortschritt des Nutzers orientiert und je nach Lernbedarf unterschiedliche Inhalte vorschlägt bzw. Aufgaben stellt.

1.1 Motivation

Diese Arbeit untersucht, wann Lernen beim Spielen von kartenbasierten Lernanwendungen Spaß macht, wann es einen langweilt oder man sich eher überfordert fühlt. Um diesen Fragen auf den Grund zu gehen, wird im Rahmen dieser Bachelorarbeit ein Lernspiel entwickelt, welches ein Lernziel beinhaltet, was für viele Menschen von Interesse ist, nämlich seine Umgebung zu kennen oder aber auch das nächste Urlaubsziel etwas näher kennenzulernen. Auch das Spielkonzept ist einfach gehalten. Jedem sind die Regeln eines Such- und Finde-Spiels bekannt, somit muss nichts mehr erklärt werden und jeder kann sofort mitspielen. Die Umsetzung der Spielidee erfolgt auf Basis des Technologieakzeptanzmodells, damit das Spiel

gerne und von möglichst vielen Personen genutzt wird. Durch eine anschließende Lern- und Lerneranalyse wird der Einfluss verschiedener Faktoren auf das Spiel(er)verhalten evaluiert. Auf diese Weise können Rückschlüsse gezogen werden, die für die adaptive Wissensvermittlung von Bedeutung sind.

1.2 Ziele der Arbeit

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird das kartenbasierte Lernspiel *LearnYouACity* erweitert. Dies erfolgt auf Basis des Technologieakzeptanzmodells (TAM), um das Spiel möglichst so zu gestalten, dass es von den Anwendern gut angenommen wird und gleichzeitig auch zum Lernen von Nutzen ist. Dabei sollen die positiven Effekte des Spielens, wie beispielsweise eine längere Aufmerksamkeitsspanne, für das Lernen ausgenutzt werden [7].

Ziel ist es weiterhin, das Spiel so umzusetzen, dass dem Spieler verschiedene Ausprägungen zur Verfügung stehen. Dabei sollen unterschiedliche Bildarten benutzt werden können, wie beispielsweise optische Bilder, Infrarotbilder oder SAR-Bilder.

Angesichts der aktuell wachsenden Bedeutung von mobilen Geräten, soll es nicht nur möglich sein, dieses Spiel am Laptop, sondern auch unterwegs, zum Beispiel am Tablet-PC zu nutzen.

Des Weiteren wird mit einem Prototyp des entwickelten Lernspiels eine Evaluation mit echten Spielern anhand einer unabhängigen Variablen durchgeführt. Die Protokollierung und anschließende Auswertung der Nutzerinteraktion liefert Erkenntnisse, die für Folgeprojekte in Richtung adaptive Wissensvermittlung, wesentlich sind.

1.3 Stand der Forschung und Technik

Kartenbasierte Spiele sind oft auch mobile oder sogar ortsbasierte Spiele (location-based games). Dabei wird durch die Veränderung der geographischen Position auch der Verlauf des Spiels verändert. Ein bereits weit verbreitetes Beispiel hierfür ist Geocaching, bei dem man anhand von GPS-Daten ein Versteck finden muss. Sogenannte Street Games oder auch Urban Gaming sind location-based games, die in der Stadt gespielt werden. Charakteristisch für diese Art von Spielen ist, dass es Multiplayer Games sind, das heißt man spielt mit und gegen andere Personen. Da gibt es beispielsweise Pac-Manhattan, eine Version des bekannten Spiels Pac-Man, dem das Straßennetz von New York zugrunde liegt. Ein inzwischen weltweit gespieltes Street Game ist Ingress¹. Bei Ingress gehört man zu einer von zwei Fraktionen, die jeweils versucht möglichst große Gebiete für sich zu gewinnen. Man kann ein Gebiet erobern, indem man Portale scannt. Portale sind hier zum Beispiel Denkmäler, Sehenswürdigkeiten etc. Um diese zu scannen, muss man physisch vor Ort sein.

¹ www.ingress.com

An erster Stelle steht bei all diesen Spielen der Spieltrieb. Kartenbasierte Spiele, bei denen vor allem das Lernen im Vordergrund steht, sind zumeist Geographiespiele. Sie unterscheiden sich, je nachdem für welche Altersklasse sie sind, im Design, den Spielvarianten und den Schwierigkeitsgraden. Bei allen geht es aber hauptsächlich darum Länder, Städte, Regionen und Flüsse zuzuordnen und auf einer Karte zu finden. Bei einigen Spielen mit spezielleren Kategorien können nicht nur Flughäfen, Brücken oder Firmenzentralen gesucht, sondern zum Beispiel auch bestimmten Sportereignissen Orte zugeordnet oder Wirkungsstätten von berühmten Persönlichkeiten gesucht werden.

Die Geographiespiele unterscheiden sich aber auch durch verschiedene Varianten. Bei manchen Spielen gibt es je nach Entfernung zwischen vermutetem oder geratenem Ort und der korrekten Position des gefragten Ortes Punkte, wie zum Beispiel bei dem Spiel Städte Deutschlands (Abbildung 2), bei anderen gibt es dagegen nur richtig oder falsch. Es gibt Spiele mit und ohne Zeitlimit, Spiele, bei denen Bonuspunkte vergeben werden und Spiele ganz ohne Bewertungseinheit.



Abbildung 2: Städte Deutschlands²



Abbildung 3: Statetris Germany³

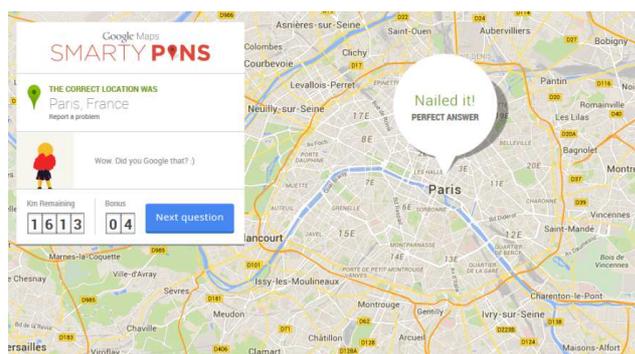


Abbildung 4: Smarty Pins⁴

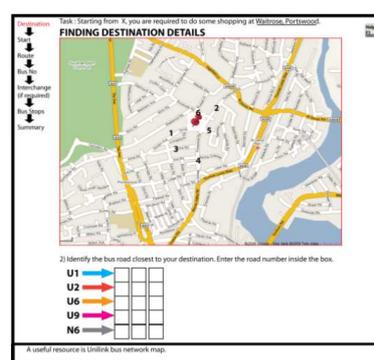


Abbildung 5: Unilink Bus [8]

² www.geographie-spiele.com

³ www.mapmsg.com/games/statetris

⁴ www.smartypins.withgoogle.com

Statetris ist ein etwas anders aufgebautes Geographiespiel. Hierbei wird die Spielidee von Tetris aufgegriffen. Wie in Abbildung 3 zu sehen, „fallen“ einzelne Länder oder Städte in das Spielfeld und müssen innerhalb des Kontinents oder des Landes richtig platziert werden.

Das Unilink Bus Game (Abbildung 5) wurde an der Universität von Southampton in England entwickelt und soll besonders internationalen Studierenden helfen, sich mit dem dortigen Bussystem vertraut zu machen. Dieses Simulationsspiel ermöglicht es, für verschiedene Ziele die beste Route durch Southampton zu planen. Mit Hilfe einer Karte muss man den Zielort ausmachen, um dann die entsprechende Busroute mit Umsteigestationen und den Busnummern zu ermitteln [8]. Es gibt einige persuasive Lernspiele für Studienanfänger, die in diese Richtung gehen. Sie sollen Studierende dabei unterstützen, sich auf dem Campus zurechtzufinden und so den Studienbeginn zu erleichtern. Lucke erklärt, dass Studierende durch ein solches Spiel mehr motiviert und aktiviert werden, als durch eine klassische Einführungsveranstaltung [9]. Verschwimmen die Grenzen zwischen dem Spiel und der Wirklichkeit, nehmen Studierende den Lernstoff viel eher auf [9].

Auf dem Gebiet der SAR-Bildauswertung werden vor allem Tools zum Aufbereiten von SAR-Daten angeboten [10]. Damit können SAR-Bilder mit Blick auf verschiedene Aspekte überarbeitet werden, sodass sie im nächsten Schritt leichter auszuwerten sind [11]. Airbus Defence & Space bietet darüber hinaus Trainingsprogramme an. Die Kurse umfassen unterschiedliche Inhalte zu mehreren Schwierigkeitsstufen, angefangen beim Grundwissen zur SAR-Datenanalyse für Einsteiger bis hin zum Fachwissen für die Weiterbildung von Experten [12]. Dazu stellen Airbus Defence & Space noch eine Referenzdatenbank zur Verfügung, die unter anderem wichtige Radareffekte erklärt [13]. Der SAR-Tutor, entwickelt vom Fraunhofer IOSB, ist ebenfalls ein Lernsystem für die Auswertung von SAR-Bildern [14]. Die Software bietet umfangreichen Lernstoff und mehrere Aufgabentypen (Beispiel siehe Abbildung 6) zu verschiedenen Lernphasen. Eine weitere Software vom Fraunhofer IOSB ist ViSAR [15]. Mit dieser Simulations-Software ist es möglich 3D-Objekte zu entwerfen, wobei auch der Materialtyp der Objekte festgelegt werden kann. Wie man in Abbildung 7 sieht, zeigt ViSAR die verschiedenen Radar-Effekte, die bei dem gebauten Objekt entstehen und erklärt diese.



Abbildung 6: Aufgabe aus dem SAR-Tutor, vom Fraunhofer IOSB entwickelter E-Learning-Kurs für Bildauswerter von Radarbildern (©Fraunhofer IOSB [14])

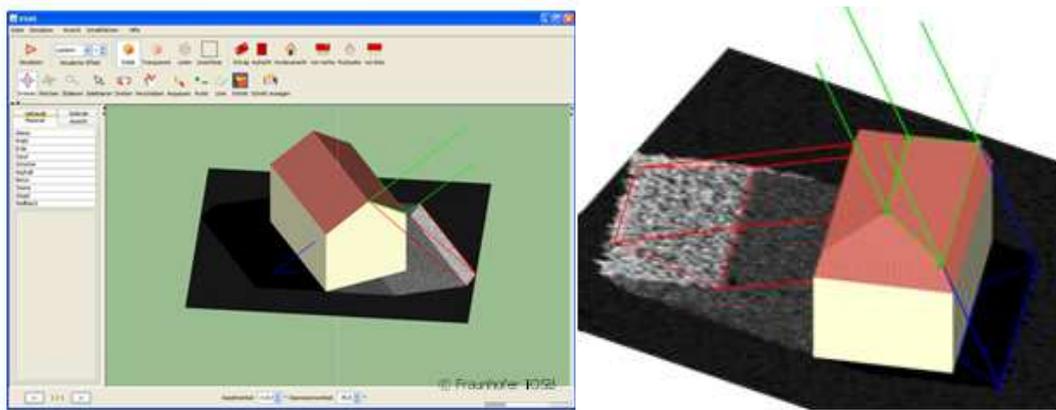


Abbildung 7: ViSAR, eine vom Fraunhofer IOSB entwickelte interaktive Simulationssoftware zur Visualisierung von Radareffekten (©Fraunhofer IOSB [15])

In jedem der drei Bereiche für sich genommen, im Bereich der Spiele, des Lernens und der SAR-Bildauswertung gibt es bereits viele Anwendungen. Versucht man aber diese Themen, um die es in dieser Arbeit geht, zu verknüpfen, findet man fast gar keine Beispiele.

Eines der wenigen Beispiele ist die Webseite „Natural Resources Canada“. Sie stellt einige Informationen über SAR-Bilder zur Verfügung. Es werden grundsätzliche Dinge zur Interpretation von SAR-Bildern erklärt, zum Beispiel wie man Objekte anhand von verschiedenen Elementen erkennen kann. Außerdem gibt es jede Menge Quiz-Fragen und Rätsel rund ums Thema SAR-Bildauswertung. Die Aufgabe, die beispielsweise zu Abbildung 8 gehört, ist die Brücke auf dem Bild zu finden. In Abbildung 9 geht es darum, zu dem Foto das passende Satellitenbild zu finden.



Abbildung 8: Auf dieser Satellitenaufnahme vom North West River in Kanada soll die Brücke gefunden werden [16]

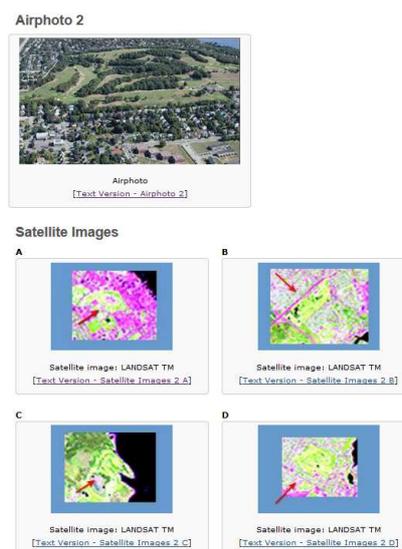


Abbildung 9: Die Aufgabe ist, dem Luftbild eines Golfplatzes das entsprechende Satellitenbild zuzuordnen [16]

1.4 Aufbau dieser Arbeit

Nach der Einleitung in Kapitel 1 mit der Motivation, Zielsetzung und Umschau zu anderen Arbeiten, geht Kapitel 2 auf die Grundlagen ein, die für diese Arbeit wichtig sind. Darunter fällt das Thema Lernspiele bzw. der Zusammenhang zwischen Spielen und Lernen. Auch werden verschiedene Komponenten vorgestellt, die bezüglich des Kartenmanagements für die Realisierung des Spiels benötigt werden.

In Kapitel 3 wird das Technologieakzeptanzmodell grundlegend behandelt und anschließend auf die konkrete Anwendung eines digitalen, kartenbasierten Lernspiels übertragen.

Das zugrundeliegende Spiel LearnYouACity wird in Kapitel 4 vorgestellt. Hier wird außerdem die Architektur beschrieben und der typische Ablauf des entwickelten Spiels C2C dokumentiert. Weiterhin wird das Spiel anhand eines Szenarios veranschaulicht und auf eine SAR-Erweiterung des Spiels eingegangen.

Kapitel 5 widmet sich dem durchgeführten Experiment und geht dabei zunächst auf die Planung und Durchführung ein. Anschließend werden die Ergebnisse der Evaluation dargestellt und diskutiert.

Die Arbeit schließt mit der Zusammenfassung und einem Ausblick in Kapitel 6.

2. Grundlagen

In diesem Kapitel werden zunächst die für die vorliegende Arbeit wesentlichen Ideen, Konzepte, sowie Technologien vorgestellt. Dazu gehören zum einen die Lernspiele in ihren verschiedenen Ausprägungen und zum anderen einige Komponenten des Kartenmanagements.

2.1 Lernspiele - Spielend lernen

Gemeinhin werden Spielen und Lernen als zwei Aktivitäten angesehen, die nicht zusammen gehören und auf den ersten Blick auch nicht zusammen passen. Dabei ist die Erkenntnis, dass der Mensch leichter und lang anhaltender lernt, indem er Wissen anwendet, heutzutage geläufig. Obwohl die beiden Tätigkeiten Spielen und Lernen oft als Gegensätze aufgefasst werden, sind sie durchaus eng miteinander verbunden und haben überdies gemeinsame Eigenschaften [17]. Zum Beispiel beschreibt Breuer die Selbstwirksamkeit als eine wichtige Besonderheit beim Spielen wie auch beim Lernen [7]. Diese schafft ein positives Erlebnis, indem der Lerner oder auch der Spieler den eigenen Fortschritt wahrnimmt. Dadurch steigt wiederum die Motivation, die eigenen Fähigkeiten weiter auszubauen und größere Herausforderungen zu suchen. Dabei ist es wichtig, dass der Schwierigkeitsgrad Schritt für Schritt zunimmt. Wiederholte Erfolge oder auch wiederholte Misserfolge können unter Umständen zu einer sogenannten Flow-Spirale bzw. Frust-Spirale führen, die den Spieler antreibt weiter zu machen. Der Spieler wird vor allem bei der Frust-Spirale nur bis zu einer Toleranzgrenze angetrieben, da er sich sonst überfordert fühlt. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass das Niveau verhältnismäßig ansteigt. Auch beim Lernen ist es wichtig, dass die Schwierigkeit verhältnismäßig größer wird und die Anforderungen nicht in zu großen Sprüngen anwächst [7].

