
UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät I
Fachrichtung Informatik
Bachelorarbeit



The Trash Game

Ein gamifizierter und crowd-basierter
Ansatz zur Motivation bewusster
Mülltrennung

Maximilian Altmeyer

Bachelor-Studiengang Medieninformatik
September 2014

Betreuer:

Pascal Lessel, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz,
Saarbrücken, Deutschland

Gutachter

Prof. Dr. Antonio Krüger,
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz,
Saarbrücken, Deutschland

Dr. Michael Schmitz,
Hochschule der Bildenden Künste Saar,
Saarbrücken, Deutschland

vorgelegt am

30. September 2014

Universität des Saarlandes
Fachrichtung 6.2 - Informatik
Campus - Gebäude E1.1
66123 Saarbrücken

Eidesstattliche Erklärung:

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

Saarbrücken, 30. September 2014

Einverständniserklärung:

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass meine Arbeit in beiden Versionen in den Bestand der Bibliothek der Fachrichtung Informatik aufgenommen und damit veröffentlicht wird.

Saarbrücken, 30. September 2014

Danksagung

Vorab möchte ich mich bei den Personen bedanken, die die Realisierung dieser Arbeit möglich gemacht haben.

Besonders möchte ich Pascal Lessel für sein außergewöhnlich hohes Engagement, seine ständige Verfügbarkeit und seine große Unterstützung danken.

Weiterhin danke ich Prof. Dr. Antonio Krüger für sein Feedback, seine Ratschläge und Anregungen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Ebenfalls danken möchte ich Dr. Michael Schmitz für seine Literaturempfehlungen, Tipps und Ratschläge.

Auch bei den Korrekturlesern und bei allen Teilnehmern der durchgeführten Studie möchte ich mich herzlich bedanken, sowie auch bei Frederic Kerber für die Bereitstellung des Latex-Templates für meine Arbeit.

Abschließend bedanke ich mich bei meinen Eltern, meiner Schwester und meiner Freundin für ihr Vertrauen, Verständnis und ihre Unterstützung, wann immer sie nötig war.

Kurzfassung

Schätzungsweise dreieinhalb Millionen Tonnen Müll werden weltweit jeden Tag produziert und belasten Mensch und Umwelt. Um das große Müllaufkommen zu reduzieren, ist die von vielen Ländern der Welt praktizierte Mülltrennung von hoher Wichtigkeit. Neben positiven Auswirkungen auf die Umwelt, beispielsweise die Schonung von Ressourcen und die Einsparung von Energie und Kohlenstoffdioxidausschüttung, bringt die korrekte Trennung von Müll in vielen Ländern auch finanzielle Vorteile mit sich. Trotz dieser offensichtlich positiven Auswirkungen trennen viele Menschen inkorrekt oder gar überhaupt nicht den Müll. Gründe hierfür sind unter anderem fehlendes Wissen, Bequemlichkeit und mangelnde Motivation. In der vorliegenden Arbeit wird ein System vorgestellt, das aus einem modifizierten, gamifizierten und öffentlichen Mülleimer besteht, der dem Nutzer nach Einwurf von Müll Rückmeldung über die Korrektheit der vorgenommenen Trennung des Mülls gibt und aus einem Smartphone-Spiel, über welches eine Crowd den eingeworfenen Müll klassifiziert und so die am Mülleimer angezeigte Rückmeldung generiert. Durch Feedback, welches sowohl die Einzelperson vor dem Mülleimer, als auch der Spieler des Smartphone-Spiels erhält, können sich die Nutzer verbessern und lernen, Müll korrekt zu trennen und somit einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten. Der Ansatz basiert auf den Ergebnissen einer durchgeführten Studie, die sowohl die Fertigkeit der Teilnehmer im Bereich Mülltrennung als Einzelperson und im Kollektiv, generelles Recyclingverhalten, die Wahrnehmung von Gamification im Kontext der Mülltrennung, als auch die Lernfähigkeit der Teilnehmer untersucht hat. Die Ergebnisse der Studie bestätigen unter anderem, dass die Weisheit der Vielen auch im Kontext Mülltrennung anwendbar ist, da die Crowd eine deutlich geringere Fehlerquote aufwies, als die Einzelperson und dass Feedback die Fähigkeiten der Teilnehmer verbessern kann.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Mülltrennung	1
1.2	Grundlegende Vorgehensweise	3
1.3	Grundlagen	3
1.3.1	Crowdsourcing	3
1.3.2	Gamification	4
1.3.3	Persuasive Technologie	4
1.4	Ziele der Arbeit	5
2	Verwandte Arbeiten	7
2.1	Recycling allgemein	7
2.2	Recycling im Kontext der Mensch-Computer-Interaktion	9
2.3	Gamification zur Motivation einer Crowd	13
2.4	Gewonnene Erkenntnisse	16
3	Vorabstudie	19
3.1	Hypothesen	19
3.2	Methode	20
3.3	Ergebnisse	23
3.4	Diskussion der Ergebnisse	28
4	Konzept	31
4.1	Spielprinzipien	32
4.1.1	Gemeinschaft	32
4.1.2	Wettstreit	33
4.1.3	Feedback	33
4.1.4	Interaktion	34
4.1.5	Persönliches Interesse	34
4.1.6	Überraschung	35
4.2	Mülleimer	35

4.2.1	Aufbau	35
4.2.2	Spielelemente und grundlegende Spielmechanik	36
4.2.3	Zielgruppe	39
4.3	Smartphone-Spiel	40
4.3.1	Spielelemente und grundlegende Spielmechanik	40
4.3.2	Zielgruppe	44
4.3.3	Überblick über die Funktionen	44
5	Umsetzung	47
5.1	Mülleimer	48
5.1.1	Hardware	48
5.1.2	Software	49
5.2	Smartphone-Spiel	54
5.3	Webserver	56
5.4	Vorbereitende Evaluation des Prototyps	57
6	Konklusion	59
6.1	Zusammenfassung	59
6.2	Zielerfüllung	60
6.3	Einschränkungen	61
6.4	Ausblick	62
Anhang		
A	Klassifikation der in der Studie gezeigten Objekte	63
Literaturverzeichnis		73

Kapitel 1

Einleitung

Schätzungsweise dreieinhalb Millionen Tonnen Müll werden jeden Tag von der Weltbevölkerung produziert – bis zum Jahr 2025 wird sich diese Zahl sogar verdoppeln [1]. Bereits heute sind gewaltige Müllberge ein großes Problem: neben den riesigen Müllstrudeln in den Ozeanen, die den Lebensraum vieler Tiere bedrohen, gelangen auch große Mengen des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid bei der Müllverbrennung in die Atmosphäre und haben somit negative Auswirkungen auf das globale Klima. Zusätzlich wird in urbanen Regionen doppelt bis viermal so viel Müll produziert, als auf dem Land [1]. Mit der in Zukunft immer weiter zunehmenden Verstädterung, wird daher auch das Müllproblem immer kritischer für Tiere, Natur und Menschen: bis 2100 wird sich das Müllaufkommen mit rund elf Millionen Tonnen Müll beinahe verdreifachen [1], sofern sich am Verhalten der Menschen nichts ändert. Diese Arbeit leistet einen Beitrag, um eine derartige Verhaltensänderung zu bewirken.

1.1 Mülltrennung

Die systematische Trennung von Müll wird in sehr vielen Ländern weltweit praktiziert. Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf Mülltrennung in Deutschland, obwohl Mülltrennung in anderen Ländern prinzipiell ähnlich umgesetzt wird [2]. In Deutschland ist die Anzahl an verschiedenen Mülltonnen, beziehungsweise deren Bereitstellung, je nach Bundesland verschieden [3]. Oftmals gibt es jedoch vier Mülltonnen für Haushaltsmüll: Die gelbe Tonne für Leichtverpackungen, die blaue Tonne für Altpapier, die braune Tonne für Biomüll und die graue Tonne für Restmüll. Weiterhin sind Glascontainer, jeweils für Weiß-, Grün- und

Braunglas in jedem Wohngebiet zu finden und Rücknahmestellen, beispielsweise für alte Batterien und CDs, sowie Wertstoffhöfe für Elektroschrott oder das Umweltmobil für giftige Substanzen in beinahe jeder Stadt vorhanden. Korrekte Mülltrennung hat in vielerlei Hinsicht positive Auswirkungen auf die Umwelt. So kann durch die Trennung von Müll der Kohlenstoffdioxidausstoß deutlich gesenkt werden, indem recycelbarer Müll nicht verbrannt wird [4, 5]. Weiterhin wird das Müllaufkommen an sich reduziert, da durch richtige Mülltrennung höhere Recyclingraten erzielt werden und somit mehr Müll wiederverwendet werden kann [6].

Obwohl die Vorteile der Mülltrennung und die damit verbundenen positiven Auswirkungen auf unseren Lebensraum auf der Hand liegen, wird diese Trennung oftmals nicht richtig oder gar überhaupt nicht praktiziert [7]. Neben Bequemlichkeit sind Unwissenheit, Gleichgültigkeit und Skepsis am Nutzen des Recyclings Gründe für dieses Verhalten [8, 9]. Auch wird Mülltrennung, aufgrund der vielen Regeln, als kompliziert und verwirrend angesehen [8, 10].

Der Fokus der hier vorgestellten Arbeit liegt auf öffentlich aufgestellten Mülltrennern, wie man sie beispielsweise aus Schulen, Einkaufszentren oder anderen öffentlichen Orten kennt, da der Inhalt dieser öffentlichen Mülltrenner aufgrund zu starker Verschmutzung, beziehungsweise Vermischung des Mülls, oftmals nicht richtig recycelt werden kann [11]. Dies hat, neben den obig erläuterten negativen Folgen für die Umwelt auch finanzielle Nachteile, da die Entsorgung des schlecht oder gar nicht getrennten Mülls erheblich teurer ist, als die Entsorgung von getrenntem Müll [12]. Diese öffentlichen Mülltrenner bestehen oftmals aus drei abgetrennten Kammern, jeweils für Restmüll, Altpapier und Leichtverpackungen, wie Abbildung 1.1(a) zeigt. Es gibt auch andere Mülltrenner in Deutschland, beispielsweise auch mit vier Kammern, wie Abbildung 1.1(b) zeigt. Dieser Mülleimer bietet als vierte Einwurfmöglichkeit den Einwurf von Glas an. Das hier vorgestellte System „The Trash Game“ stellt eine gamifizierte



Abbildung 1.1: Ein deutscher Mülltrenner mit drei (a) und vier (b) separaten Einwüfen

und crowd-basierte Strategie zur Lösung dieses Problems dar, um korrekte und nachhaltige Mülltrennung zu motivieren, eine Verhaltensänderung zum bewussten Umgang mit Müll zu bewirken und somit einen Beitrag zur Reduktion des

Müllaufkommens zu leisten. Durch den gamifizierten Ansatz sollen Nutzer des Systems motiviert werden und spielerisch lernen, Müll korrekt zu trennen, sowie für das Thema Recycling sensibilisiert werden.

1.2 Grundlegende Vorgehensweise

Das Trash-Game-System lässt sich in zwei Komponenten gliedern. Zum einen existiert ein modifizierter Mülleimer, in den wie gewohnt Müll eingeworfen werden kann und der, nachdem der Einwurf erfolgt ist, den Nutzer über die Korrektheit seiner vorgenommenen Mülltrennung unterrichtet. Um diese Korrektheit zu bestimmen, wird die zweite Komponente benötigt: Ein Smartphone-Spiel, welches von einer Crowd, also einer großen Nutzermenge, gespielt wird. Diese Crowd wird bei jedem neuen Einwurf von Müll involviert und die einzelnen Spieler nehmen indirekt, durch Spielen des Spiels, die Klassifizierung des Mülls vor, welche dann genutzt wird, um den Nutzer vor dem Mülleimer zu belehren oder in seiner Entscheidung zu bestätigen. Auch die Spieler des Smartphone-Spiels erhalten Feedback über die Korrektheit der vorgenommenen Klassifizierung, um so auf beiden Seiten, Mülleimer und auch Crowd, Lerneffekte zu erzielen.

1.3 Grundlagen

In der vorliegenden Arbeit werden einige Begriffe und Prinzipien wiederkehrend verwendet, da sie Grundbestandteile der Arbeit darstellen. Nachfolgend werden drei wichtige Begriffe, die grundlegende Aspekte des Trash-Game-Systems darstellen, erläutert.

1.3.1 Crowdsourcing

Crowdsourcing ist eine vergleichsweise neue Technologie, die das kollektive Wissen einer Nutzermenge dazu nutzt, Problemstellungen zu lösen, die nicht oder nur sehr schwer durch einen automatischen, computer-basierten Ansatz lösbar sind [13]. Anhand von Müllbildern zu entscheiden, wie der abgebildete Müll entsorgt und getrennt werden sollte, ist in der Tat eine Aufgabe, die nur unzureichend von einem Computer bewältigt werden könnte, da dieser durch reine Bildanalyse keine, beziehungsweise lediglich unzureichende Rückschlüsse auf das Material des weggeworfenen Gegenstands ziehen könnte. Daher wird, um diese Aufgabe zu bewältigen und dem Nutzer vor dem Mülleimer eine Rückmeldung geben zu können, auf das kollektive Wissen der Spieler des Smartphone-Spiels zurückgegriffen. Um möglichst viele Nutzer für die Crowd zu gewinnen und somit schnelleres und aussagekräftigeres Feedback geben zu können, ist es wichtig, die Nutzer entsprechend zu motivieren.