Breuer und Gente [17] zeigen auf, dass auch die Kriterien für die intrinsische Motivation, wie etwa die Herausforderung, Neugier, Fantasie und Kontrolle beim Spielen und Lernen sehr ähnlich sind.

Besonders digitale Spiele haben einige Merkmale, die das Lernen maßgeblich unterstützen. Breuer [7] nennt folgende sechs Eigenschaften, die das Lernen begünstigen:

- **Interaktivität:** Durch den direkten Kontakt mit Objekten des Spiels, erhält der Spieler immer wieder Feedback zu seinen Aktionen und kann durch die Reaktion bzw. Folgen seines Handelns gegebenenfalls multisensorisch lernen.
- **Multimedialität:** Das Lernen beschränkt sich nicht unbedingt auf ein Thema oder einen bestimmten Lernmodus, sondern kann durch die Kombination von Darstellung der Lerninhalte und Abfrage oder Anwenden dieses Wissens und deren Variation abwechslungsreich und vielfältig gestaltet werden.
- **Involvement:** Interessante Handlungen führen dazu, dass der Spieler auf das Spiel fokussiert ist und sich damit auch stärker in die Lerninhalte vertieft. Dadurch kann eine längere Konzentrationsphase erreicht werden.
- **Herausforderung:** Zum Beispiel durch Schwierigkeitsgrade kann der Lerninhalt, die Lerngeschwindigkeit und damit die Aufgaben an das Können des Spielers angepasst werden, sodass es für den Spieler auch mit der Zeit nicht langweilig wird und er herausgefordert bleibt, immer neue Hürden zu nehmen.
- **Belohnung:** Der Spieler erlangt Bestätigung, indem er beispielsweise Punkte sammelt oder das nächste Level erreicht. Dadurch wird die Motivation stets aufrechterhalten.
- **Soziales Erlebnis:** Auch der Austausch mit anderen Spielern, aber auch das miteinander oder gegeneinander Spielen stellt ein Potenzial für das Lernen dar.

Aufgrund der genannten Vorteile, werden Lernspiele immer häufiger auch in Hochschulen oder in der Erwachsenenbildung eingesetzt. Es gibt verschiedene Arten bzw. Ausprägungen, die es zu unterscheiden gilt.

In der Diskussion rund um das Thema Lernspiele taucht auch immer wieder das E-Learning auf. Dabei wird über elektronische Medien Wissen zur Verfügung gestellt. Beispiele hierfür sind Foren, Communities, der virtuelle Klassenraum und auch das Fernstudium wird zu großen Teilen mittels E-Learning absolviert. Allerdings steht dabei immer die aktive Wissensvermittlung im Vordergrund und es sind meist keine bis wenige spielerischen Aspekte eingebunden.

Anders beim sogenannten Edutainment, bei dem Bildung und Unterhaltung verknüpft werden. Inhalte werden durch Computerspiele oder beispielsweise Fernsehprogramme unterhaltsam vermittelt. Dennoch wird nicht beim Spielen selbst neues Wissen erlernt, sondern das Spielen dient im Fall von Edutainment eher als Belohnung für das Lernen.

Für die Begriffe Digital game-based Learning (DGBL), persuasive Games und Serious Games gibt es keine einheitlichen Definitionen, sie werden oft synonym verwendet. Einig ist man sich darüber, dass diese Spielformen, im speziellen die Serious Games, nicht nur der Unterhaltung dienen, sondern darüber hinaus Inhalte vermitteln sollen [18]. Die Spiele werden unter anderem als Motivationsquelle genutzt. Hinzu kommt, dass sie Spaß machen, wie ganz

normale Spiele, die ausschließlich auf Unterhaltung abzielen. Auf diese Weise wird eine längere Aufmerksamkeitsspanne erzeugt und der Spieler ist stärker aktiviert als bei herkömmlichen Lernmethoden [19]. Erlangtes Wissen kann umgehend ohne den üblichen Leistungsdruck, der zum Beispiel in der Schule oder auch im Beruf herrscht, praktisch getestet werden.

Bei Serious Games wird versucht, Bildung und die Anwendung dieses Wissens auf eine Art und Weise zu verbinden, dass der Spaß am Spiel im Vordergrund steht und sich der Spieler über die gleichzeitige Wissensvermittlung nicht unbedingt bewusst ist. Der Spieler lernt passiv, indem er im Spiel aktiv Aktionen auslöst und dadurch den weiteren Verlauf des Spiels bestimmt.

Serious Games werden in vielerlei Anwendungsgebieten genutzt [17]. Beispiele sind unter anderem in Themengebieten der Bewegungstherapie, der Politik, der Gesundheit, des Militärs, im schulischen Kontext und der beruflichen Weiterbildung zu finden [20] [21]. Aber auch soziale, kulturelle und gesellschaftliche Themen, wie Menschenhandel und Prostitution können in Serious Games behandelt werden [22]. Über das sogenannte Storytelling innerhalb der Spiele können die entsprechenden Personen einfacher erreicht und auch an komplexe Inhalte oder schwierige Themen leichter herangeführt werden [22].

Ein weiterer wichtiger Punkt, der Serious Games auszeichnet, ist der, dass in den Spielen Situationen abgebildet werden können, die in der Realität aus verschiedenen Gründen nicht geübt oder erlernt werden können. Gründe hierfür können ein zu hohes Risiko bzw. die Sicherheit der involvierten Personen sein, aber zum Beispiel auch der unverhältnismäßige Aufwand oder extrem hohe Kosten [19]. In der virtuellen Welt des Spiels fallen diese Aspekte weg und es kann durch eine Simulation der „Ernstfall“ risikofrei geprobt werden.

Auch in Hochschulen kommt DGBL vermehrt zum Zug. Hier werden je nach Fachrichtung zum Beispiel Flugsimulatoren, Bankensimulationsspiele oder virtuelle Chemielabore eingesetzt.

Im Allgemeinen geht der Trend, wie in vielen anderen Bereichen auch, immer mehr zu mobilen Anwendungen. Zunehmend wichtiger wird auch der soziale Aspekt. Spielende möchten sich messen, ihre Erfolge teilen oder sich in der Community über das Spiel austauschen.

Auch wenn in den Medien vorwiegend die negativen Auswirkungen, die Computerspiele unter Umständen mit sich bringen können, diskutiert werden, bieten Computerspiele ein enormes Potential für den Bildungsbereich. Leo Buscaglia, ein amerikanischer Autor und Pädagogikprofessor sagt dazu:

„It is paradoxical that many educators and parents still differentiate between a time for learning and a time for play without seeing the vital connection between them.“ [23]

2.2 Kartenmanagement

In dieser Arbeit geht es speziell um kartenbasierte Lernspiele. Um ein Solches zu realisieren, werden als erstes Geodaten benötigt, die der Anwendung entsprechend als Karte dargestellt werden sollen. Im Folgenden werden alle für das Kartenmanagement erforderlichen Komponenten vorgestellt.

2.2.1 OpenStreetMap

Um beispielsweise eine Anfahrtsskizze auf einer Homepage abzubilden oder andere Anwendungen mit Karten zu entwickeln werden Geoinformationen benötigt, die man von Google und anderen Anbietern oft nur durch relativ teure Lizenzen erwerben kann. OpenStreetMap⁵ (OSM) ist ein Projekt, welches eben diese Daten frei zur Verfügung stellt. Es basiert auf der Arbeit von vielen Ehrenamtlichen, die mithilfe Geodaten zu sammeln und so versuchen eine komplette Weltkarte zu erstellen. Dabei werden jegliche Daten über Straßen, Flüsse, Wälder, Gebäude und viele weitere Informationen zusammen getragen, die dann wiederum von allen frei nutzbar sind. Die Objekte werden mit den entsprechenden Attributen gekennzeichnet, wodurch eine sehr differenzierte Unterscheidung möglich wird.

Das im Jahr 2004 entstandene Projekt hat inzwischen fast 2 Millionen Benutzer, die bei der Kartenerstellung auf unterschiedlichen Gebieten mitwirken. Dazu gehören Ortskundige, die Points of Interest (POI) hinzufügen und bearbeiten. Auch Kartografen sowie Softwareentwickler bringen ihr Wissen ein, um unter anderem Werkzeuge zu entwickeln, mit denen die Daten bearbeitet werden können.

Durch die umfangreichen Informationen, die von den Nutzern hinterlegt werden, können unterschiedlichste Kartentypen angezeigt werden, wie zum Beispiel eine Reit- und Wanderkarte (Abbildung 10), eine Nahverkehrskarte oder sogar eine Rollstuhlfahrer-Karte mit Auskünften, wo man mit dem Rollstuhl zugängliche Orte findet. So gibt es für unterschiedlichste Interessen und Anforderungen jeweils spezielle Karten.

Neben der Kartendarstellung, sind Routenberechnung und Navigation weitere Einsatzgebiete von OSM. Für diese Art von Anwendungen sind die OSM-Daten in einigen Fällen noch nicht ausreichend detailliert. In unterschiedlichen Gebieten wurden unterschiedlich viele Informationen zusammen getragen. In Gegenden, in denen die Benutzer besonders aktiv sind, ist OSM bereits besser als die kommerzielle Konkurrenz aufgrund von vielen Zusatzinformationen, wie zum Beispiel die zulässige Höchstgeschwindigkeit in einer Straße oder die Öffnungszeiten eines Restaurants (Abbildung 11).

⁵ www.openstreetmap.org



Abbildung 10: Karte mit eingezeichneten Wanderwegen und den dazugehörigen Wegemarken⁶ (©OpenStreetMap-Mitwirkende)

Standort: 49,0081716, 8,4199904

Tags

addr.city	Karlsruhe
addr.country	DE
addr.housenumber	24
addr.postcode	76131
addr.street	Durlacher Allee
amenity	pub
name	Die Zwiebel
opening_hours	Mo-Fr 11:30-14:30, 17:00-01:00; Sa 11:30-01:00; Su,PH 17:00-01:00
website	http://diezwiebel.net/
wheelchair	no

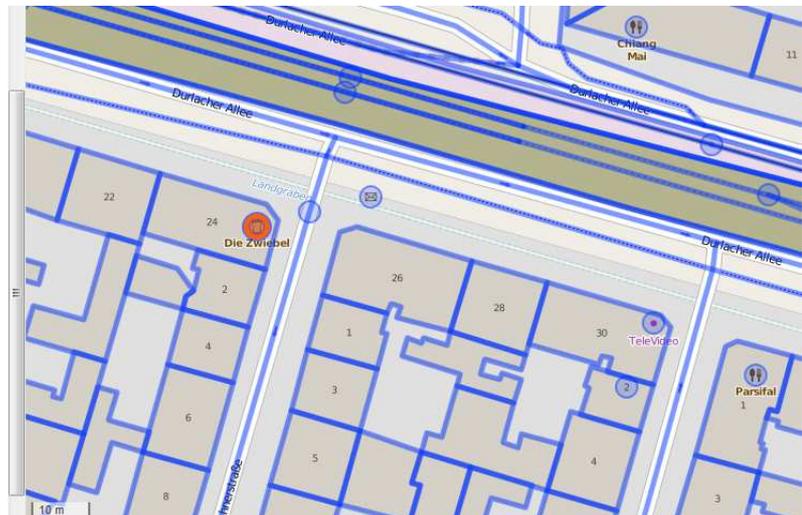


Abbildung 11: Aktiviert man die Kartenebene „Kartendaten“, kann man sich direkt alle eingetragenen Metadaten zu jedem Objekt (blau eingefasst) anzeigen lassen. (©OpenStreetMap-Mitwirkende)

Die OSM-Datenbank steht unter der Open Data Commons Open Database License (ODbL) Version 1.0 zur Verfügung, die Objekte der Datenbank unter Database Contents License (DbCL) Version 1.0. Die Kartografie und die Dokumentation kann unter der Lizenz CC BY-SA verwendet werden.

2.2.2 OpenLayers

OpenLayers⁷ ist eine Open Source Schnittstelle zur Darstellung von Karten im Webbrowser. Die JavaScript-Bibliothek ermöglicht durch die Implementierung mehrerer Schnittstellen einen

⁶ hiking.waymarkedtrails.org

unabhängigen Einsatz vom Server. Das wohl bekannteste Beispiel für eine Anwendung mit OpenLayers ist OpenStreetMap.

Das wohl bekannteste Beispiel für eine Anwendung mit OpenLayers ist OpenStreetMap.

OpenLayers stellt grundlegende Navigationsmöglichkeiten für Karten, wie zum Beispiel eine Skala zum Ändern der Zoomstufe, bereit. Des Weiteren bietet das Programm die Möglichkeit, mehrere Ebenen über die Karte zu legen, die beispielsweise detaillierte Informationen zum Kartenausschnitt geben.

OpenLayers unterstützt sowohl vektorbasierte, als auch rasterbasierte Datenformate. Diese können auch als sogenannte Kacheln eingebunden werden. Dadurch dass einzelne Kacheln ausgetauscht und nachgeladen werden können, wird eine höhere Flexibilität erreicht. Damit eignet sich OpenLayers nicht nur für die Darstellung von Geodaten, sondern kann sogar als Bildbetrachtungsprogramm für verschiedene Bildformate genutzt werden.

OpenLayers darf unter der BSD-Lizenz verwendet werden. Der Quellcode kann somit genutzt, modifiziert und verbreitet werden, unter der Bedingung, dass der ursprüngliche Copyright-Vermerk nicht verändert wird.

2.2.3 Overpass API

Die Overpass API⁷ ist eine Read-Only API, die dazu genutzt wird, Daten aus der Datenbank von OpenStreetMap herunterzuladen. Der Client kann mittels einer Abfrage mit seinen jeweiligen Wunschparametern bzw. Filterkriterien alle Informationen zu sämtlichen Objekten erhalten, die in der OpenStreetMap-Datenbank eingetragen sind. Queries können in XML oder in der von Overpass API eigenen Abfragesprache namens Overpass Query Language (Overpass QL) gestellt werden.

Sucht man beispielsweise nach allen Punkten (bei der Overpass API sogenannte nodes) zu Speyer, sieht die Anfrage folgendermaßen aus:

```
node["name"="Speyer"];out body;
```

Als Antwort auf die HTTP GET-Anfrage erhält man einen XML-Datenstrom, wie es beispielhaft in Abbildung 12 dargestellt ist.

⁷ www.openlayers.org

⁸ www.overpass-api.de

```

<osm generator="Overpass API" version="0.6">
<note>The data included in this document is from www.openstreetmap.org. The data is made available under ODBL.</note>
<meta osm_base="2015-01-19T03:23:04Z"/>
- <node lon="8.4205810" lat="49.3513546" id="30616535">
  <tag v="motorway_junction" k="highway"/>
  <tag v="Speyer" k="name"/>
</node>
- <node lon="8.4171921" lat="49.3532436" id="33174221">
  <tag v="motorway_junction" k="highway"/>
  <tag v="Speyer" k="name"/>
  <tag v="63" k="ref"/>
</node>
- <node lon="8.4233781" lat="49.3556771" id="50016422">
  <tag v="motorway_junction" k="highway"/>
  <tag v="Speyer" k="name"/>
</node>
- <node lon="8.4336150" lat="49.3165553" id="240074382">
  <tag v="Rheinland-Pfalz,Bundesrepublik Deutschland,Europe" k="is_in"/>
  <tag v="Speyer" k="name"/>
  <tag v="Speyer" k="name:de"/>
  <tag v="Espira" k="name:es"/>
  <tag v="Spire" k="name:fr"/>
  <tag v="シュペール" k="name:ja"/>
  <tag v="Noviomagus" k="name:la"/>
  <tag v="Spira" k="name:pl"/>

```

Abbildung 12: Auszug des XML-Ergebnisdatenstroms auf die Beispielanfrage mittels Overpass QL

Durch den Zugriff auf die Rohdaten von OpenStreetMap ist es möglich, eine Karte nach eigenen Vorstellungen anzufertigen, auf der beispielsweise persönliche POI markiert werden.

Die Overpass API kann unter der Lizenz Affero GPL⁹ v3 frei verwendet werden.

2.2.4 OpenGeoDB

OpenGeoDB¹⁰ ist eine OpenSource-Datenbank, frei von Urheberrechten, die verschiedene Daten, wie beispielsweise die Postleitzahl, Vorwahlen, Einwohnerzahlen, Geokoordinaten und mehr zu allen Orten einzelner Länder enthält. Bisher gehören dazu Österreich, Belgien, die Schweiz, Deutschland und Liechtenstein. Wie bei Wikipedia kann jeder Einzelne bei diesem Projekt mitmachen und die Datensammlung der OpenGeoDB erweitern oder pflegen.

Die OpenGeoDB hat den Vorteil, dass die Daten hierarchisch strukturiert sind. So lässt sich leicht ermitteln, zu welchem Bundesland oder Landkreis ein Ort gehört.