Eine Möglichkeit, die zu quantitativ höherer Beteiligung führt, ist die finanzielle

Entlohnung [14], wie sie von Amazon Mechanical Turk¹ praktiziert wird. Jedoch ist die finanzielle Entlohnung ein extrinsischer Motivator, der zum Nachteil hat, dass die Qualität der gesammelten Daten abnehmen und intrinsische Motivation zerstört werden kann [14]. Da weiterhin ein wiederkehrender finanzieller Aufwand keine dauerhafte Lösung darstellt, wurde bewusst auf eine Lösung mit Amazon Mechanical Turk oder ähnlichen Crowdsourcing-Plattformen verzichtet und eine andere Lösung bevorzugt.

1.3.2 Gamification

Gamification bezeichnet die Nutzung von Spieldesign-Elementen in einem nicht spielbezogenem Kontext [15], beziehungsweise genereller formuliert einen Prozess, Aktivitäten spielartiger zu gestalten [16]. Gamification wird eingesetzt, um die intrinsische Motivation einzelner Spieler zu erhöhen [17]. Dabei ist es wichtig, dass die gamifizierte Aktivität einen Grund bietet, weshalb Spieler sich mit der Aktivität beschäftigen sollten [17]. In beiden Komponenten dieser Arbeit, sowohl seitens des Mülleimers, als auch in dem Smartphone-Spiel, wird Gamification eingesetzt, um generell die intrinsische Motivation, die Umwelt zu verbessern, zu erhöhen und dadurch eine Verhaltensänderung zu bewirken. Am Mülleimer soll der Einwurf des Mülls, die richtige Trennung und die bewusste Reflektion über die Entscheidung seitens des Nutzers motiviert werden. Im Smartphone-Spiel soll durch Gamification der vermeintlich langweilige Prozess, Müllbilder zu klassifizieren, Spaßig, interessant und somit zu einem Erlebnis gemacht werden und die Spieler motiviert werden, das Spiel dauerhaft zu spielen und möglichst viele Klassifizierungen vorzunehmen. Dadurch soll auch seitens der Spieler des Smartphone-Spiels eine Verhaltensänderung, im Sinne korrekter Mülltrennung, bewirkt werden.

1.3.3 Persuasive Technologie

Persuasive Technologie bedeutet Einstellung, Gesinnung oder Verhalten von Nutzern mittels Technologie zwanglos zu ändern [18]. In der vorliegenden Arbeit soll durch den Einsatz von Gamification am Mülleimer und der Gestaltung des Smartphone-Spiels, eine Verhaltensänderung bewirkt werden, sodass die Nutzer sich bewusst mit den Themen Mülltrennung und Recycling auseinandersetzen und in ihrem Alltag Wert auf Müllreduktion und -trennung legen. Weiterhin ist das Ziel, diese Verhaltensänderung durch Schließen von Wissenslücken in Bezug auf korrekte Mülltrennung langfristig zu etablieren. Besonderes Potenzial ist hierbei seitens der Spieler des Smartphone-Spiels vorhanden, da hier bei jedem einzelnen Mülleinwurf eine Vielzahl von Spielern mit der Trennung des eingeworfenen Mülls konfrontiert werden. Da die Spieler für jedes Recycling eine Rückmeldung über dessen Korrektheit erhalten, können Spieler korrekte Mülltrennung erlernen und ihr Verhalten so verbessern [19]. In dem Moment, in

¹<https://www.mturk.com>, zuletzt abgerufen am 07.08.2014

dem die Spieler der App selbst Müll entsorgen, können diese auf möglicherweise erlernte Regeln zurückgreifen und somit nun auch aktiv den Müll besser trennen.

1.4 Ziele der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, das Müllaufkommen durch korrekte Mülltrennung und der daraus resultierenden höheren Recyclingquote zu reduzieren. Insbesondere gilt es, die folgenden Anforderungen zu erfüllen:

1. Die Nutzer sollen für das Thema Mülltrennung sensibilisiert werden und die Entsorgung von Müll aufmerksamer und reflektierter durchführen.
2. Zusätzlich sollen sich durch gezieltes Feedback, welches sowohl die Nutzer vor dem Mülleimer, als auch die Spieler des Smartphone-Spiels erhalten, Nutzer in diesen beiden Komponenten verbessern und schließlich lernen, Müll korrekt zu trennen.
3. Eine Verhaltensänderung im Sinne korrekter Mülltrennung soll durch den Einsatz spielerischer Elemente motiviert und auf Dauer etabliert werden, um eine nachhaltige Verbesserung der Mülltrennung zu erzielen.

Anforderung 1 wird durch die Tatsache motiviert, dass der Prozess der Müllentsorgung oftmals unbewusst, nebenbei und unreflektiert abläuft, was zu Fehlern und falscher Mülltrennung führt [11], als auch durch die Skepsis am Nutzen und der Unwissenheit über Folgen und Auswirkungen der Trennung von Müll [8, 9]. Anforderung 2 basiert auf den Ergebnissen der in [20] durchgeführten Studie, die die positive Wirkung von normativen Feedback auf das Recyclingverhalten der Teilnehmer bestätigt hat. Diese Verbesserung des Verhaltens der Nutzer bei der Trennung von Müll soll daher durch das hier vorgestellte System mit ähnlichen Mitteln erreicht werden. Der Einsatz spielerischer Elemente zur Motivation einer Verhaltensänderung, wie sie in Anforderung 3 gefordert wird, ist bereits in vielen verwandten Arbeiten als Mittel empfohlen [23, 24, 11] oder gewählt und erfolgreich eingesetzt worden [21, 22].

Kapitel 2

Verwandte Arbeiten

Im Folgenden werden einige verwandte Arbeiten vorgestellt, die für die Konzeption des Trash-Game-Systems von Bedeutung sind. Zunächst werden allgemeine Arbeiten im Bereich Recycling vorgestellt, gefolgt von Arbeiten, spezifisch aus dem Bereich der Mensch-Computer-Interaktion. Anschließend werden einige Arbeiten, in denen Gamification eingesetzt wird, um eine Crowd zum Lösen von Aufgaben zu motivieren, präsentiert, ehe abschließend die Erkenntnisse aus den Arbeiten und deren Auswirkungen auf das Trash-Game-System erläutert werden.