⁹ Die Affero GPL ist eine Erweiterung der GPL. Sie schließt das sogenannte ASP-Schlupfloch der GPL, in dem Fall muss der Quelltext immer zur Verfügung stehen.

¹⁰ www.opengeodb.org

3. Technologieakzeptanzmodell

In dieser Arbeit wird das Technologieakzeptanzmodell (TAM) für den Einsatz bei digitalen Lernspielen herangezogen, speziell bei kartenbasierten Such- und Finde-Spielen, um eine möglichst große Akzeptanz bei den Anwendern zu finden und somit eine breite Nutzung des Spiels zu erzielen.

Zuerst wird das Technologieakzeptanzmodell vorgestellt. Es werden wichtige Begriffe daraus erläutert und einige Erweiterungen des Modells dargestellt. Danach wird das TAM auf die konkrete Anwendung des digitalen, kartenbasierten Lernspiels C2C übertragen.

3.1 Grundlagen

Der Wirtschaftsingenieur F. D. Davis entwickelte das TAM 1989 im Rahmen seiner Dissertation, um vorherzusagen, inwieweit Informationstechnologien von Personen akzeptiert werden und aus welchen Gründen die Technologie genutzt wird [24]. Das Modell basiert auf den sozialpsychologischen Modellen Theory of Reasoned Action (TRA) [25] und Theory of Planned Behaviour (TPB) [26], die Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Einstellung und dem Verhalten einer Person treffen. Um die Nutzungsabsicht zu prognostizieren ist das TAM eines der bekanntesten Modelle im Bereich der Wirtschaftsinformatik, welches bereits in vielen Anwendungsfällen verwendet wurde [27][28][29].

Davis beschreibt im TAM zwei maßgebliche Faktoren, die letztendlich die Nutzung einer Technologie beeinflussen [24]. Beides sind kognitive Determinanten: der wahrgenommene Nutzen („Perceived Usefulness“) und die wahrgenommene Bedienbarkeit („Perceived Ease of Use“).

Der wahrgenommene Nutzen ist als Maß dessen zu interpretieren, wie eine Person die Verbesserung ihrer Leistung durch den Gebrauch der Technologie einschätzt. Bei der wahrgenommenen Bedienbarkeit handelt es sich um das Ausmaß des Aufwandes, den eine Person glaubt aufbringen zu müssen, um die Technologie zu nutzen. Diese beiden Größen nehmen Einfluss auf die Einstellung der Person, die sie gegenüber der Technologie, bzw. der Verwendung der Technologie, hat. In Abbildung 13 ist das Original-TAM von Davis graphisch dargestellt. Die externen Variablen X1, X2, und X3 stehen darin für Eigenschaften bzw. Merkmale des Systems, die Einfluss auf die kognitiven Faktoren nehmen.

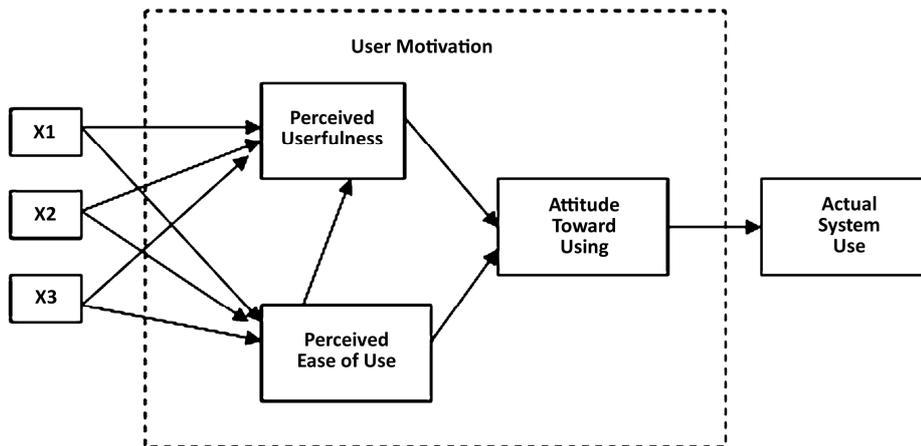


Abbildung 13: Technologieakzeptanzmodell von Davis [24]

Im weiteren Verlauf erweiterte Davis et al. das TAM um die Nutzungsabsicht, die durch die Einstellung der Person gegenüber der Technologie bedingt wird. Aus der Nutzungsabsicht kann schließlich die tatsächliche Nutzung der Technologie abgeleitet werden [30].

Einige Studien, in denen das Modell getestet wurde, zeigen, dass die wahrgenommene Benutzbarkeit einen weitaus geringeren Einfluss auf die tatsächliche Nutzung hat als der wahrgenommene Nutzen [31][32]. Wird der wahrgenommene Nutzen, den die Person durch die Verwendung der Informationstechnologie hat als unbedeutend eingeschätzt, spielt die wahrgenommene Benutzbarkeit nahezu keine Rolle mehr. Andere Studien hingegen kommen zu dem Schluss, dass die wahrgenommene Benutzbarkeit die wichtigere Determinante ist[33]. Es ist also unbedingt notwendig, die Art der Technologie zu unterscheiden. Handelt es sich bei der Technologie beispielsweise um eine Software, die man nutzt um ein bestimmtes Resultat zu erzielen oder aber um ein Spiel, welches vor allem unterhalten soll, von dem man also nicht direkt einen Nutzen erwartet. Die Einstellung einer Person gegenüber der Technologie erwies sich außerdem nicht als einziger Auslöser für die Nutzungsabsicht. Der wahrgenommene Nutzen bedingt die Nutzungsabsicht nicht nur über die Einstellung einer Person, sondern in einigen Fällen beeinflusst er die Absicht die Technologie zu nutzen auch direkt. Abbildung 14 zeigt die erste modifizierte Version des TAM.

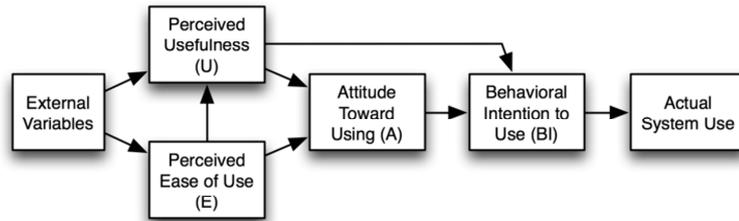


Abbildung 14: Original-TAM um Nutzungsabsicht ergänzt [30]

Schließlich wurde das Modell in den darauffolgenden Jahren noch einige Male verändert. Da der wahrgenommene Nutzen als wesentlicher Faktor für die Nutzung einer Informationstechnologie festgestellt wurde, entwickelten Davis und Venkatesh das TAM2 [34], welches in Abbildung 15 dargestellt ist. Für dieses Modell wurde versucht externe Faktoren auszumachen, die sich auf den wahrgenommenen Nutzen auswirken. Dabei spielt die subjektive Norm eine große Rolle, um die das ursprüngliche Modell erweitert wurde. Die subjektive Norm beschreibt die Bewertung anderer. Schätzt eine Person selbst die Nutzung einer bestimmten Technologie als positiv ein und glaubt außerdem, dass für sie wichtige Personen in ihrem Umfeld die Nutzung ebenfalls positiv bewerten, steigert das die Intention die Informationstechnologie zu nutzen. Je nach Anzahl oder Wichtigkeit der relevanten Bezugspersonen wirkt sich die subjektive Norm mehr oder weniger stark auf die Nutzungsabsicht einer Person aus. In Fällen besonders starker Bindung oder Zugehörigkeit zu einer Gruppe kann die Nutzungsabsicht einer Person sogar vollständig durch die Meinung der Anderen bestimmt und die eigene Einstellung für die Vorhersage der Nutzung außer Acht gelassen werden.

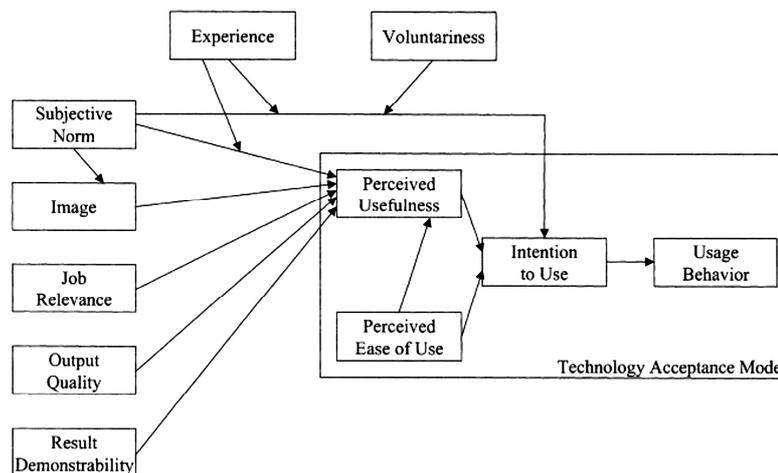


Abbildung 15: TAM-Erweiterung TAM2 [34]

Wie bei TAM2 für den wahrgenommenen Nutzen geschehen, ermittelte Venkatesh auch die Faktoren, für die wahrgenommene Bedienbarkeit [35]. Er teilt die Determinanten in Anker und Angleichungen auf. Die Anker stehen sozusagen für die Grundüberzeugung einer Person. Hierzu gehören die Selbstwirksamkeit (Computer Self-Efficacy), die Wahrnehmung externer

Kontrolle bzw. unterstützender Ressourcen (Perception of External Control), die Computerangst (Computer Anxiety) und die Spontantät während der Computernutzung (Computer Playfulness). Diese Überzeugungen können nicht ohne Weiteres übergangen oder verändert werden. Erst wenn die Person mit der Technologie in Kontakt kommt und sie diese nutzt, werden die Grundüberzeugungen der Person durch die neu gewonnenen Informationen über die Technologie mit der Zeit angepasst bzw. angeglichen (Adjustment). Venkatesh ist überzeugt, dass die Selbstwirksamkeit und die Wahrnehmung externer Kontrolle einen gleichbleibenden Einfluss haben, die anderen beiden Anker ihre Wirkung aber verlieren, je mehr die Technologie genutzt wird. Gleichzeitig steigt der Einfluss des wahrgenommenen Vergnügens (Perceived Enjoyment) und der objektiven Gebrauchstauglichkeit (Objective Usability) auf die wahrgenommene Bedienbarkeit der Technologie mit zunehmender Nutzung [35].

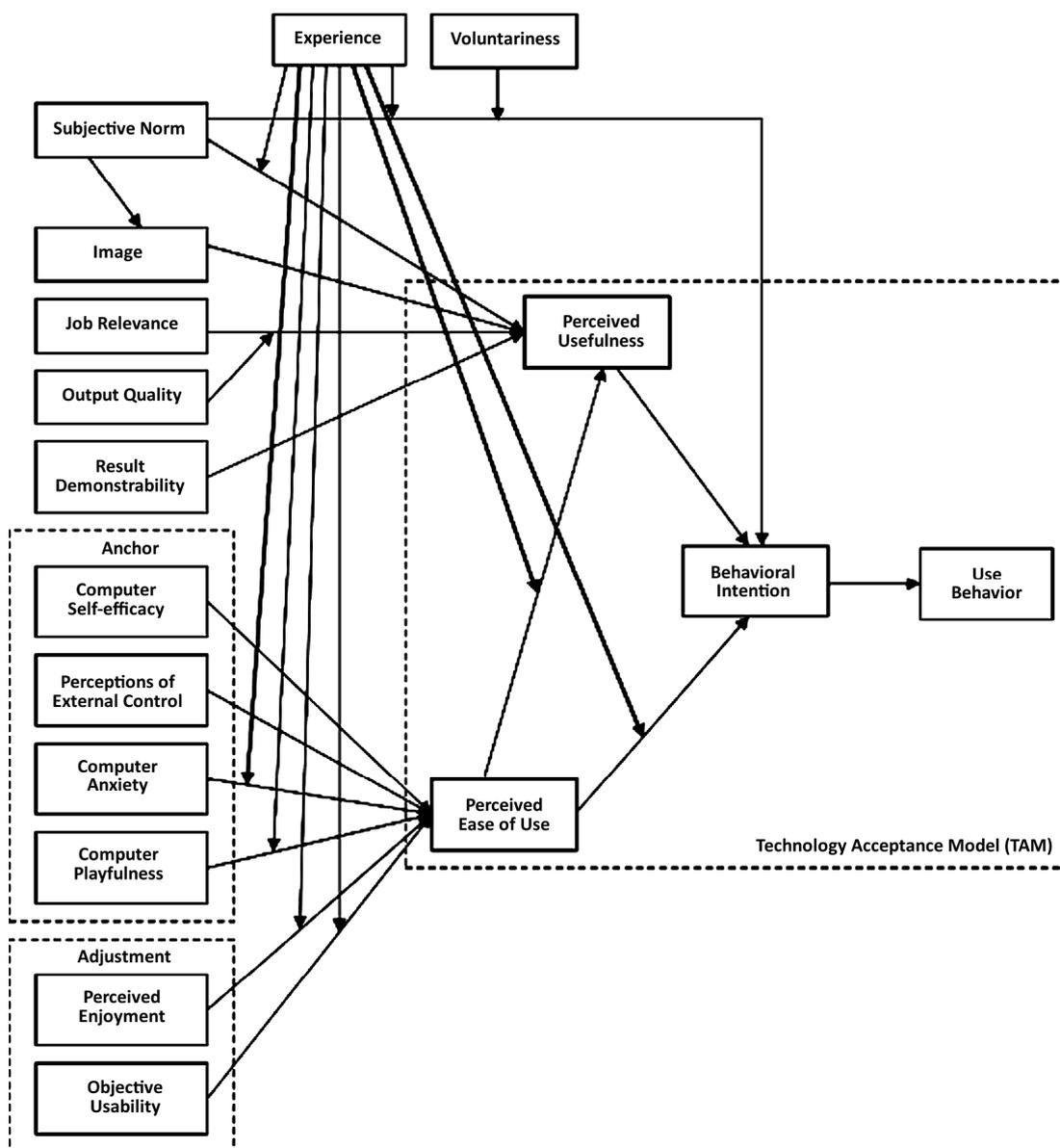


Abbildung 16: TAM2-Erweiterung TAM3 [34]

Venkatesh und Bala führten schließlich die Determinanten für den wahrgenommenen Nutzen, also das TAM2, und die Determinanten für die wahrgenommene Bedienbarkeit zum in Abbildung 16 dargestellten TAM3 zusammen [34].

Venkatesh et al. entwickelten im Jahr 2003 die Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), die in Abbildung 18 dargestellt ist. Darin werden alle wesentlichen Faktoren der acht anerkanntesten Akzeptanzmodelle berücksichtigt und zusammengefasst [36]. Die Basis bildet wie auch beim TAM oder verschiedener anderer Akzeptanzmodelle der in Abbildung 17 gezeigte Aufbau.

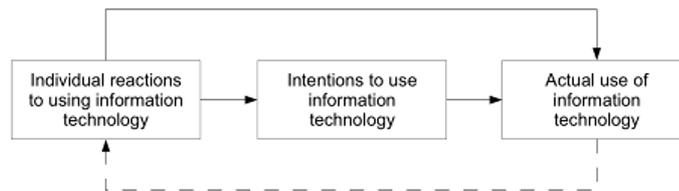


Abbildung 17: Grundlegender Aufbau von Akzeptanzmodellen [36]

Somit ist die Verwendung einer Technologie auch hier abhängig von der Nutzungsabsicht, die wiederum von mehreren Faktoren bestimmt wird. Als die vier bedeutsamsten Determinanten werden in diesem Modell der erwartete Nutzen, der erwartete Aufwand, der soziale Einfluss, sowie die erleichternde Bedienung beschrieben. Persönlichkeitsmerkmale nehmen Einfluss auf die jeweiligen Variablen. Hierzu zählen das Geschlecht, das Alter, die Erfahrung im Umgang mit Technologien und die Freiwilligkeit der Nutzung.