2.1 Recycling allgemein

Um Leute zu motivieren, Müll zu recyceln, hat Schultz in [20] die Wirkung von normativen Feedbackmechanismen evaluiert. Dazu wurde das Recyclingverhalten von 605 Einfamilienhäusern über einen Zeitraum von 17 Wochen untersucht. Die Haushalte wurden in fünf Gruppen eingeteilt und erhielten, je nach Gruppenzugehörigkeit, unterschiedliches Feedback zu ihrem Recyclingverhalten. Zu Beginn der Studie erhielt jeder Haushalt, außer solche, die in der Kontrollgruppe waren, eine Mitteilung, auf der ein Appell für besseres Recycling und die Information zur Durchführung einer Studie aufgedruckt waren. Die erste Gruppe erhielt außer dieser Mitteilung kein weiteres Feedback, die zweite Gruppe erhielt jede Woche generelle Informationen zu korrektem Recycling, die dritte Gruppe erhielt wöchentlich bei Abholung des Mülls individuelles Feedback, das heißt die Teilnehmer erhielten eine Rückmeldung über die Gesamtanzahl eingesamelter Materialien der letzten und aktuellen Woche. Die vierte Gruppe erhielt ein Gruppen-Feedback, das heißt die Haushalte erhielten das gleiche Feedback, wie in Gruppe drei, jedoch immer bezogen auf das Wohngebiet. Zusätzlich enthielt das Feedback eine Teilnehmerquote, also wie viele Haushalte im Wohngebiet

diese Woche recycelt haben. Die fünfte und letzte Gruppe war eine Kontrollgruppe, deren zugeteilte Haushalte gar kein Feedback und auch keine Mitteilung erhielten. Die Rückmeldung erhielten die übrigen Haushalte einmal wöchentlich, an dem Tag, an dem der Müll abgeholt wurde. Ergebnis der durchgeführten Studie ist, dass die Teilnehmerquote in den Gruppen mit individuellem Feedback und Gruppenfeedback signifikant höher war, als in der Kontrollgruppe. Ebenfalls ist die Gesamtanzahl recycelter Materialien signifikant höher in diesen beiden Gruppen als in der Kontrollgruppe. In den anderen beiden Feedback-Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Da das Recycling von Müll ein sozial wünschenswertes Verhalten ist und die Konfrontation der Haushalte mit der Erfüllung dieses Verhaltens eine persönliche Norm aktiviert, wird Druck erzeugt, diese Norm zu erfüllen. Die durchgeführte Studie zeigt also, dass normative Feedbackmechanismen, wie das Individualfeedback und das Gruppenfeedback, einen effektiven Weg darstellen, das Recycling zu verbessern. Dies sind wichtige Erkenntnisse für die Konzeption des Feedbackmechanismus des in dieser Arbeit vorgestellten Systems, sowohl seitens des Mülleimers, als auch auf Seite des Smartphone-Spiels. Ein Vorteil dieser Arbeit ist hierbei, dass das Feedback nahezu direkt und nicht, wie in der vorgestellten Arbeit, sehr zeitverzögert, gegeben wird.

Auch in der Arbeit von Timlett und Williams [23] wurde der Einfluss von verschiedenen Faktoren auf das Recyclingverhalten in Form einer Studie untersucht. Neben der Belohnung durch Punkte und der Möglichkeit einen Preis für korrektes Recycling zu erhalten, wurde der persönliche Besuch der Haushalte, um diese im Bereich Recycling zu interviewen und Probleme beim Entsorgen, beziehungsweise Gründe für das nicht praktizierte Recycling zu finden und schließlich Haushalte für Mülltrennung zu begeistern, als auch die Wirkung von persönlichem Feedback zu dem Recyclingverhalten der einzelnen Haushalte evaluiert. Auch hier hatte das individuelle Feedback positiven Einfluss auf das Verhalten der Teilnehmer. Ebenfalls wird der Einsatz von Belohnungen durch ein Punktesystem oder andere kompetitive Mechanismen empfohlen, da diese die Kommunikation und Begeisterung unter den Teilnehmern erhöht hat und somit ebenfalls einen positiven Effekt auf das Recyclingverhalten hatte. Letzteres bekräftigt den in dieser Arbeit beabsichtigten Einsatz von Gamification zur Verhaltensänderung.

Werner und Makela [24] haben in der von ihnen durchgeführten Studie bezüglich des Recyclingverhaltens in über dreihundert Haushalten unter anderem belegt, dass mit Recycling weder Spaß noch Begeisterung verbunden wird und dieser Prozess als langweilig oder gar unangenehm empfunden wird. Einige Teilnehmer dachten sich selbst Spiele aus oder schafften sich einen spielerischen Bezug zum Thema Recycling. Auch aus dem Wissen, etwas Gutes für die Umwelt zu tun, schöpften die Teilnehmer Motivation. Daher sind positive Erfahrungen und Haltungen mit und zum Thema Recycling und das Aufzeigen von Auswirkungen von richtigem Recycling auf die Umwelt von großer Bedeutung. Auch in dem hier vorgestellten System werden die Auswirkungen von richtiger oder falscher

Mülltrennung auf die Umwelt angezeigt und das spielerische Vorgehen sowohl in dem Smartphone-Spiel, als auch beim Mülleimer aufgegriffen.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch Zlatow et al. [11]. Sie fanden ebenfalls Evidenz für die Wichtigkeit positiver Erfahrungen mit dem Thema Recycling und für das Bilden und Erziehen der Teilnehmer, um eine Verhaltensänderung zu erreichen. Sie gaben, basierend auf diesem Ergebnis, Empfehlungen, welche Design-Entscheidungen zu der Verbesserung des Recyclingverhaltens führen können. Neben der bereits erwähnten Bildung der Menschen und dem festsetzen positiver Assoziationen mit dem Thema Müllrecycling, wurde auch generell empfohlen, den Entsorgungsprozess ins Bewusstsein der Menschen zu rücken, da dieser Prozess meist völlig unbewusst und gedankenlos vollzogen wird. Ebenfalls muss der Prozess leicht erlernbar sein und einfach vonstattengehen, das heißt auch, dass die einzelnen Müllkammern für unterschiedliche Müllarten klar gekennzeichnet und schnell identifizierbar sein müssen. Schließlich wird, um eine Verbindung zum Thema Recycling aufzubauen, der Einsatz von Belohnungen empfohlen. Auch das in dieser Arbeit vorgestellte System hat das Ziel, den Entsorgungsprozess zu einem bewussten Vorgang zu machen, der eine Reflektion über die Korrektheit und die Auswirkungen der Entscheidung, voraussetzt.

2.2 Recycling im Kontext der Mensch-Computer-Interaktion

Auch im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion gibt es einige Arbeiten, die sich mit dem Thema Recycling, beziehungsweise Müllreduktion, befassen, wobei häufig ebenfalls modifizierte Mülleimer vorgestellt werden. Ein prominentes Beispiel in diesem Bereich ist die von Thieme et al. [21] verfasste Arbeit, in welcher ein Mülleimer mit einem Smartphone im Deckel ausgestattet wurde, das bei jedem Einwurf den gesamten Inhalt des Mülleimers fotografiert und auf Facebook hochgeladen hat. Dort konnte der Inhalt der Mülltonnen öffentlich betrachtet werden. Abbildung 2.1(a) zeigt den modifizierten Mülleimer. Der Müll wurde außerdem wöchentlich von Amazon Mechanical Turk², einer finanziell entlohten Crowd, analysiert. Dabei wurde die Gesamtanzahl weggeworfener Artikel, die Anzahl recycelbarer Artikel, sowie die Anzahl von Essensresten bestimmt und ebenfalls auf Facebook angezeigt. In der durchgeführten Studie, bei der vier Haushalte, bestehend aus mehreren jungen Bewohnern (meist Wohngemeinschaften) mit dem modifizierten Mülleimer ausgestattet wurden, bekamen die Teilnehmer die Anzahl weggeworfener Essensreste und die Anzahl der entsorgten recycelbarer Materialien visualisiert (Abbildung 2.1(b)) und konnten sich kompetitiv mit anderen Haushalten vergleichen.

Die Teilnehmer empfanden das gamifizierte System als Spaßig, da der Recyclingprozess zu einer viel aufregenderen Aktivität geworden ist. Negativ fanden die Teilnehmer das nur wöchentlich gegebene Feedback, da es dadurch schwer ist,

²<https://www.mturk.com>, zuletzt abgerufen am 07.08.2014

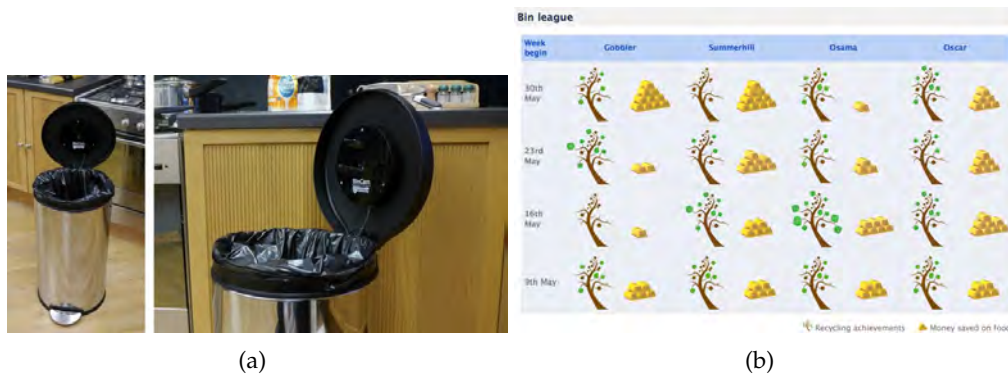


Abbildung 2.1: Der modifizierte Mülleimer des BinCam-Systems (a), sowie Visualisierung der Recyclingrate (Blätter auf den Bäumen) und des weggeworfenen Essens (Goldbarren) (b)

den gemachten Fehler zu identifizieren. Dies wird dadurch unterstrichen, dass die Teilnehmer sich mehr Anleitung und Führung gewünscht hätten, um ihr Verhalten zu ändern. Hinzu kam die schlechte Performance der bezahlten Crowd: 15 von 20 Klassifizierungen einer zufälligen Auswahl von Bildern waren falsch. Da der Fokus der Arbeit nicht auf der Crowd lag, ist der Grund für die hohe Fehlerquote unklar. Weiterhin wurden Bedenken zum Thema Datenschutz geäußert, da der Müll öffentlich auf Facebook zugänglich war. Aufbauend auf den Erkenntnissen aus dieser Arbeit wurde das BinCam-System verbessert und umgestaltet [25]. Eingeführt wurde der „BinMan“, der eine virtuelle Person auf Facebook darstellt, die Informationen zu Recycling postet, Fragen beantwortet, Challenges initiiert und dadurch die soziale Komponente des Systems verbessern soll. Weiterhin können die Haushalte nun Avatarbilder wählen und „Achievements“ erspielen, beispielsweise durch die regelmäßige Nutzung der Facebook-App. Der Spaß, den der gamifizierte Ansatz den Teilnehmern gebracht hat und auch der durch die öffentliche Darstellung erzeugte soziale Druck sind wichtige Aspekte, die auch in dem hier vorgestellten System aufgegriffen werden. Die Tatsache der schlechten Performance der bezahlten Crowd wird auch durch [14] bestätigt und ist einer der Gründe, weshalb das „Trash-Game“ keine finanziell entlohnte Crowd einsetzt, sondern freiwillige, intrinsisch motivierte Spieler. Die Tatsache, dass die eingesetzte Crowd ebenfalls korrekte Mülltrennung erlernt, ist der zweite wichtige Grund für diesen Entschluss und wurde, nach aktuellem Kenntnisstand, bisher in den verwandten Arbeiten nicht umgesetzt. Ebenso soll durch die vorliegende Arbeit die Rolle der Crowd, sowie deren Befähigung bei der Klassifizierung von Müll, näher beleuchtet werden.

Einen anderen Ansatz zum Sensibilisieren des Themas Recycling und Müllentsorgung verfolgt die Arbeit von Centieiro et al. [26]. Das System besteht aus einem Smartphone-Spiel und einem öffentlich aufgestelltem Display. Spieler des Smartphone-Spiels sehen positionsgebunden virtuellen Müll, den sie durch

Wischbewegungen des Smartphones einsammeln können. Haben sie den Müll eingesammelt, so muss dieser, ähnlich wie beim Entsorgen von echtem Müll, zu dem öffentlichen Bildschirm gebracht und richtig getrennt werden, wie in Abbildung 2.2 dargestellt ist. Anschließend werden auf dem Bildschirm Quizfragen



Abbildung 2.2: Recycling von einem eingesammelten Objekt am öffentlichen Bildschirm

zum Thema Mülltrennung und Recycling angezeigt, die der Spieler auf seinem Smartphone beantworten kann. Sowohl für die richtige Entsorgung, als auch für das Beantworten erhält der Spieler Punkte, mit denen er seine Leistung mit anderen Spielern vergleichen kann. Es ist ebenfalls möglich, in Teams gegeneinander zu spielen. Hierbei schließen sich Spieler in Gruppen zusammen, um jeweils eine bestimmte Sorte Müll zu recyceln. Die Kombination aus Smartphone-Spiel und öffentlichem Bildschirm bewirkt, dass neue Spieler durch den öffentlichen Bildschirm angesprochen werden können und auch solche Personen erreicht werden, die eigentlich eher weniger Interesse an dem Thema Recycling haben. Durch die Öffentlichkeit entstanden in der durchgeführten Studie oftmals Diskussionen unter fremden Leuten, was dazu führt, dass das Thema Müllrecycling thematisiert und Leute für dieses Thema sensibilisiert werden können. Ein ähnlicher Effekt soll durch die öffentliche Aufstellung des hier vorgestellten Mülleimers mit seinem Bildschirm erreicht werden. Auch der aus der Kombination von kompetitiven und kooperativen Spielelementen entstehende Spielspaß soll in dieser Arbeit vorgestellten System, aufgegriffen und mit ähnlichem Ziel umgesetzt werden.