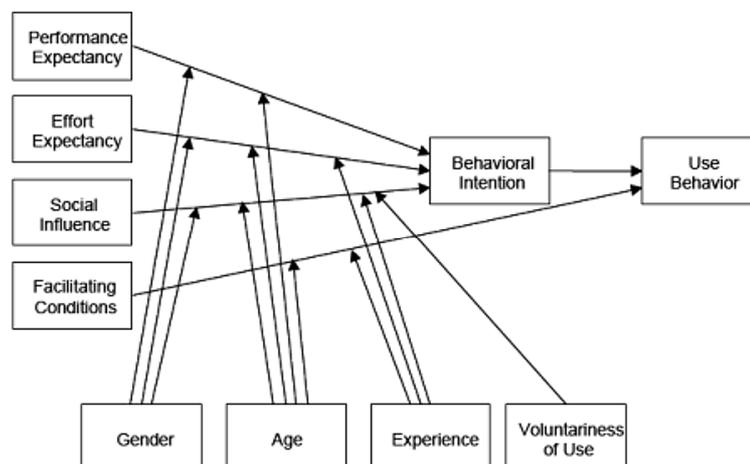


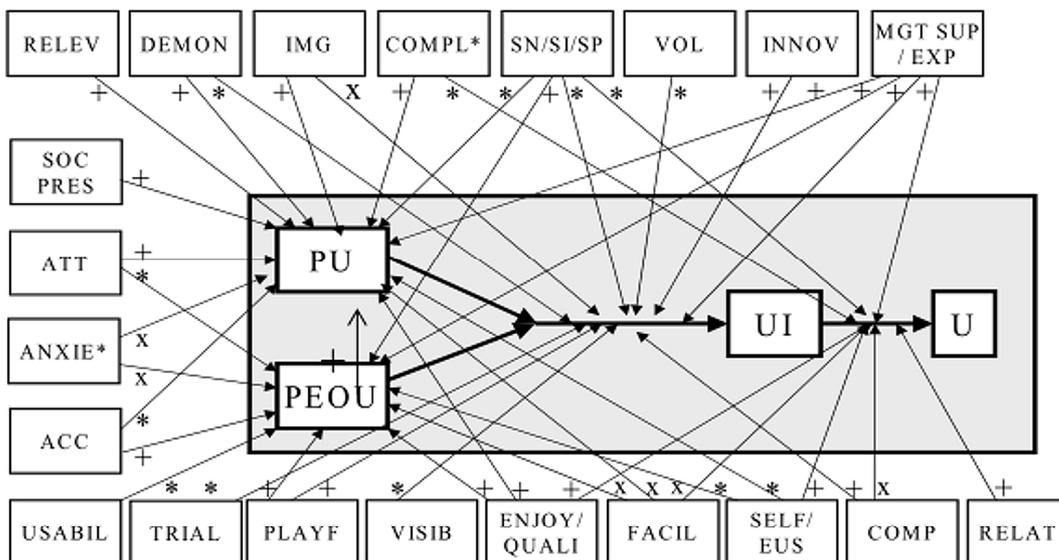
Abbildung 18: Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) [36]

Das vorgestellte Technologieakzeptanzmodell eignet sich auch für die Anwendung auf diese Arbeit, da die wichtigen Einflussfaktoren auf die Nutzung einer Technologie allgemeingültig beschrieben werden und dadurch auf verschiedenste Gebiete übertragen werden können.

3.2 Transfer auf kartenbasierte, digitale Lernspiele

Ziel ist es, mit dem entstehenden Spiel City2Challenge (C2C) eine möglichst breite Masse anzusprechen. Zu diesem Zweck werden in diesem Kapitel einzelne Faktoren des TAM erörtert und auf die bestehende Spielidee von LearnYouACity übertragen. Dadurch sollen Nutzer für das Spiel gewonnen werden, die C2C mehrmals und gegebenenfalls über einen längeren Zeitraum spielen. Dafür werden verschiedene Variablen herangezogen, die einen positiven Einfluss auf den wahrgenommenen Nutzen und die wahrgenommene Bedienbarkeit haben.

In den meisten Fällen wird das TAM nicht, wie von Davis ursprünglich erarbeitet, angewendet [37], da für verschiedene Anwendungen bzw. verschiedene Informationstechnologien jeweils unterschiedliche externe Variablen wichtig sind. Folglich wurde das TAM immer wieder um neue externe Variablen ergänzt oder diese zumindest an das jeweilige System angepasst. Abbildung 19 zeigt die meist referenzierten Variablen und wie sie auf die Faktoren des TAM einwirken.



ACC: Accessibility, ANXIE: Anxiety, ATT: Attitude, COMP: Compatibility, COMPL: Complexity, DEMON: Result Demonstrability, ENJOY: Perceived Enjoyment, EUS: End User Support, EXP: Experience, FACIL: Facilitating Conditions, IMG: Image, RELEV: Job Relevance, MGT SUP: Managerial Support, PLAYF: Playfulness, INNOV: Personal Innovativeness, RELAT: Relative Advantage, SELF: Self-Efficacy, SI/SN/SP: Social Influence, Subjective Norms, and Social Pressure, SOC PRES: Social Presence, TRIAL: Trialability, USABIL: Usability, VISIB: Visibility, VOL: Voluntariness

*: mixed, +: significant, x: insignificant relationship

Abbildung 19: Einige externe Variablen und deren Einfluss auf die Faktoren des TAM [38]

Nicht alle Variablen, die sich auf die Einstellung einer Person gegenüber einer Technologie auswirken und somit die Nutzungsabsicht des Systems bedingen, können durch die Technologie selbst gesteuert werden. Dazu gehören vor allem die Persönlichkeitsmerkmale eines Menschen, wie zum Beispiel das Geschlecht, das Alter, sowie die Erfahrung einer Person im

Umgang mit Technologien (EXP), aber auch das Selbstvertrauen einer Person oder deren Computerangst (ANXIE).

Andere Variablen, wie zum Beispiel die Attraktivität der Informationstechnologie, können natürlich verändert werden, lassen sich allerdings nicht allgemeingültig umsetzen, da sie je nach Nutzer unterschiedlich bewertet werden.

Für C2C stehen einige technische Systemeigenschaften und zudem Merkmale, die für das spielerische Lernen an sich von Bedeutung sind, im Vordergrund. Diese Merkmale orientieren sich zum Teil an den Variablen, die für das TAM für Serious Games von Yusoff et al. herangezogen wurden [8]. Nachstehend werden die externen Variablen einzeln auf das Spiel C2C übertragen. Sind die jeweiligen Variablen auch in der Abbildung 19 zu finden, werden sie mit dem entsprechenden Kürzel gekennzeichnet.

Kontrolle

Der Spieler hat insoweit Kontrolle über das Spiel, als dass er bestimmte Einstellungen selbst definieren kann. Die erste Möglichkeit das Spiel zu bestimmen besteht in der Auswahl des Ortes, wo gespielt wird. Hierbei ist es nach der Eingabe des Ortes außerdem möglich, den Bereich durch Verschieben der Karte oder Ändern der Zoomstufe noch genauer einzugrenzen. Möchte der Spieler seine Ortskenntnisse exakt in diesem Bereich weiter verbessern, ist es nicht nötig die Karte beim nächsten Spiel abermals dementsprechend auszurichten, vielmehr kann der Spieler jedes einzelne Spiel mit den jeweiligen Einstellungen jederzeit auswählen und wiederholen.

Braucht der Spieler vielleicht in einem bisher fremden Ort mehr Zeit, um eine Frage zu beantworten oder kennt sich ein Spieler besonders gut in einer Gegend aus, kann er das voreingestellte Zeitlimit für das ganze Spiel beliebig verändern. So kann er selbst seine Lerngeschwindigkeit bestimmen.

Auch den Schwierigkeitsgrad kann er für jede Frage neu anpassen. Je nach ausgewähltem Schwierigkeitsgrad wird ein Raster mit 2, 4 oder 9 Rechtecken über die Karte gelegt, wodurch sich die Herausforderung verringert bzw. vergrößert.

Weiterhin ist es möglich, ein Spiel jederzeit abzubrechen und ein neues zu beginnen.

Anwendbarkeit

Es ist ohne weiteres möglich, das Gelernte auf die Realität zu übertragen, da die von OpenStreetMap zur Verfügung gestellten Daten sehr zuverlässig sind. Der Spieler kann dadurch seine Orientierung erheblich verbessern, weil er durch die Abfrage in welchem Rechteck sich eine Straße befindet, die Straße zukünftig besser einem Stadtteil oder -viertel zuordnen kann.

Feedback (DEMON)

Zu jeder Frage bekommt der Spieler eine unmittelbare Rückmeldung, ob seine Lösung richtig oder falsch ist. Im Fall eines falschen Versuchs, wird das entsprechende Rechteck kurz grau eingefärbt. Egal, ob die Frage der jeweiligen Runde erfolgreich beantwortet werden kann, wird dem Spieler nach der Runde immer die richtige Antwort angezeigt, indem die betreffende Straße rot markiert wird. Nach der letzten Runde bekommt der Spieler außerdem eine kurze Zusammenfassung über das Gesamtergebnis des Spiels.

Abgesehen davon kann der Spieler über seine gesamten Spiele ein Fazit ziehen, indem er sich seine Statistik anzeigen lässt. Dort kann er sich ansehen, wie er in vorherigen Spielen abgeschnitten hat, ob er sich gegenüber früheren Spielen verbessert oder eher verschlechtert hat und seine Ergebnisse von Spielen aus unterschiedlichen Orten vergleichen.

Belohnung

In jeder Runde wird der Spieler mit Punkten belohnt. Das Punktesystem berücksichtigt mehrere Variablen, wie den ausgewählten Schwierigkeitsgrad, die benötigte Zeit, sowie die Anzahl der Versuche, die benötigt werden, um das Rechteck zu finden, in dem die gefragte Straße liegt. Auf diese Weise soll ein Anreiz gesetzt werden weiter zu spielen und sich stetig zu verbessern.

Wettkampf (PLAYF + SOC PRES + SN/SI/SP)

Jeder Spieler kann sich außer seiner eigenen Spielestatistik auch die Bestenliste anzeigen lassen. Darin tauchen alle Spieler mit ihrer jeweils besten Wertung auf. Der Spieler kann sich also mit den übrigen Spielern messen und soll so angereizt werden, im Highscore einige Plätze vorzurücken oder sich gar an dessen Spitze zu setzen.

Entertainment (ENJOY)

Für mehr Vergnügen und Unterhaltung am Spiel sorgt beispielsweise die animierte Zeitanzeige. Brechen die letzten 3 Sekunden an, verfärbt sich die Zeit rot und wird im Sekundentakt größer und kleiner.

Eine weitere Eigenschaft des Spiels, die den Spieler unterhalten soll, ist die Meldung, die am Ende des Spiels angezeigt wird. Je nach Spielausgang werden verschiedene Meldungen ausgegeben. Braucht der Spieler zum Beispiel sehr lange, können unter anderem Meldungen wie „Auch ein blindes Huhn findet mal ein Korn“ oder „Schnelligkeit ist nicht gerade deine Stärke“ angezeigt werden. Ist der Spieler im umgekehrten Fall besonders schnell, wird beispielsweise „Das ging aber schnell!“ oder „Hast du geübt?“ angezeigt.

Komplexität (COMPL)

Das System ist dem Spiel entsprechend einfach gehalten. Prinzipiell wird der Spieler durch das Spiel geführt. Es ist möglich, ohne viele Einstellungen vorzunehmen oder eine Spielanleitung zu

lesen, direkt loszuspielen. Dem Spieler steht es jedoch frei, Änderungen bezüglich der Einstellungen durchzuführen, wie beispielsweise des Zeitlimits.

Jobrelevanz (RELEV)

Die Abfrage von Straßen in einem bestimmten Gebiet kann für das ein oder andere Berufsfeld interessant sein. Vor allem für Taxifahrer oder auch Fahrradkuriere kann dieses Spiel von Nutzen sein. Es bietet eine gute Möglichkeit, sich einen besseren Überblick über ein größeres Gebiet zu verschaffen und sich in einer Stadt besser orientieren zu können.

Erreichbarkeit (ACC)

Das Spiel ist kostenlos jederzeit nutzbar. Zur Nutzung ist keine Installation nötig und auch sonst ist der initiale Aufwand sehr gering. Der Spieler muss sich einzig und allein einloggen bzw. registrieren. Über die Möglichkeit sich über den eigenen Facebook-Account anzumelden, fällt auch die Registrierung weg, somit sind keine neuen Login-Daten erforderlich.

Kompatibilität (COMP)

Das Spiel funktioniert unter den aktuellen Versionen der Browser Mozilla Firefox und Google Chrome. Zudem ist es auf PCs und Tablets-PCs lauffähig.

Usability (USABIL)

Das Spiel ist übersichtlich gestaltet. Die Karte nimmt den größten Teil des Spielfeldes ein. Ansonsten sind die Buttons und Anzeigen angemessen groß, jedoch nicht durch überflüssige Bilder oder Animationen überladen.

Unterstützung (EUS)

Benötigt der Spieler Unterstützung oder möchte mehr über die zur Verfügung stehenden Funktionen erfahren, kann er über die Hilfe-Seite alles Wichtige zum Spiel nachlesen.

Alle beschriebenen Variablen mit ihrer jeweiligen Übertragung auf das Spiel C2C können sich positiv auf den wahrgenommenen Nutzen und die wahrgenommene Bedienbarkeit auswirken und damit letztlich auch auf die Nutzung des Spiels einen positiven Einfluss nehmen.

4. Das kartenbasierte Lernspiel

In diesem Kapitel wird zunächst das Spiel LearnYouACity vorgestellt, auf dem City2Challenge (C2C) aufbaut. Anschließend daran wird die Architektur des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Spiels beschrieben und der typische Ablauf anhand eines Diagramms aufgezeigt. Danach wird das Spiel durch ein Szenario veranschaulicht. Zum Abschluss dieses Kapitels wird kurz auf die Erweiterung des Spiels mit SAR-Bildern eingegangen.

4.1 LearnYouACity

LearnYouACity¹¹ ist ein Straßenlernspiel, welches Daten von OpenStreetMap nutzt. Das Spiel ist kostenlos und im Internet verfügbar. Der Quellcode dazu steht auf GitHub¹² zur Verfügung.

Der Spieler kann, bevor das Spiel startet, auswählen wo er spielen möchte, das heißt das Gebiet festlegen, welches die Karte zeigt. Innerhalb dieses Gebietes wird er dann nach zufällig ausgewählten Straßen gefragt. Klickt der Spieler in den richtigen Bereich, werden zwei Zoomstufen gezoomt und der Spieler muss die Straße in diesem Bereich erneut anklicken. Dies wird so lange fortgeführt bis die maximale Zoomstufe erreicht ist und die Runde damit erfolgreich gelöst wurde. Wählt der Spieler allerdings einen falschen Bereich aus, in der die Straße sich nicht befindet, ist die Runde vorbei und die Straße wird ebenfalls rot eingefärbt.

Eine Frage, die sich stellt ist, ob es sinnvoll ist, den Spieler in einem kleiner werdenden Bereich nach derselben Straße zu fragen, wenn er diese in einem größeren Bereich und damit unter schwierigeren Voraussetzungen bereits finden konnte. So kann es auch sein, dass obwohl man von Anfang an direkt auf die richtige Straße klickt, die Runde nicht beendet wird, nur weil die

¹¹ Das Spiel ist unter learnyouacity.herokuapp.com zu finden.

¹² GitHub ist eine kollaborative Versionsverwaltung für Softwareprojekte; erreichbar unter www.github.com

maximale Zoomstufe noch nicht erreicht wurde. Dieses Verhalten kann den Spieler zunächst verwirren, aber auch bald dazu führen, dass der davon genervt ist oder sich beim Spielen langweilt.

Für den Spieler ergibt sich eine weitere Problematik, da für ihn nicht zu erkennen ist, wie der „richtige“ bzw. „falsche“ Bereich definiert ist. Er weiß also nicht, ob er sich nur entscheiden muss in welcher Richtung die Straße liegt, zum Beispiel im oberen Teil der Karte oder im unteren, ob der „richtige“ Bereich kreisförmig oder vielleicht viereckig ist, oder ob er gar direkt die richtige Straße anklicken muss.

Die beiden Punkte, die kritisch zu LearnYouACity angemerkt wurden, werden bei der Entwicklung zu C2C verändert. Bei C2C wird ein Raster über die Karte gelegt, sodass für den Spieler klar ersichtlich ist, zwischen welchen Bereichen er auswählen kann. Wählt der Spieler den richtigen Bereich aus, so wird nicht weiter in die Karte gezoomt, sondern die Runde ist direkt erfolgreich beendet.

4.2 Architektur

Durch den Transfer des TAM auf das kartenbasierte Lernspiel im vorherigen Kapitel wurde festgelegt, welche Funktionalitäten das Spiel bieten soll. Die Umsetzung dieser Features steht auch bei dieser Implementierung im Vordergrund. Auch verschiedene Systemanforderungen, die für die Evaluation wichtig sind, müssen berücksichtigt werden. In diesem Kapitel wird der grundsätzliche Aufbau des entwickelten Systems beschrieben. Die gewählten Technologien werden kurz vorgestellt, sowie deren Beziehung bzw. Interaktion mit anderen Komponenten des Systems aufgezeigt.