Das Weigh Your Waste (kurz: WYW) System [27] stellt das Gewicht des Inhalts eines Mülleimers auf einem Bildschirm dar und gibt Nutzern auf diesem Wege sofort Feedback über die aktuellen Kosten, die für die Müllentsorgung anfallen. Aus durchgeführten Interviews ging, ähnlich wie in vorherig vorgestellten Arbeiten auch, hervor, dass die Teilnehmer zu wenig Informationen zum Thema Recycling haben und gerne mehr darüber erfahren möchten. Deshalb werden

auch grundlegende Hinweise und Tipps zu den Themen Recycling, Umwelt und Mülltrennung auf dem Bildschirm angezeigt. In ähnlicher Art und Weise soll dies auch an dem Bildschirm des modifizierten Mülleimers dieser Arbeit geschehen.

Bosch et al. [28] haben untersucht, wie die Recyclingquote von Altkleidern erhöht werden kann und dabei in einem iterativen Prozess, in dem Nutzer Feedback zu einem erstellten Prototypen lieferten, ein Rückgabesystem entwickelt, welches zum einen spielerische Elemente und Animationen zur Steigerung der Aufmerksamkeit und Nutzererfahrung einsetzt, zum anderen die Nutzer auch nach dem Einwurf über den Verbleib der eingeworfenen Kleider informiert und somit den unbekannten Prozess des Recyclings beleuchtet. Abbildung 2.3 zeigt den entwickelten Prototypen des Rücknahmeautomats. Die Nachverfolgung der Kleidung



Abbildung 2.3: Eine Nutzerin interagiert mit dem finalen Prototypen

wurde umgesetzt, indem der Nutzer nach dem Einwurf seiner Kleidung ein Ticket erhalten hat, mit dem er seinen Einwurf auf einer Webseite weiterverfolgen konnte. Aus den eingeworfenen Kleidern wurde schließlich eine ganze Modekollektion kreiert. In der durchgeführten Nutzerstudie wurde neben den spielerischen Elementen auch die Möglichkeit der Nachverfolgung der Kleidung als sehr positiv empfunden. Der Aspekt der Beleuchtung des Recyclingprozesses und der Aufklärung über direkte Folgen von korrekter oder falscher Mülltrennung soll auch in dieser Arbeit umgesetzt werden.

Die Wirkung von Emoticons auf das Recyclingverhalten wurde in [22] untersucht. Ein Mülleimer, der zur Rückgabe von Pfandflaschen dient, wurde mit einem Abstandssensor und einem Bildschirm ausgestattet und neben einem unmodifizierten Mülleimer an einem öffentlichen Platz positioniert. Sobald eine Pfandflasche eingeworfen wurde, stellte der Bildschirm für einige Sekunden

ein lachendes Emoticon dar. Auch ein Ton wurde bei einem Einwurf abgespielt. Eine Auswertung der Einwürfe zeigte, dass der modifizierte Mülleimer, der Emoticons anzeigt und einen Ton wiedergibt, dreimal so viele Pfandflaschen beinhaltete, als das unmodifizierte Gegenstück. Dies unterstreicht zum einen die Wichtigkeit und die positiven Auswirkungen von Feedback, als auch dass selbst durch geringfügige und leicht umsetzbare Modifikationen, die zu einer positiven Nutzererfahrung führen, eine Verhaltensänderung bewirkt werden kann.

2.3 Gamification zur Motivation einer Crowd

Gamification wird oftmals als Motivator eingesetzt, so auch im Bereich Crowdsourcing, wie nachfolgende Arbeiten zeigen. Eine der bekanntesten Arbeiten in diesem Bereich ist das Spiel „Peekaboom“ von Luis von Ahn et al. [29], bei dem eine Crowd eingesetzt wird, um Objekte in Bildern zu lokalisieren und zu benennen. Auch hier wurde Gamification eingesetzt, um diese Annotations- und Lokalisierungsaufgabe unterhaltsam zu gestalten. Bei „Peekaboom“ spielen immer zwei Spieler miteinander, einer der Spieler, „Boom“, erhält ein Bild und ein Wort, der andere Spieler, „Peek“, sieht zunächst nur einen schwarzen Bildschirm. Nun muss „Peek“ das Wort von „Boom“ erraten. Dazu kann „Boom“ Bereiche des Bildes für „Peek“ sichtbar machen. Diese Bereiche sollten natürlich so gewählt werden, dass „Peek“ das gesuchte Wort erraten kann. Wird das Wort erraten, so erhalten beide Spieler Punkte. Abbildung 2.4 zeigt sowohl den Bildschirm von „Peek“, als auch den von „Boom“.

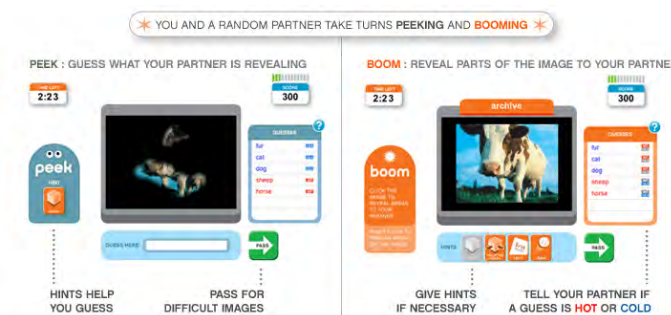


Abbildung 2.4: Bildschirm von „Peek“ (links) und „Boom“ (rechts)

„Boom“ kann „Peek“ helfen, indem er ihm Hinweise zukommen lässt. Dazu kann „Boom“ „Peek“ beispielsweise mitteilen, ob das gesuchte Wort ein Nomen oder Verb ist. Weiteres Hilfsmittel ist das „Pingen“: „Boom“ kann auf bestimmte Areale des Bildes klicken, um „Peek“ auf diese Teile des Bildes aufmerksam zu machen und ihm somit Tipps zu geben, welches Wort gesucht wird. Gelingt es „Peek“ vier Mal in Folge das gesuchte Wort zu finden, so gibt es eine Bonusrunde, in der „Peek“ und „Boom“ ein Wort sehen und das dazu passende Objekt auf dem Bild anklicken müssen. Je näher die beiden Klicks zusammen liegen, desto mehr Punkte erhalten beide Spieler. In einer Bestenliste können sich die

Spieler anhand ihrer Punktzahl untereinander vergleichen. In der Evaluation des Spielspaßes wurde sowohl das Punktesystem, die Neugierde nach dem nächsten Bild und der damit verbundene Überraschungseffekt als auch das kooperative Spielen als sehr positiv empfunden. Im hier vorgestellten „Trash-Game“ wird der kooperative Spielaspekt in Form von Teams, die einem Mülleimer zugeordnet werden, aufgegriffen. Ebenso sehen die Spieler des Smartphone-Spiels immer wieder neue Bilder und könnten dadurch eine ähnliche Neugierde entwickeln.

In der von Goncalves et al. [30] verfassten Arbeit wurde ebenfalls auf eine Crowd zurückgegriffen, um bestimmte Orte mit Schlüsselwörtern zu beschreiben. Dabei wurde jedoch keine Smartphone-App benutzt, sondern, um gezielt Leute mit lokalem Wissen anzusprechen, ein öffentlicher Bildschirm mit Single-Touch-Funktionalität. Dieser öffentliche Bildschirm war beispielsweise an einer Universität, einem Schwimmbad oder einem Einkaufszentrum installiert. Um das Sammeln von Schlüsselwörtern, die den jeweiligen Ort beschreiben, zu motivieren, wurde das System mit spielerischen Elementen erweitert. Sobald ein Nutzer das Spiel startet, werden zehn Begriffe angezeigt, die der Nutzer entweder als passend oder unpassend einstufen konnte. Für diese Aufgabe hatte er jeweils fünf Sekunden Zeit und erhielt Punkte, wenn er die gleiche Meinung wie andere Teilnehmer hatte, beziehungsweise hat Punkte verloren, wenn er anderer Meinung war. Auch hier wurde dem Spieler am Ende die Möglichkeit gegeben, einen Nicknamen zu wählen und sich, sofern genug Punkte erreicht wurden, in die Bestenliste einzutragen, die immer die fünf besten Spieler des jeweiligen Ortes anzeigt. Das in dieser Arbeit eingesetzte Bewertungssystem, welches auf der Weisheit der Vielen, also der Annahme, dass die Mehrzahl der Spieler allgemein bessere Entscheidungen trifft als der Einzelne, beruht, wird auch im „Trash-Game“ eingesetzt, um dem Nutzer vor der Mülltonne Feedback über die Korrektheit der vorgenommenen Mülltrennung zu geben.

Auf dem selben Bewertungssystem basiert auch das von Eickhoff et al. [31] vorgestellte Spiel, bei dem die Spieler ein Objekt, welches sich langsam vom oberen Bildschirmrand nach unten bewegt und dann verschwindet, einer Kategorie, welche in Form eines Behältnisses dargestellt wird, zuordnen, indem sie das Objekt in das entsprechende Behältnis ziehen. Abbildung 2.5 zeigt diesen Vorgang. Mit der Anzahl an Runden steigt auch die Schnelligkeit, mit der das Objekt sich von oben nach unten bewegt, um den Schwierigkeitsgrad zu erhöhen und den Nutzer dadurch zu motivieren. Um zu evaluieren, welchen Einfluss der Einsatz von Gamification auf die Motivation einzelner Nutzer in einer Crowd hat, wurde den Spielern nach zehn Runden ein Code angezeigt, mit dem die Teilnehmer eine finanzielle Entlohnung bekommen konnten. Obwohl nach zehn Runden kein Spieler mehr weitermachen musste, wurden 70 Prozent der Spiele noch nach der zehnten Runde weitergespielt, was ein klares Indiz dafür ist, dass der gamifizierte Ansatz den Spielern der Crowd Spaß gemacht und für zusätzliche Motivation gesorgt hat.

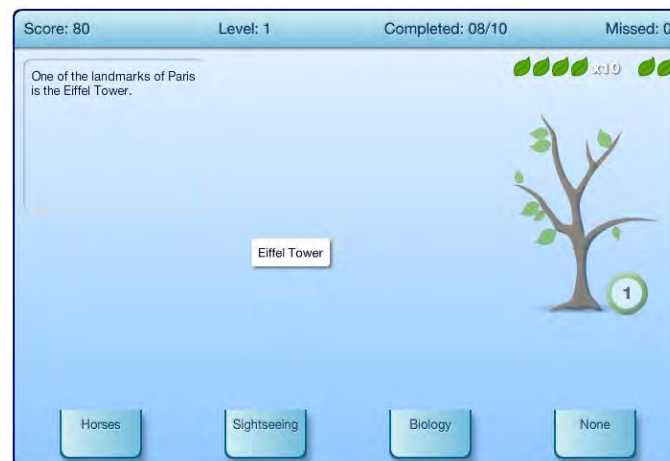


Abbildung 2.5: Screenshot des Spiels, bei dem das Wort „Eiffel Tower“ einer Kategorie zugeordnet werden soll.

Welche Einflüsse eine Crowd motivieren, eine bestimmte Aufgabe möglichst gut zu bewältigen, haben Massung et al. [14] untersucht. Über eine Smartphone-App können Nutzer eine Kampagne der CTD („Close the Door“) Gruppe unterstützen. In dieser Kampagne geht es darum, Geschäfte dazu zu bewegen, ihre Türen in der kalten Jahreszeit geschlossen zu halten, um somit Heizkosten und Energie zu sparen. Über die App können Nutzer mitteilen, ob eine Tür eines Geschäfts gerade geöffnet oder geschlossen ist. Basierend auf diesen Daten kann der Status eines Geschäfts auf einer Karte visualisiert werden, wie Abbildung 2.6 zeigt.

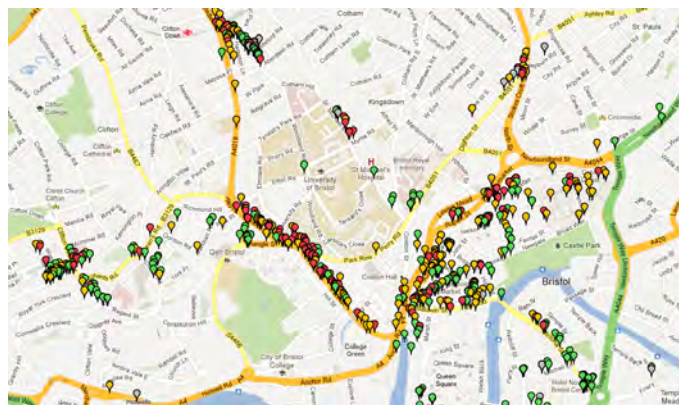


Abbildung 2.6: Anzeige der umliegenden Geschäfte mit dem Status der Öffnung der Tür. Rot bedeutet, dass das Geschäft die Tür immer geöffnet hat, gelb, dass das Geschäft manchmal die Tür geschlossen hält und grün, dass das Geschäft die Tür immer geschlossen hat.

Die App wurde in Absprache mit CTD in drei Versionen entwickelt, um diese Versionen anschließend zu evaluieren: Die erste Version ist eine Kontrollversion, in der alle Basisfunktionalitäten zur Verfügung stehen (Nutzer können neue Geschäfte anlegen und den Status von Geschäften übermitteln). Die zweite Version bietet auch sämtliche Basisfunktionalität, belohnt die Nutzer aber zusätzlich mit Punkten und Abzeichen und bietet eine Bestenliste, über die sich Nutzer vergleichen können. Die dritte Version der App ist eine Adaption der zweiten Version. Nutzer erhalten ebenfalls Punkte und es gibt eine Bestenliste. Jedoch werden die Nutzer, basierend auf der erreichten Punktzahl, den erhaltenen Abzeichen und der Position auf der Bestenliste, finanziell entlohnt. Anhand der gesammelten Daten wurden mehrere Motivatoren ausgearbeitet, dazu gehören: finanzielle Entlohnung, Wettkämpfe, Gruppendrang und Umweltbewusstsein. Bezüglich der finanziellen Entlohnung wurde jedoch bemerkt, dass die Qualität der Daten in dieser Gruppe geringer war und die intrinsische Motivation geringer ist, wenn Aufgaben explizit mit finanzieller Entlohnung verbunden werden. Ein weiteres Ergebnis der Studie ist, dass das omnipräsente Bewusstsein über eine Gruppenzugehörigkeit Nutzer motivieren kann, mehr Daten zu sammeln. Diese Erkenntnisse bestärken den spielerischen Ansatz des vorgestellten Systems und die kooperativen, als auch kompetitiven Spielprinzipien.