Das Lernspiel ist mittels einer Client-Server-Architektur realisiert. Bei diesem Konzept werden die verschiedenen Programmteile auf den Client und den Server aufgeteilt. Die Auswertelogik, wie zum Beispiel die Punkteberechnung, wird clientseitig ausgeführt. Der Server protokolliert die anfallenden Daten in einer Datenbank. Die Architektur von C2C ist in Abbildung 20 dargestellt.

Der Webserver wurde mit *node.js*¹³, das unter der MIT-Lizenz zur Verfügung steht, umgesetzt. Node.js ist eine JavaScript Laufzeitumgebung, die auf hohe Skalierbarkeit spezialisiert ist. Es können gleichzeitige viele Netzwerkverbindungen mit jeweils wenig Verbrauch von Arbeitsspeicher bedient werden, da eine ereignisgesteuerte Architektur vorliegt. Node.js ist modular aufgebaut und kann somit je nach Anforderung um zusätzliche Module erweitert werden. Die Verwaltung dieser Module übernimmt der Paketmanager *npm*¹⁴.

¹³ Die offizielle Webseite der JavaScript-Laufzeitumgebung ist zu finden unter www.nodejs.org

¹⁴ Der Paketmanager npm übernimmt die Installation der Module und berücksichtigt dabei vorhandene Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Modulen. www.npmjs.com

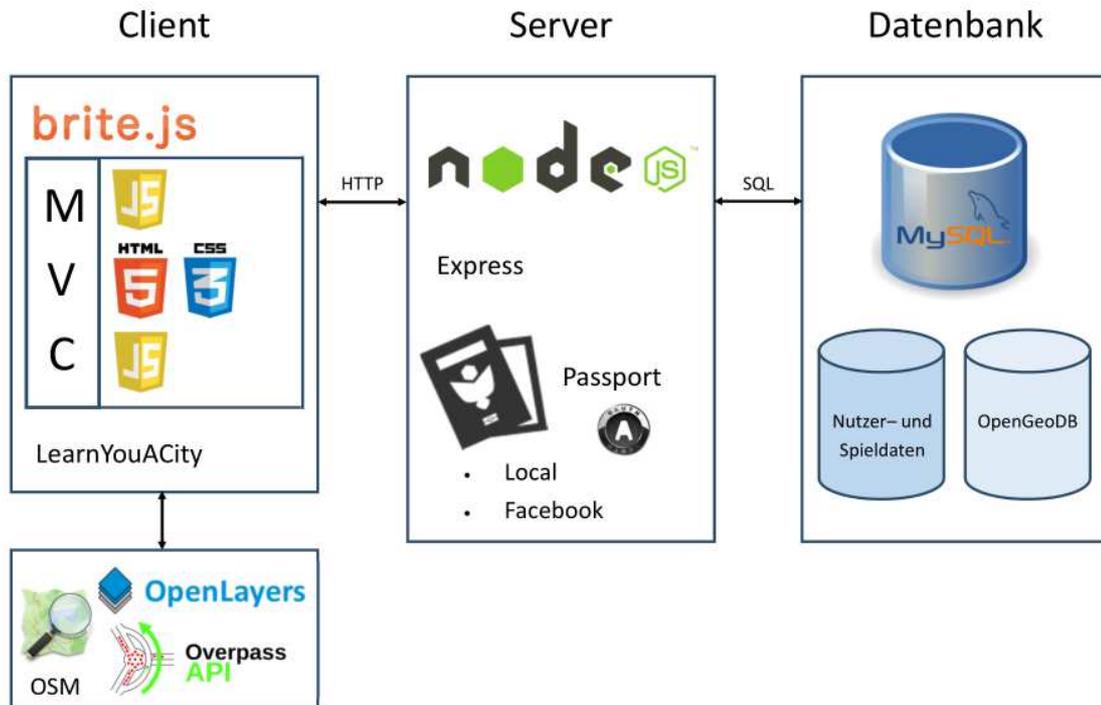


Abbildung 20: zugrundeliegende Architektur des Lernspiels C2C

Der Server hat drei Hauptaufgaben:

1. Auslieferung von Webseiten an einen Webbrowser
2. Speicherung und Bereitstellung von Datensätzen
3. Benutzerzuordnung und Sessionmanagement

Um die Daten eindeutig einem Nutzer zuzuordnen zu können, regelt der Server des Weiteren den Login. Dazu werden zwei Methoden durch das Modul *Passport*¹⁵ bereitgestellt. Die erste Variante ist ein lokaler Login, der eine Registrierung auf dem Server erfordert, die Zweite wird über die OAuth-Schnittstelle von Facebook durchgeführt. OAuth¹⁶ ist ein standardisiertes Protokoll, das eine sichere Autorisierung des Nutzers über externe Dienste ermöglicht. Mit *Passport* kann außerdem bei jeder Anfrage überprüft werden, ob der Nutzer eingeloggt ist. Diese Überprüfung wird mit Hilfe von Cookies Client-seitig umgesetzt.

Damit *Passport* eingesetzt werden kann, wird das *Express*¹⁷-Framework benötigt. Dieses stellt außerdem weitere hilfreiche Funktionen zur Verfügung und kann ebenfalls modular erweitert werden. Es wurden Module eingebunden, die den Umgang mit Cookies regeln, POST-Anfragen des Clients in Objekte umwandeln und im Zusammenhang mit den Cookies das Sessionmanagement mit *Passport* ermöglichen. Außerdem stellt *Express* eine einfache

¹⁵ Passport ist ein Modul für node.js, welches verschiedene Authentifizierungsmethoden unterstützt. Die offizielle Seite ist zu finden unter www.passportjs.org

¹⁶ OAuth steht für Open Authentication.

¹⁷ Express ist ein kleines Framework für die Server-seitige Webentwicklung mit node.js. Es ist auf eine hohe Performance ausgelegt. Die offizielle Seite ist zu finden unter www.expressjs.com

Definitionsmöglichkeit für beliebige HTTP-Routen bereit, welche die Implementierung eines RESTful-Webservices erleichtert.

Für die Speicherung von Daten wird eine relationale Datenbank eingesetzt. Somit wird die spätere Evaluation durch gezielte Datenbankabfragen erleichtert. Hierzu wird MySQL genutzt, welches auch bei größeren Datenmengen, wie OpenGeoDB, keine Performance-Einbrüche hat.

Die Anbindung der Datenbank an den Server erfolgt durch das Modul *mysql*¹⁸. Über diese Datenbankanbindung werden die Daten vom Client direkt in die Datenbank gespeichert bzw. entsprechende Daten auf Anfrage des Clients aus der Datenbank geholt und zurückgeschickt.

Als weitere Aufgabe liefert der Webserver HTML, CSS und JavaScript aus. Als Client bietet sich somit jeder moderne Browser an. HTML5 eignet sich für die Beschreibung der semantischen Struktur einer Webseite. CSS3 wird für die visuelle Darstellung der Seiteninhalte genutzt. Die eigentliche Logik ist in JavaScript programmiert. Diese wird mit der *JQuery*¹⁹-Bibliothek ergänzt, um den JavaScript-Funktionsumfang mit einigen praktischen Funktionen zu erweitern, unter anderem einfachere *AJAX*²⁰-Abfragen und Elementselektoren. *AJAX* wird genutzt, um asynchrone Datenübertragung zwischen Browser und Server zu ermöglichen. Dadurch können einzelne Teile der Seite dynamisch verändert werden ohne einen vollständigen Seitenaufbau durchführen zu müssen.

Die Client ist nach dem *MVC*-Konzept implementiert. Bei diesem Konzept wird die Anwendung in drei Komponenten strukturiert, um sie flexibel zu halten und spätere Änderungen zu erleichtern. Die Programmeinheiten sind das Datenmodell (Model), die Präsentation (View) und die Programmlogik (Controller). Dieses Muster wird mit dem Framework *brite.js*²¹ umgesetzt. Es bietet die wichtigsten Funktionen für Umsetzung des *MVC*-Konzepts. Teil dessen ist auch, dass jeder Inhalt mit *AJAX* nachgeladen wird. Die *brite.js* Bibliothek steht unter der MIT-Lizenz zur freien Verfügung.

Das Datenmodell ist auf Konsistenz ausgelegt. Der Client hält keine Daten, sondern holt sich die benötigten Daten mittels *AJAX* vom Server und verarbeitet diese in den sogenannten DAO-Handlers (Data Access Object). Ebenso werden anfallende Daten direkt auf dem Server gespeichert.

¹⁸ Das Modul *mysql* ist ein node.js-Konnektor für die Anbindung an eine MySQL-Datenbank. Es ist zu finden unter www.github.com/felixge/node-mysql

¹⁹ Die JavaScript-Bibliothek ist unter der MIT-Lizenz lizenziert. Es stellt Funktionen zu Verfügung, die genutzt werden, um das Programmieren im Browser mit JavaScript zu vereinfachen. Die offizielle Seite ist zu finden unter www.jquery.com

²⁰ *AJAX* steht für Asynchronous JavaScript and XML.

²¹ Das Framework ist ausgelegt auf eine hohe Performance und dabei optimiert auf eine minimale Codebasis. Die offizielle Seite ist zu finden unter www.britejs.org. Die Bibliothek steht unter der MIT-Lizenz zur freien Verfügung.

Das Grundgerüst der Darstellung ist in Template-Dateien festgehalten. Mittels der *Handlebars*²²-Bibliothek werden diese bei Bedarf Client-seitig mit Variablen dynamisch aufbereitet. Zusätzlich werden für jedes Template entsprechende Stylesheet-Dateien geladen. Außerdem wurden Icons aus der *Font Awesome*²³ Sammlung genutzt und ein Theme aus *JQueryUI*²⁴, eine Erweiterung für *JQuery*, die auf grafische Benutzerschnittstellen ausgelegt ist.

Die Programmlogik baut die Seite auf, reagiert auf die Aktionen des Nutzers und stößt entsprechende Prozesse an. Die eigentliche Spiellogik ist in separaten Dateien implementiert, sodass diese für unterschiedliche Ausprägungen des Spiels verwendet werden kann.

Die Karte für das Spielfeld für C2C wird mit *OpenLayers*[39] in der Version 2.13.1 angezeigt. Die Daten dazu werden über die *OverpassAPI* von *OpenStreetMap* geladen.

²² Handlebars ist eine Template-Engine. Die offizielle Seite ist zu finden unter www.handlebarsjs.com

²³ Unter fontawesome.github.io/Font-Awesome wird die Icon-Sammlung zur freien Verfügung gestellt.

²⁴ JQueryUI ist eine Funktionserweiterung für JQuery, die auf Benutzeroberflächen spezialisiert ist. Die offizielle Seite ist zu finden unter www.jqueryui.com

4.3 Typischer Ablauf

In Abbildung 21 werden die logischen Schritte des Spielablaufs ab dem eigentlichen Spielstart, also sobald der Nutzer auf die Starten-Schaltfläche geklickt hat, bis zum Spielende dargestellt.

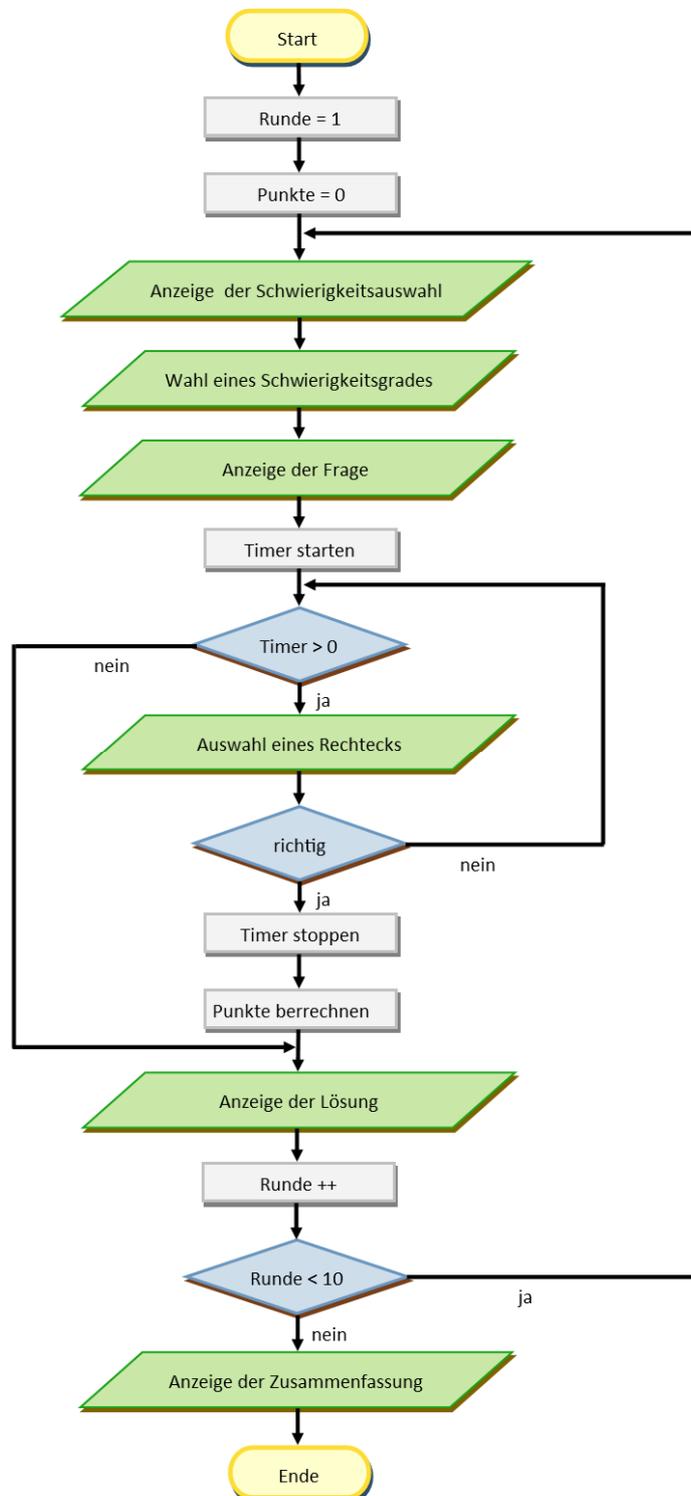


Abbildung 21: Flussdiagramm zum typischen Ablauf des Spiels

4.4 Szenario

1. Die Startseite von City2Challenge wird aufgerufen (Abbildung 22). Der Spieler hat die Möglichkeit sich zu registrieren, einzuloggen oder sich mit seinem Facebook-Account anzumelden.

CITY 2 CHALLENGE



Abbildung 22: Startseite von City2Challenge (C2C)

2. Ist der Spieler angemeldet, wählt er über die Buttons eine Stadt aus. Optional kann er einen anderen Ort suchen, indem er das Eingabefeld rechts neben den vorausgewählten Städten nutzt (Abbildung 23). Hat er den gewünschten Kartenausschnitt durch Verschieben und Zoomen ausgewählt, klickt er auf „Starten“ und das Spiel beginnt.

CITY 2 CHALLENGE

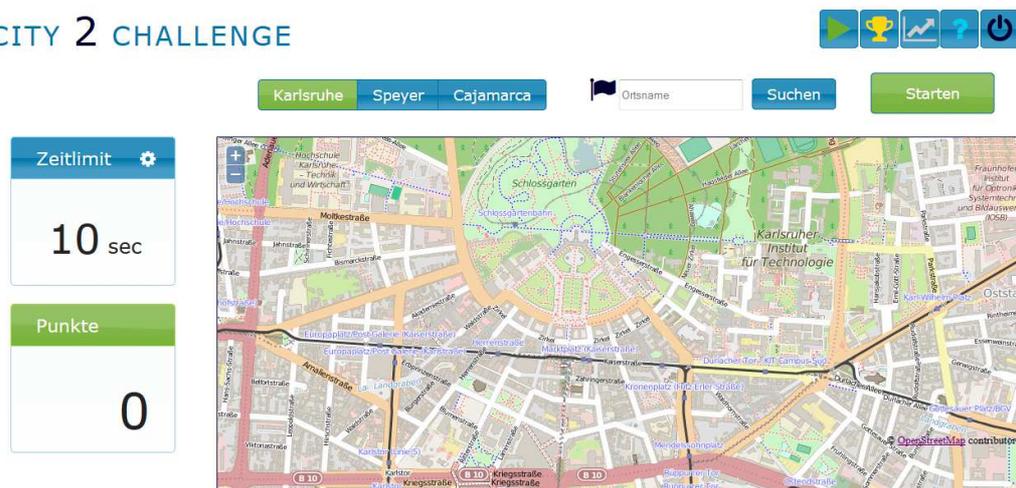


Abbildung 23: C2C bei der Ortsauswahl

3. Im nächsten Schritt wählt der Spieler den Schwierigkeitsgrad aus (Abbildung 24).

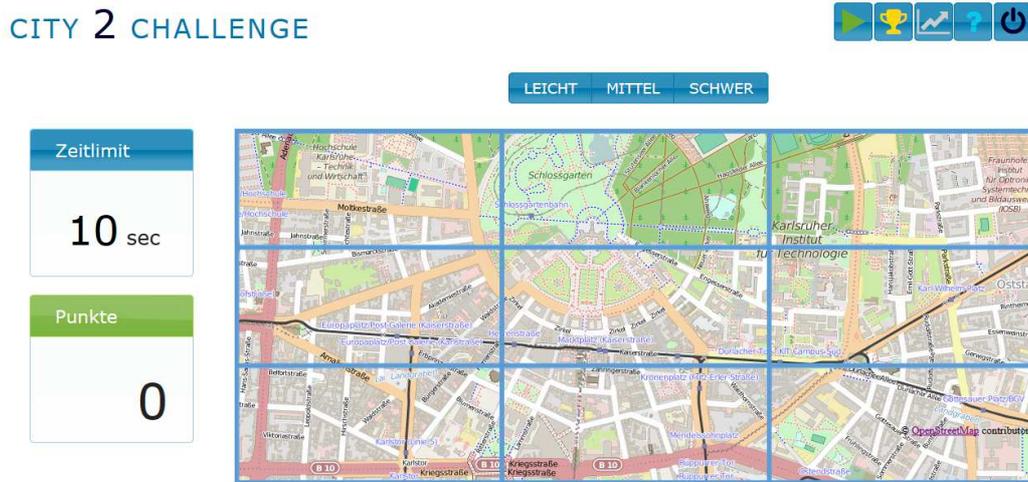


Abbildung 24: C2C bei der Auswahl der Schwierigkeit

4. Eine Frage wird angezeigt und der Spieler muss das Rechteck, in dem sich die gefragte Straße befindet, anklicken.
 - a. Wählt er das falsche Rechteck aus, färbt sich das entsprechende Rechteck einen Moment grau, wie es in Abbildung 25 zu sehen ist und der Spieler kann es erneut versuchen.

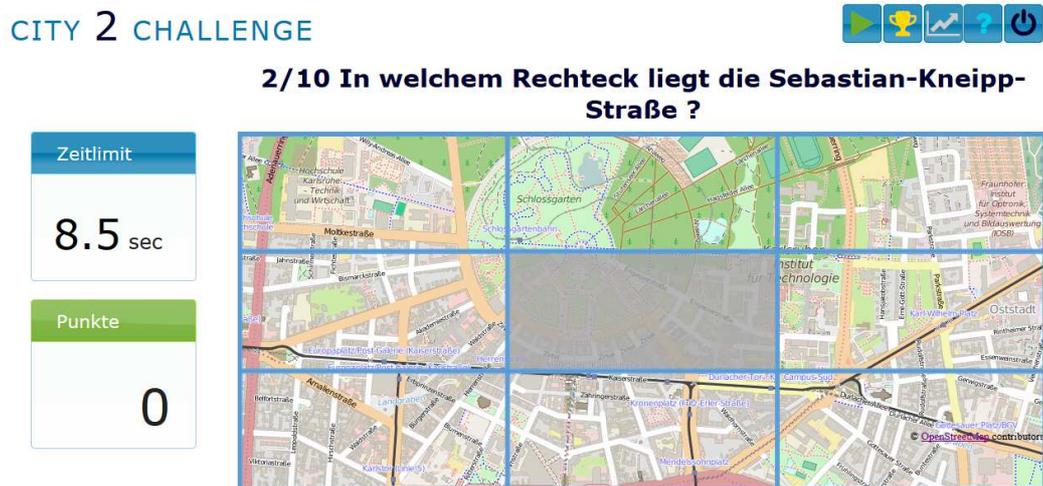


Abbildung 25: C2C bei Auswahl des falschen Rechtecks

- b. Läuft das Zeitlimit ab, ohne dass der Spieler das richtige Rechteck gefunden hat, wird die gefragte Straße rot markiert und die Runde beendet (Abbildung 26).

CITY 2 CHALLENGE



Dafür hast du zu lange gebraucht! Zeit abgelaufen! Zum Fortsetzen klicken.

Zeitlimit	
0.0 sec	
Punkte	
0	

Abbildung 26: C2C bei Ablauf der Zeit

- c. Wählt er das richtige Rechteck aus, wird die gefragte Straße rot markiert (Abbildung 27).

CITY 2 CHALLENGE



Richtig! Hier liegt die Karl-Wilhelm-Straße. Zum Fortsetzen klicken.

Zeitlimit	
8.0 sec	
Punkte	
47	

Abbildung 27: C2C bei Auswahl des richtigen Rechtecks

5. Mit einem Klick auf das grüne Play-Symbol, kann der Spieler jederzeit ein neues Spiel beginnen (Abbildung 28).



Abbildung 28: Dialog zum Beginnen eines neuen Spiels

6. Die Bestenliste wird angezeigt, indem der Spieler auf den Pokal klickt (Abbildung 29).



Abbildung 29: Anzeige der Bestenliste

7. Die Übersicht über die eigenen Spiele wird angezeigt, indem der Spieler auf den Chart-Button klickt (Abbildung 30).

CITY 2 CHALLENGE 

Spielübersicht

Zeitlimit

10 sec

Punkte

0

Nr.	Zeit	Versuche	Punkte	Ort	
1	42.5 sec	25	107	Karlsruhe	
2	41.3 sec	21	103	Speyer	
3	10.0 sec	0	abgebrochen	Speyer	
4	10.0 sec	0	abgebrochen	Speyer	
5	49.7 sec	38	261	Karlsruhe	
6	77.8 sec	53	86	Speyer	
7	43.6 sec	29	56	Speyer	
8	34.2 sec	20	114	Karlsruhe	
9	67.4 sec	7	abgebrochen	Karlsruhe	
10	38.1 sec	25	155	Karlsruhe	

Abbildung 30: Anzeige der Spielübersicht eines Spielers

8. Der Spieler gelangt über das Fragezeichen zur Hilfeseite (Abbildung 31).

CITY 2 CHALLENGE 

Hilfe

Zeitlimit

10 sec

Punkte

0

Menüleiste

- Mit kannst du jederzeit ein neues Spiel starten.
- Ob du unter den zehn besten Spielern bist erfährst du, wenn du auf klickst.
- Eine Übersicht deiner Spiele findest du unter .
- Über kannst du dich ganz einfach wieder ausloggen.

Ort auswählen

Bei jedem neuen Spiel kannst du über die Buttons auswählen, in welchem Ort du spielen willst. Du kannst aber auch über das Eingabefeld jeden anderen Ort in Deutschland auswählen. Die Karte kannst du noch ein wenig verschieben und etwas rein- oder rauszoomen. Sobald du allerdings auf den Startbutton klickst, lässt sich die Karte nicht mehr verändern. Wenn du nochmal mit den gleichen Einstellungen im selben Ort spielen möchtest, kannst du einfach auf deine Spielübersicht gehen und die entsprechende Zeile über das Startpfeil in der letzten Spalte auswählen.

Zeitlimit einstellen

Ist dir das Zeitlimit zu kurz oder vielleicht zu lange? Du kannst das Zeitlimit für jedes Spiel erneut festlegen, indem du auf das Zahnrad klickst und dann über die Pfeile und dein Wunschlimit einstellst.

Tipp

Je schneller du in das richtige Rechteck klickst und je höher dein gewählter Schwierigkeitsgrad ist, desto mehr Punkte kannst du bekommen. Aber Achtung: Brauchst du sehr viele Versuche, um das richtige Rechteck auszuwählen, kannst du nicht mehr so viele Punkte erreichen.

Viel Spaß beim Spielen!

Abbildung 31: Anzeige der Hilfeseite von C2C

9. Loggt der Spieler sich aus, wird wieder die Startseite angezeigt.

4.5 SAR-Erweiterung

Das Fraunhofer IOSB beschäftigt sich mit technologiegestützten Lernkonzepten, die Bildauswerter bei ihrer Arbeit unterstützen. Bei den auszuwertenden Bildern handelt es sich unter anderem auch um SAR-Bilder. Diese speziellen Radarbilder bieten einige Vorteile bei atmosphärischen Störungen [4], weisen aber auch eine Reihe von Effekten auf, die die

Auswertung der Bilder deutlich erschwert. Die beispielhafte Gegenüberstellung von Abbildung 32 und Abbildung 33, in denen derselbe Bereich zu sehen ist, macht den enormen Unterschied zwischen optischen Bildern und SAR-Bildern klar.



Abbildung 32: Optisches Bild der Harbor Area in Sydney, Australien (©Google Inc. [40])

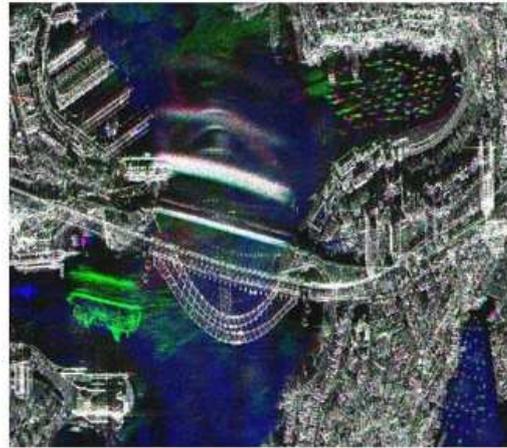


Abbildung 33: Radarsignatur desselben Bereichs (©Infoterra GmbH [40])

Um Objekte auf einem SAR-Bild identifizieren zu können, ist daher viel Übung notwendig. Aus diesem Grund ist eine Erweiterung des Lernspiels C2C mit SAR-Bildern von Interesse.

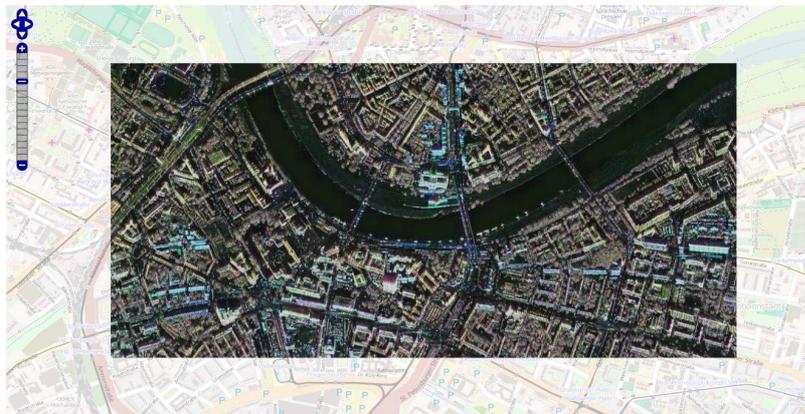


Abbildung 34: SAR-Bilder über die Karte von OpenStreetMap gelegt

Um SAR-Bilder über die eigentliche Karte des Spielfeldes legen und richtig positionieren zu können, wie es in Abbildung 34 zu sehen ist, müssen die SAR-Bilder zunächst in sogenannte Kacheln zerteilt werden, sodass die Bilder mit Hilfe von OpenLayers eingebunden werden können. Die Kacheln sind jeweils 256 x 256 Pixel groß und werden nach der sogenannten Mercator Projektion auf der Karte positioniert.

Bei der Mercator Projektion wird die Welt ebenfalls in Kacheln unterteilt. Bei der Zoomstufe 0 besteht die ganze Welt aus einer einzigen Kachel. Mit jeder Erhöhung der Zoomstufe werden aus einer Kachel vier neue und diese in geographischer Länge und Breite durchnummeriert. In Abbildung 35 ist beispielsweise die Aufteilung der Welt in der zweiten Zoomstufe zu sehen.

Nach dem gleichen Schema müssen auch die Bilder, die letztendlich über die Karte gelegt werden sollen, in Kacheln aufgeteilt werden (Abbildung 36).

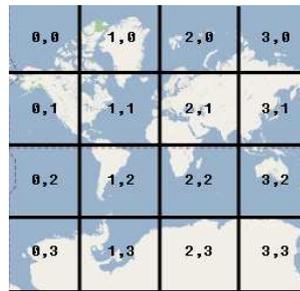


Abbildung 35: Aufteilung der Welt bei der Mercator Projektion [41]

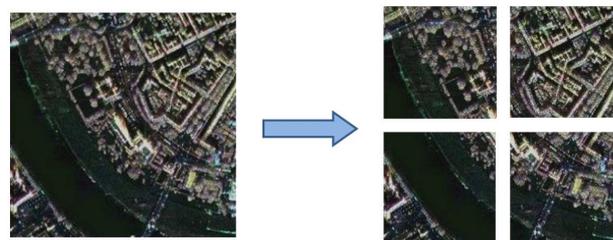


Abbildung 36: Aufteilen einer Kachel in vier weitere für die nächste Zoomstufe

Ein eigens entwickelter Prototyp setzt diese Funktionalität um und generiert zu einem gegebenen Bild und der Angabe der entsprechenden Koordinaten Kacheln für die gewünschten Zoomstufen. Wurden die Kacheln aus dem gegebenen Bildmaterial erzeugt, können sie auf dem Webserver gespeichert und so in das Spiel eingebunden werden. In Abbildung 37 ist das Lernspiel C2C mit der SAR-Erweiterung zu sehen.

CITY 2 CHALLENGE



Richtig! Hier liegt der Rathenauplatz. Zum Fortsetzen klicken.

Zeitlimit

4.9_{sec}

Punkte

93

Abbildung 37: C2C mit SAR-Bildern

5. Evaluation

In diesem Kapitel wird die durchgeführte Evaluation mit echten Spielern beschrieben, die das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Spiel C2C genutzt hatten. Dazu wurden Nutzungsdaten gesammelt, ausgewertet und diskutiert.

5.1 Planung

Auf Basis des Technologieakzeptanzmodells wurde das Spiel um einige Features erweitert. Nun wurde evaluiert, wie diese Funktionalitäten von den Spielern angenommen bzw. genutzt wurden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen als Handlungsempfehlungen für Verbesserungen bzw. Erweiterungen oder mögliche Folgeprojekte dienen.

Folgende Fragen zur Akzeptanz und Nutzung der hinzugefügten Features wurden gestellt:

- a) Nutzen die Spieler nur die Orte aus der Vorauswahl?
- b) Nutzen die Spieler die Möglichkeit das Zeitlimit zu verändern?
- c) Nutzen die Spieler die Möglichkeit den Schwierigkeitsgrad vor jeder Frage neu festzulegen?
- d) Lassen sich die Spieler ihre Statistik anzeigen?
- e) Lassen sich die Spieler die Bestenliste anzeigen?

Außerdem wurde das Spielerverhalten je nach Eigenschaft der abgefragten Straße analysiert, um Rückschlüsse für das spielerische Lernen zu ziehen. Dabei wurde die Länge der Straße als unabhängige Variable genutzt. Die nachzugehende Fragestellung lautet in diesem Fall:

- f) Werden längere Straßen von den Spielern schneller gefunden als kurze?
- g) Benötigen die Spieler weniger Versuche, um längere Straßen zu finden als kurze?

Die Datenerhebung erfolgte auf zwei Arten, um entsprechende Spieldaten sammeln zu können und diesen Fragen nachzugehen. Zum einen wurden Protokollnachrichten produziert, die die wichtigen Klicks der Spieler registrierten, beispielsweise wenn sie sich die Bestenliste anzeigen ließen. Zum anderen wurden die Spieldaten an sich in einer Datenbank gespeichert.

An dieser Stelle sei auch das Punktesystem erklärt. Die Summe über die Rundenpunkte der zehn Runden eines Spiels ergibt die Gesamtpunktzahl eines Spiels, die in der Bestenliste aufgeführt wird. In die Bestenliste werden somit nur beendete Spiele aufgenommen. In die Berechnung der Rundenpunkte fließen mehrere Variablen ein. Die Formel für die Berechnung ist wie folgt:

$$Punkte = \sum_{n=1}^{10} \left[\frac{Schwierigkeitsgrad_n \times 20}{1 + (Zeitlimit - Restzeit_n) \times Versuche_n^{1,2}} \right]$$

Der Wert des Schwierigkeitsgrades entspricht der Anzahl der Rechtecke, zwischen denen der Spieler auswählen muss. Diese Variable kann also die drei Werte 2, 4 und 9 annehmen. Je höher der Schwierigkeitsgrad gewählt wurde, desto mehr Punkte können auch erreicht werden. Der Faktor 20 wird eingesetzt, um den Spieler durch höhere Punktzahlen stärker zu motivieren.

Aber auch die benötigte Zeit und die benötigten Versuche, um die Frage zu lösen, spielen bei der Punkteberechnung eine Rolle. Je schneller ein Spieler die gegebene Frage löst, desto mehr Punkte und je mehr Versuche er braucht, desto weniger Punkte bekommt er. Spieler, die gewissenhaft versuchen die Aufgabe zu lösen und damit möglicherweise etwas langsamer sind als andere, die einfach schnell drauf los raten, sollen bei der Bewertung nicht so stark benachteiligt werden. Daher wird die Anzahl der benötigten Versuche gewichtet, indem sie mit 1,2 potenziert wird. Außerdem wird zum Nenner 1 addiert, damit keine Nulldivision zu Stande kommt.

Die Rundenpunkte werden jeweils abgerundet, damit das Ergebnis eine ganze Zahl ist.

Im Falle, dass die Restzeit den Wert 0 enthält, das heißt der Spieler die Frage nicht innerhalb des eingestellten Zeitlimits lösen konnte, erhält der Spieler für diese Runde keine Punkte.

5.2 Durchführung

Für die Durchführung des Experiments wurde der node.js-Server mit *forever*²⁵ gestartet. Falls es zu einem Serverabsturz kommen sollte, wurde durch dieses *forever* das entsprechende Skript neu ausgeführt. Somit konnte sichergestellt werden, dass die Server-Komponente permanent lief.

²⁵ Forever ist ein einfaches Command Line Tool, um node.js-Programme konstant zu überwachen und gegebenenfalls neu zu starten. Das Werkzeug ist zu finden unter github.com/foreverjs/forever

Innerhalb eines Monats spielten Freunde, Verwandte und Bekannte auf freiwilliger Basis das entwickelte Spiel (Abbildung 38 und Abbildung 39).



Abbildung 38: Testpersonen beim Spielen von C2C auf dem Tablet-PC

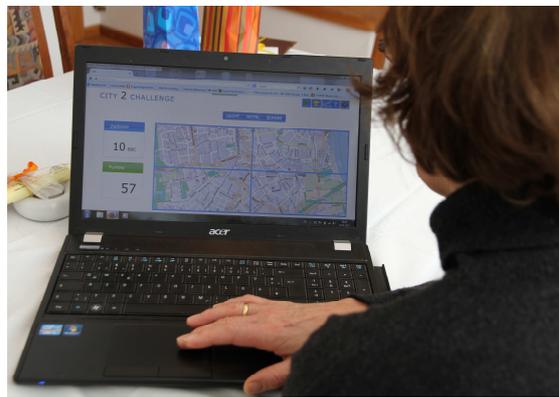


Abbildung 39: Testpersonen beim Spielen von C2C am Laptop

5.3 Ergebnis

Insgesamt haben sich während der Evaluationsphase 33 Personen angemeldet. 25 davon beendeten mindestens ein Spiel erfolgreich. Der Spieler mit 13 Punkten steht dabei an letzter Stelle der Bestenliste. 615 war die höchste erreichte Punktzahl. Begonnen wurden insgesamt 164 Spiele, 50 davon wurden abgebrochen. Durchschnittlich wurden bei den beendeten Spielen 222 Punkte erreicht.

Ortsauswahl

Außer in den Orten, die in der Vorauswahl zur Verfügung standen, nämlich Cajamarca, Karlsruhe und Speyer, wurde in 7 weiteren Orten gespielt. In Speyer wurden mit 103 Spielen mit Abstand die meisten Spiele begonnen. Die Stadt Karlsruhe wurde am zweithäufigsten als Spielfeld genutzt (Abbildung 40).

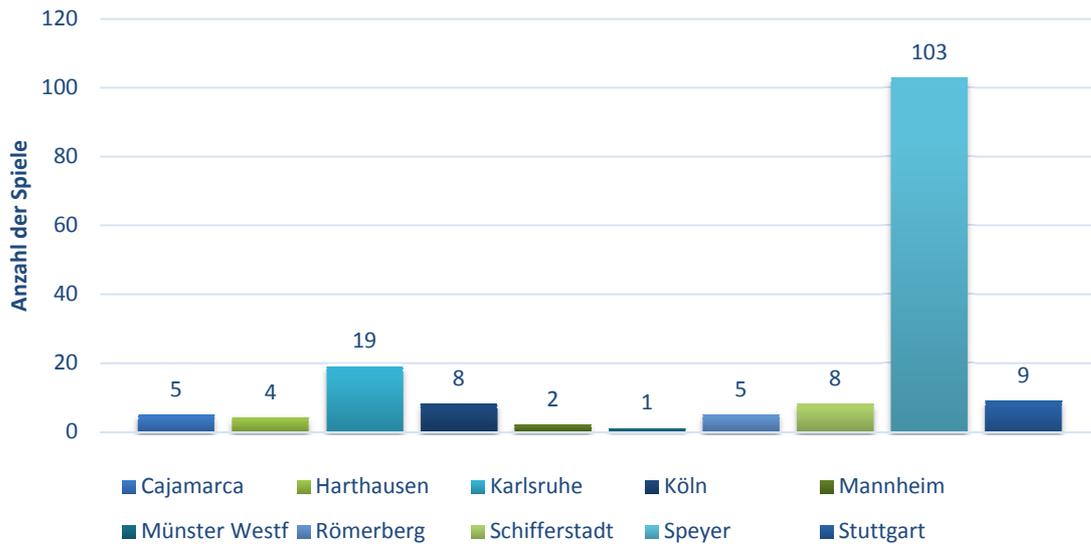


Abbildung 40: Zeigt welche Städte wie häufig ausgewählt wurden

Einstellung des Zeitlimits

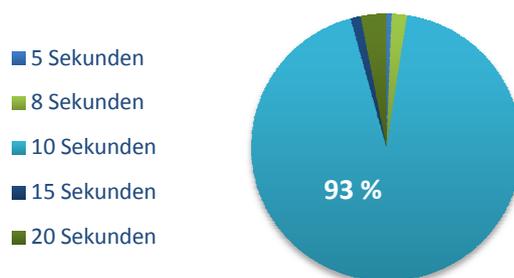


Abbildung 41: Zeigt welche Zeitlimits wie oft eingestellt wurden

Das Zeitlimit blieb beim Großteil der Spiele unverändert. Bei insgesamt 4 Spielen setzten die Spieler das Zeitlimit auf 5 bzw. 8 Sekunden herunter, in 7 Spielen wurde es auf 15 bzw. 20 Sekunden erhöht (Abbildung 41).

Einstellung des Schwierigkeitsgrades

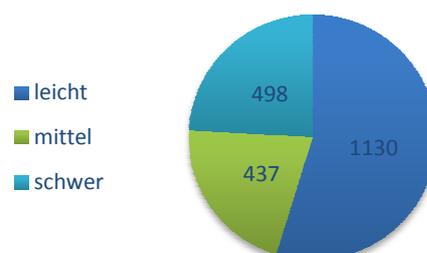


Abbildung 42: Häufigkeitsverteilung der Auswahl des Schwierigkeitsgrades

In Abbildung 42 kann man erkennen, dass für mehr als die Hälfte der Fragen der niedrigste Schwierigkeitsgrad von den Testpersonen ausgewählt wurde. Zu 21 % wurde der mittlere und zu 24 % der höchste Schwierigkeitsgrad ausgewählt.

In 81 von 114 beendeten Spielen, wurde für jede Runde innerhalb eines Spiels der gleiche Schwierigkeitsgrad ausgewählt. Das heißt, nur in knapp 29 % der Fälle wurde der Schwierigkeitsgrad während des Spiels angepasst.

Bestenliste und Statistikanzeige

- Ungefähr 65,63 % der Spieler, die mindestens ein Spiel gespielt haben, ließen sich auch mindestens einmal die Bestenliste aller Spieler anzeigen.
- 68,75 % der Spieler, die mindestens ein Spiel gespielt haben, ließen sich auch mindestens einmal ihre Statistik anzeigen.

Je mehr Spiele von einem Spieler gestartet wurden, desto öfter wurden auch jeweils die eigene Statistik und vor allem die Bestenliste aufgerufen (Abbildung 43 und Abbildung 44).

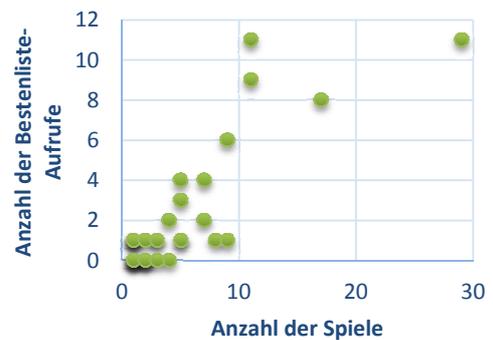


Abbildung 43: Anzahl der Spiele im Verhältnis zur Anzahl der Statistikaufrufe

Abbildung 44: Anzahl der Spiele im Verhältnis zur Anzahl der Bestenliste-Aufrufe

Länge der Straße

In Bezug auf die Zeit lässt sich, wie man in Abbildung 45 sehen kann, keine Korrelation zur Länge der Straße feststellen. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson beläuft sich auf $-0,078$. Dieser Wert bedeutet, dass die Zeit und die Länge der Straße nicht linear voneinander abhängen.

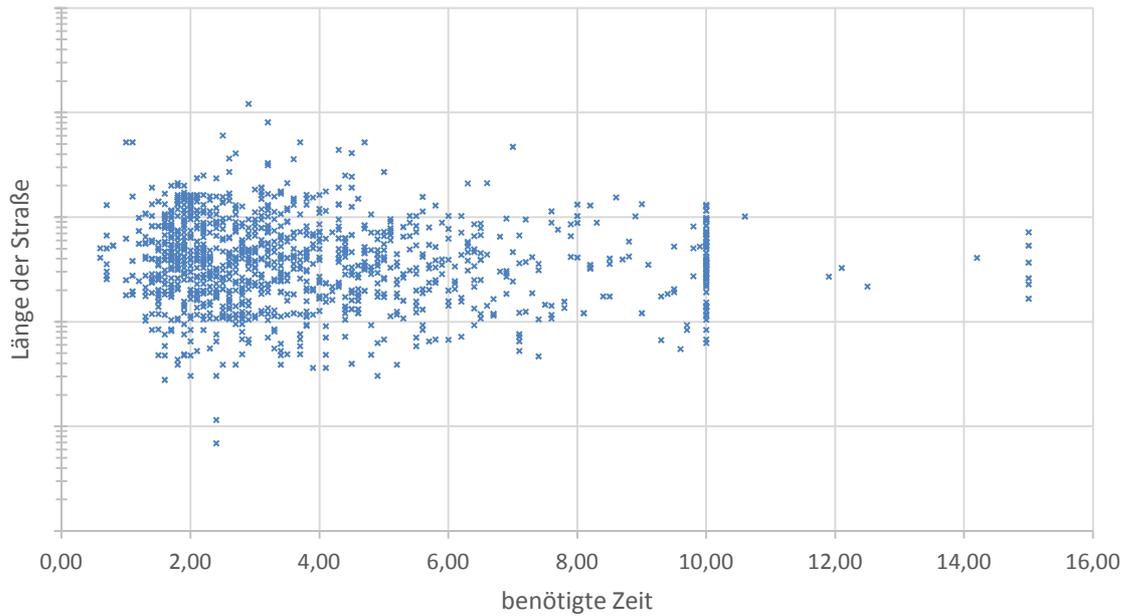


Abbildung 45: Länge der Straße im Verhältnis zur benötigten Zeit

Untersucht man die Anzahl der Versuche, die benötigt werden, um das richtige Rechteck zu finden, ist wiederum keine Korrelation festzumachen (Abbildung 46). Hier beträgt der Korrelationskoeffizient $-0,058$ und lässt somit auf keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Versuche und der Länge der Straße schließen.

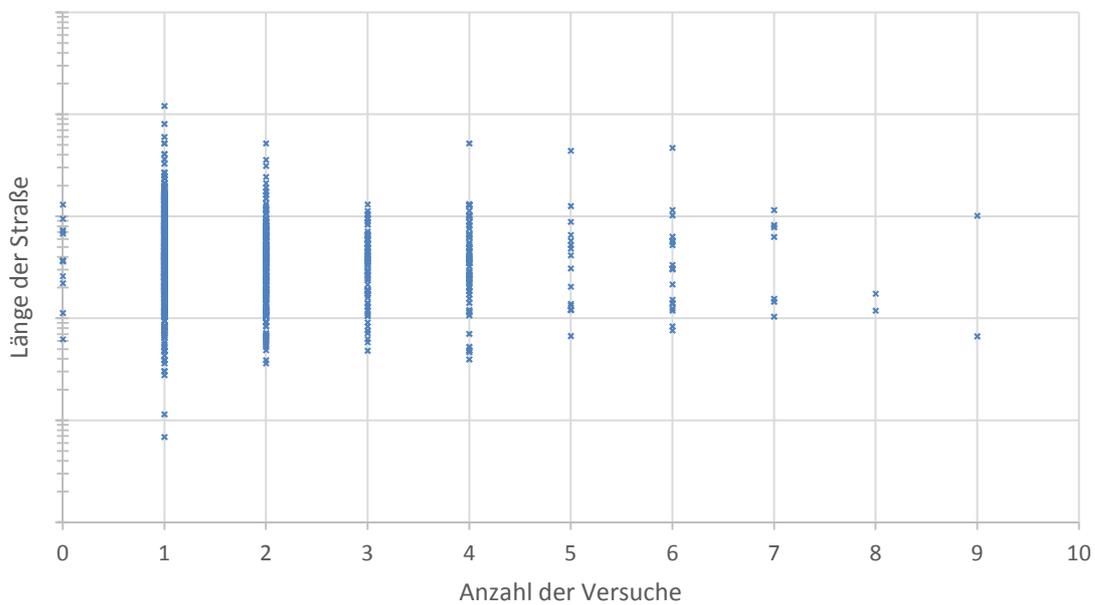


Abbildung 46: Länge der Straße im Verhältnis zur Anzahl der Versuche

5.4 Diskussion

Bei der Städteauswahl wurde in überwiegender Zahl eine Stadt aus der Vorauswahl gewählt. Nur einzelne Spieler haben die Suche nach anderen Orten genutzt. Eine mögliche Erklärung dafür, dass Speyer die Liste anführt, kann daran liegen, dass die Spieler, meine Freunde und Verwandten, hauptsächlich aus Speyer oder Umgebung kommen und sich dort am besten auskennen. So liegt es nahe, dass sie bei diesem Spiel ihren Heimatort ausgewählt haben. Möglich ist aber auch, dass es nicht so klar war, dass man auch andere Orte hätte auswählen können. In diesem Fall müsste das Eingabefeld für den Ortsname und die zugehörige Suchen-Schaltfläche besser platziert werden.

In 71 % der Spiele wurde der Schwierigkeitsgrad während eines Spiels nicht einmal geändert. Hier stellt sich also die Frage, ob es überhaupt nötig ist diese Auswahlmöglichkeit vor jeder Runde bereitzustellen oder ob diese andauernde Schwierigkeitsgradabfrage nicht sogar den Spielfluss stört.

Die Statistik und auch die Bestenliste wurden von den Spielern gut angenommen. Je öfter die Statistik oder die Bestenliste von einem Spieler aufgerufen wurde, desto mehr Spiele hat er begonnen. Daraus lässt sich schließen, dass der Spieler durch die eigene Verbesserung, sowie auch durch die soziale Komponente der Bestenliste, motiviert werden konnte weiterzuspielen. Bei dieser Evaluationsdurchführung mit Freunden und Verwandten ist außerdem davon auszugehen, dass die Spieler in der Bestenliste den einen oder anderen kannten und möglicherweise auch dadurch angereizt wurden, besser zu sein als die identifizierte Person.

Mit der Länge der Straße als unabhängige Variable, ist allenfalls eine Tendenz festzustellen. Dies könnte daran liegen, dass einige Spieler versuchen möglichst schnell zu klicken, um viele Punkte zu erreichen. Es könnte die Anzahl der Versuche je nach ausgewähltem Schwierigkeitsgrad begrenzt werden, um zu vermeiden, dass einfach darauf losgeraten wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, schnelles Raten weniger attraktiv zu machen. Dazu ist es denkbar die Punkteberechnung dahingehend zu ändern, dass die beiden Variablen benötigte Zeit und Anzahl der Versuche noch stärker gewichtet werden. So würde möglicherweise ein aussagekräftigeres Ergebnis in Bezug auf die benötigte Zeit bzw. die benötigten Versuche zu Stande kommen.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das kartenbasierte Lernspiel C2C implementiert, welches am PC, aber auch auf mobilen Geräten, wie dem Tablet nutzbar ist. Anhand des Spiels wurde in einer Evaluationsphase das Spiel(er)verhalten analysiert.

Hierfür wurde zunächst der Zusammenhang zwischen Spielen und Lernen erörtert und verschiedene Formen von Lernspielen vorgestellt, sowie deren Einsatzgebiete aufgezeigt. Es wurden außerdem die Grundlagen zu den verschiedenen Komponenten des Kartenmanagements besprochen.

Für die Umsetzung des Spiels wurde das Technologieakzeptanzmodell herangezogen, welches mit seinen Erweiterungen vorweg präsentiert und erläutert wurde. Um C2C so zu gestalten, dass es bei den Nutzern möglichst gut ankommt, wurden verschiedene externe Variablen auf die konkrete Spielidee angewendet. Diese Variablen haben laut TAM einen positiven Einfluss auf den wahrgenommenen Nutzen und die wahrgenommene Bedienbarkeit und begünstigen somit die Einstellung gegenüber dem System und damit auch die Nutzung desselben.

Realisiert wurde das Web-basierte Lernspiel mittels einer Client-Server-Architektur. Der Server ist für die Auslieferung von Webseiten, die Speicherung und Bereitstellung der benötigten Daten und das Sessionmanagement zuständig. Hierfür wurde *node.js* mit den Modulen *Express* und *Passport* genutzt. An den Browser liefert der Server HTML, CSS und JavaScript aus. Der Client setzt mit Hilfe des Frameworks *brite.js* das MVC-Konzept um. Mit Hilfe von *OpenLayers* und der *Overpass API* können die Geodaten von *OpenStreetMap* in das Spiel eingebunden werden. Als Datenbank für die Speicherung der Daten wird MySQL eingesetzt.

Die Evaluation mit echten Spielern hat gezeigt, dass einige Funktionen von den Testspielern sehr gut angenommen wurden. Dazu gehören die Anzeige der eigenen Spielübersicht und die Anzeige der Bestenliste. Je öfter ein Spieler sich diese Seiten hat anzeigen lassen, desto mehr Spiele hat er begonnen. Daraus lässt sich schließen, dass die Spielübersicht sowie die

Bestenliste den Ehrgeiz des Spielers wecken und er somit stärker motiviert wird. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Möglichkeit das Zeitlimit zu verändern oder den Schwierigkeitsgrad für jede Runde neu anzupassen nur wenig genutzt wurde.

Ausblick

Für aussagekräftigere und weiterreichende Ergebnisse sollte das Lernspiel erneut mit mehreren Personen evaluiert werden. Dazu kann das Spiel auch in einigen Punkten verändert werden, basierend auf den Erkenntnissen dieser Arbeit. Dabei sollte die mögliche Versuchsanzahl oder die Punkteberechnung insofern geändert werden, dass der Spieler nur durch Raten keine hohe Punktzahl erzielen kann. In diesem Fall kann die Evaluation anhand der unabhängigen Variablen, wie die Länge der Straße, zu deutlicheren Aussagen kommen.

Außerdem kann das Spiel im Hinblick auf die adaptive Wissensvermittlung erweitert werden, indem es zum Beispiel möglich gemacht wird in einem Trainingsmodus zu spielen. Dabei könnte es beispielsweise möglich sein, schlecht beantwortete Fragen aus den Spielen davor in einem neuen Spiel noch einmal zu wiederholen und sie dadurch einzuüben.

Gut wäre es außerdem, die Spieler um das Ausfüllen eines Fragebogens zu dem Spiel zu bitten. Dadurch kann auch die Akzeptanz anderer Features des Spiels analysiert werden. Zum Beispiel kann hier nach der Meinung zu den Meldungen am Ende des Spiels gefragt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] L. Goertz, „Sieben Trends im Game-Based-Learning,“ 2012. [Online]. Available: http://www.mmb-institut.de/monitore/trendmonitor/MMB-Trendmonitor_2012_II.pdf. [Zugriff am 20.1.2015].
- [2] M. Wagner und S. Gabriel, „Didaktische Szenarien des Digital Game Based Learning,“ [Online]. Available: http://epict.virtuelle-ph.at/pluginfile.php/10124/mod_resource/content/0/dateien/handreichung_dgbl_mai.pdf. [Zugriff am 2.1.2015].
- [3] A. Streicher, „E-Learning for radar image interpreters,“ 2011. [Online]. Available: <http://www.newsecuritylearning.com/index.php/feature/105-e-learning-for-radar-image-interpreters>. [Zugriff am 28.9.2014].
- [4] R. Mott, „Unlocking Radar’s Full Potential,“ *Earth Imaging Journal*, 11.4.2014. [Online]. Available: <http://ejournal.com/2014/unlocking-radar%E2%80%99s-full-potential>. [Zugriff am 6.10.2014].
- [5] C. Colesanti und J. Wasowski, „Investigating landslides with space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) interferometry,“ *Engineering Geology*, Bd. 88, Nr. 3–4, pp. 173–199, 2006.
- [6] A. Streicher, „Arbeitsbegleitendes Lernen mit semantischen Suchhilfen,“ in *Fraunhofer IOSB Jahresbericht 2011*, Karlsruhe, 2012, pp. 7,8.
- [7] J. Breuer, „Spielend lernen? Eine Bestandsaufnahme zum (Digital) Game-Based Learning,“ 2010. [Online]. Available: <http://www.lfm-nrw.de/fileadmin/lfm-nrw/Publicationen-Download/Doku41-Spielend-Lernen.pdf>. [Zugriff am 2.1.2015].

- [8] A. Yusoff, R. Crowder und L. Gilbert, „Validation of Serious Games Attributes Using the Technology Acceptance Model,“ in *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2010 Second International Conference on*, 2010, pp. 45-51.
- [9] U. Lucke, „Design eines pervasiven Lernspiels für Studienanfänger,“ in *Die 9. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI)*, Dresden, 2011.
- [10] A. Reigber und O. Hellwich, „RAT (Radar Tools): A free SAR image analysis software package,“ in *EUSAR'04*, Ulm, VDE Verlag, 2004, pp. 997-1000.
- [11] R. B. Smith, „Tutorial: Introduction to Interpreting Digital RADAR Images,“ 4.1.2014. [Online]. Available: <http://www.microimages.com/documentation/Tutorials/radar.pdf>. [Zugriff am 20.9.2014].
- [12] A. Defence und Space, „SAR Training,“ [Online]. Available: <http://www.astrium-geo.com/de/3021-sar-training>. [Zugriff am 6.10.2014].
- [13] A. Defence und Space, „TerraSAR-X IMINT Manual,“ [Online]. Available: <http://www.astrium-geo.com/de/3160-terrasar-x-imint-manual>. [Zugriff am 6.10.2014].
- [14] D. Szentes, B.-A. Bargel, A. Berger und W. Roller, „Computer-supported training for the interpretation of radar images,“ in *Synthetic Aperture Radar (EUSAR), 2008 7th European Conference on*, 2008, pp. 1-4.
- [15] W. Roller, A. Berger und D. Szentes, „Technology based training for radar image interpreters,“ in *Recent Advances in Space Technologies (RAST), 2013 6th International Conference on*, 2013, pp. 1173-1177.
- [16] N. R. Canada, „Tutorial: Image interpretation quiz,“ 28.1.2014. [Online]. Available: <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9425>. [Zugriff am 28.10.2014].
- [17] J. Breuer und G. Bente, „Why so serious? On the Relation of Serious Games and Learning,“ *eludamos. Journal for Computer Game Culture*, pp. 7-24, 2010.
- [18] C. Lampert, C. Schwinge und D. Tolks, „Der gespielte Ernst des Lebens: Bestandsaufnahme und Potenziale von Serious Games (for Health),“ *MedienPädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung (Themenheft 15/16: Computerspiele und Videogames in formellen und informellen Bildungskontexten)*, 2009.
- [19] K. Corti, „Game-based Learning; a serious business application,“ 2006. [Online]. Available: <https://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci777s2c/lectures/lan/serious%20games%20business%20applications.pdf>. [Zugriff am 4.1.2015].

- [20] T. Susi, M. Johannesson und P. Backlund, „Serious Games: An Overview,“ Institutionen för kommunikation och information, Skövde, 2007.
- [21] M. Ulicsak, „Games in education: Serious games,“ 2010. [Online]. Available: www.nfer.ac.uk/publications/FUTL60/FUTL60.pdf. [Zugriff am 2.12.2014].
- [22] H. Denker, „Serious Games: Computerspiele mit ernsten Themen; Im Spiel darf man auch mal scheitern,“ 18.5.2013. [Online]. Available: www.sueddeutsche.de/digital/serious-games-im-spiel-darf-man-auch-mal-scheitern-1.1675555. [Zugriff am 2.12.2014].
- [23] L. Buscaglia, „BrainyQuote.com,“ [Online]. Available: www.brainyquote.com/quotes/quotes/l/leobuscagl121939.html. [Zugriff am 26.1.2015].
- [24] F. D. Davis, „A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems - theory and results,“ 1985.
- [25] W. L. Benoit, „Persuasion - Theory of Reasoned Action,“ [Online]. Available: http://www.cios.org/encyclopedia/persuasion/Gtheory_1reasoned.htm. [Zugriff am 19.10.2014].
- [26] I. Ajzen, „The Theory of Planned Behavior,“ *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, pp. 179-211, 1991.
- [27] A. Lederer, D. Maupin, M. Sena und Y. Zhuang, „The technology acceptance model and the world wide web,“ *Decision support systems, vol.29*, pp. 269-282, 2000.
- [28] N. Park, K. M. Lee und P. H. Cheong, „University instructors' acceptance of electronic courseware: An application of the technology acceptance model,“ *Journal of Computer-Mediated Communication, vol.13*, 2007.
- [29] V. P. Aggelidis und P. D. Chatzoglou, „Using a modified technology acceptance model in hospitals,“ *International Journal of Medical Informatics*, Bd. 78, Nr. 2, pp. 115-126, 2009.
- [30] F. D. Davis, R. P. Bagozzi und P. R. Warshaw, „User acceptance of computer technology - a comparison of two theoretical models,“ *Management Science*, Bd. 35, Nr. 8, pp. 982-1003, 1989.
- [31] W. Hong, J. Y. L. Thong und K.-Y. Tam, „Determinants of user acceptance of digital libraries: An empirical examination of individual differences and system characteristics,“ *Journal of Management Information Systems*, pp. 97-124, 2002.
- [32] Y. M. Yi und Y. Hwang, „Predicting the use of web-based information systems: Self-efficacy, enjoyment, learning goal orientation, and the technology acceptance model,“ *International Journal of Human-Computer Studies*, pp. 431-449, 2004.

- [33] J. H. Sharp, „Development, Extension, and Application: A Review of the Technology Acceptance Model,“ *Information Systems Education Journal*, Bd. 5, Nr. 9, 2007.
- [34] K. Claßen, „Zur Psychologie von Technikakzeptanz im höheren Lebensalter: Die Rolle von Technikgenerationen,“ 2012.
- [35] H. Kalb, „Offene Wissenteilung von Wissenschaftlern mittels Social Software,“ Dresden, 2013.
- [36] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis und F. D. Davis, „User Acceptance of information technology: Toward a unified view,“ *Mis Quarterly*, 2003.
- [37] K. Kornmeier, „Determinanten der Endkundenakzeptanz mobilkommunikationsbasierter Zahlungssysteme. Eine theoretische und empirische Analyse,“ 2009.
- [38] K. Lee, K. A. und K. R. Larsen, „The Technology Acceptance Model: Past, Present, and Future,“ *Communications of the Association for Information Systems*, Bd. 12, 2003.
- [39] OpenLayers, „API Documentation,“ [Online]. Available: <http://dev.openlayers.org/releases/OpenLayers-2.13.1/doc/apidocs/files/OpenLayers-js.html>. [Zugriff am 10.11.2014].
- [40] A. Streicher, N. Dambier und W. Roller, „Task-centered selection of learning material,“ *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications : IJCISIM 4*, pp. 267-274, 2012.
- [41] G. Developers, „Google Maps JavaScript API Version 3 - Kartentypen,“ [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/maptypes>. [Zugriff am 20.9.2014].

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Radar-Signatur über optisches Bild mit Wolken gelegt (©Cassidian radar, ©Eurimage optical [3]).....	9
Abbildung 2: Städte Deutschlands	12
Abbildung 3: Statetris Germany	12
Abbildung 4: Smarty Pins	12
Abbildung 5: Unilink Bus [8].....	12
Abbildung 6: Aufgabe aus dem SAR-Tutor, vom Fraunhofer IOSB entwickelter E-Learning-Kurs für Bildauswerter von Radarbildern (©Fraunhofer IOSB [14])	13
Abbildung 7: ViSAR, eine vom Fraunhofer IOSB entwickelte interaktive Simulationssoftware zur Visualisierung von Radareffekten (©Fraunhofer IOSB [15])	14
Abbildung 8: Auf dieser Satellitenaufnahme vom North West River in Kanada soll die Brücke gefunden werden [16].....	14
Abbildung 9: Die Aufgabe ist, dem Luftbild eines Golfplatzes das entsprechende Satellitenbild zuzuordnen [16]	14
Abbildung 10: Karte mit eingezeichneten Wanderwegen und den dazugehörigen Wegemarken (©OpenStreetMap-Mitwirkende)	21

Abbildung 11: Aktiviert man die Kartenebene „Kartendaten“, kann man sich direkt alle eingetragenen Metadaten zu jedem Objekt (blau eingefasst) anzeigen lassen. (©OpenStreetMap-Mitwirkende)	21
Abbildung 12: Auszug des XML-Ergebnisdatenstroms auf die Beispielanfrage mittels Overpass QL	23
Abbildung 13: Technologieakzeptanzmodell von Davis [24]	26
Abbildung 14: Original-TAM um Nutzungsabsicht ergänzt [30]	27
Abbildung 15: TAM-Erweiterung TAM2 [34]	27
Abbildung 16: TAM2-Erweiterung TAM3 [34]	28
Abbildung 17: Grundlegender Aufbau von Akzeptanzmodellen [36]	29
Abbildung 18: Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) [36].....	29
Abbildung 19: Einige externe Variablen und deren Einfluss auf die Faktoren des TAM [38]	30
Abbildung 20: zugrundeliegende Architektur des Lernspiels C2C.....	37
Abbildung 21: Flussdiagramm zum typischen Ablauf des Spiels.....	40
Abbildung 22: Startseite von City2Challenge (C2C).....	41
Abbildung 23: C2C bei der Ortsauswahl.....	41
Abbildung 24: C2C bei der Auswahl der Schwierigkeit.....	42
Abbildung 25: C2C bei Auswahl des falschen Rechtecks.....	42
Abbildung 26: C2C bei Ablauf der Zeit.....	43
Abbildung 27: C2C bei Auswahl des richtigen Rechtecks	43
Abbildung 28: Dialog zum Beginnen eines neuen Spiels.....	44
Abbildung 29: Anzeige der Bestenliste	44
Abbildung 30: Anzeige der Spielübersicht eines Spielers.....	45
Abbildung 31: Anzeige der Hilfeseite von C2C	45
Abbildung 32: Optisches Bild der Harbor Area in Sydney, Australien (©Google Inc. [40])	46

Abbildung 33: Radarsignatur desselben Bereichs (©Infoterra GmbH [40])	46
Abbildung 34: SAR-Bilder über die Karte von OpenStreetMap gelegt.....	46
Abbildung 35: Aufteilung der Welt bei der Mercator Projektion [41]	47
Abbildung 36: Aufteilen einer Kachel in vier weitere für die nächste Zoomstufe	47
Abbildung 37: C2C mit SAR-Bildern.....	47
Abbildung 38: Testpersonen beim Spielen von C2C auf dem Tablet-PC	51
Abbildung 39: Testpersonen beim Spielen von C2C am Laptop.....	51
Abbildung 40: Zeigt welche Städte wie häufig ausgewählt wurden	52
Abbildung 41: Zeigt welche Zeitlimits wie oft eingestellt wurden.....	52
Abbildung 42: Häufigkeitsverteilung der Auswahl des Schwierigkeitsgrades	52
Abbildung 43: Anzahl der Spiele im Verhältnis zur Anzahl der Statistikaufrufe.....	53
Abbildung 44: Anzahl der Spiele im Verhältnis zur Anzahl der Bestenliste-Aufrufe	53
Abbildung 45: Länge der Straße im Verhältnis zur benötigten Zeit	54
Abbildung 46: Länge der Straße im Verhältnis zur Anzahl der Versuche	54