2.4 Gewonnene Erkenntnisse

Alle vorgestellten verwandten Arbeiten im Bereich Recycling, auch im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion, haben einen Aspekt gemeinsam: Das Ziel, den Prozess des Recyclings ins Bewusstsein der Menschen zu rücken, welches sich mit dem Ziel des in dieser Arbeit vorgestellten Systems deckt. Die Erkenntnis, dass normatives Feedback zu einem durch sozialen Druck herbeigeführten, wünschenswerten Verhalten führt und somit das Potenzial hat, Verhaltensänderungen zu bewirken [20], wird in dieser Arbeit sowohl seitens des Mülleimers, als auch des Smartphone-Spiels im Feedbackmechanismus aufgegriffen und mit dem Ziel, einen ähnlichen Effekt zu erreichen, eingesetzt.

Die generelle Wichtigkeit der Generierung von Feedback für den Nutzer wird auch durch die Empfehlung in [23], Individualfeedback zur Verhaltensänderung einzusetzen, bekräftigt. Das Feedback an sich kann in unterschiedlicher Form gegeben werden. Zum einen können die direkten Auswirkungen, beispielsweise auf die Umwelt, einer vorgenommenen Trennung angezeigt werden, was sich in [24] und in [28] als gute Möglichkeit zur Motivation einer Verhaltensänderung erwiesen hat. Diese Art von Feedback wird auch dem Nutzer vor dem Mülleimer gegeben - er kann die hervorgerufene Kohlenstoffdioxidbelastung, beziehungsweise Kohlenstoffdioxideinsparung, direkt nach seinem Einwurf sehen. Weiterhin sieht er, ob sein Müll recycelt werden kann. Zum anderen erhält der Nutzer im vorgestellten System auch durch die eingesetzten Spielelemente, die Punkte, Abzeichen und Bestenlisten, Rückmeldung. Dass dieser Einsatz von spielerischen,

kompetitiven und kooperativen Spielelementen zur Belohnung, Bestrafung oder generell zur Einschätzung der eigenen Leistung, positive Auswirkungen auf die Motivation des Spielers hat und eine gute Methode zur Beeinflussung des Verhaltens des Spielers ist, zeigen die in Kapitel 2.2 vorgestellten Arbeiten und wird durch Empfehlungen in [23] und [11] bestätigt. Dass ebenfalls die Art der durch entsprechendes Feedback gegebenen Belohnung von großer Wichtigkeit für das Bewirken persuasiver Effekte ist, ist eine weitere Erkenntnis, die aus [14] gefolgt ist, in der der Einsatz von finanzieller Entlohnung negative Auswirkungen auf die intrinsische Motivation bewirkt hat und den Einsatz von Spielelementen zur Motivation einer Verhaltensänderung, anstelle von finanzieller Entlohnung, bestätigt. Auf eine finanziell entlohnte Crowd zu verzichten wurde ebenfalls durch deren schlechte Performance in [21] bestätigt.

Dass Gamification zur Motivation einer Crowd funktionieren kann und motivierenden Einfluss auf einzelne Nutzer der Crowd hat, zeigen die in Kapitel 2.3 vorgestellten Arbeiten. Insbesondere geht auch aus diesen Arbeiten hervor, dass es wichtig ist, den Bezug und das Wissen über die Zugehörigkeit zu einer großen Gruppe omnipräsent zu halten, um positive Gefühle der Gruppenzugehörigkeit auszulösen, als auch die positiven Effekte des sozialen Drucks auszunutzen [14, 21, 29]. Die Omnipräsens der Gruppenzugehörigkeit seitens der Crowd wird durch die permanente Anzeige des Marktwerts, der einen Vergleich zu anderen Spielern ermöglicht, umgesetzt und durch die Anzeige der Teampunktzahl und des Teamnamens seitens des Mülleimers.

Ein weiterer Aspekt, der aus den vorherig vorgestellten Arbeiten hervorgeht, ist die Tatsache, dass sich Nutzer mehr Aufklärung im Bereich Recycling wünschen [27]. Auch in [11] wird der Einsatz von wissensbildenden Elementen empfohlen. Daher zeigt der Mülleimer unter anderem Informationen und „Fun Facts“ zum Thema Recycling. Das Smartphone-Spiel greift diesen Aspekt ebenfalls auf, indem der Spieler die Möglichkeit hat, Seminare rund um das Thema Recycling zu belegen und sich dadurch weiterzubilden.

Abschließend bestätigen die Erkenntnisse aus [21] die Konzeption eines öffentlichen Mülleimers, da die Teilnehmer in der durchgeführten Studie, bei der der modifizierte Mülleimer in Privathaushalten installiert wurden, Datenschutzbedenken äußerten.

Kapitel 3

Vorabstudie

Das, seitens des Mülleimers gegebene Feedback, wird auf Basis der Entscheidungen der Crowd generiert. Da jedoch nicht bekannt ist, inwiefern die Crowd zur Klassifizierung von Müll in der Lage ist, gilt es dies in der nachfolgend vorgestellten Studie herauszufinden. Ebenso ist das Ziel der Studie, herauszufinden, inwiefern Feedback zur Verbesserung der Teilnehmer beiträgt und einen allgemeinen Eindruck des Recyclingverhaltens und der Wirkung eingesetzter Spielelemente zu erhalten.

3.1 Hypothesen

Insgesamt wurden durch die Studie die folgenden Hypothesen auf deren Gültigkeit überprüft:

- H1** Ein einzelner Nutzer ist generell nicht in der Lage, Müll fehlerfrei zu trennen.
- H2** Die Aggregation der einzelnen Klassifikationen führt zu einer geringeren Fehlerquote, als die alleinige Betrachtung individueller Klassifikationen.
- H3** Ein einzelner Nutzer verbessert sich mit der Zeit, wenn er Feedback zur Korrektheit seiner vorgenommenen Mülltrennung erhält.

H1 wird motiviert durch die vorgestellten verwandten Arbeiten, die gezeigt haben, dass Leute Probleme damit haben, Müll korrekt zu trennen. **H2** basiert auf dem Prinzip der Weisheit der Vielen, welches in [32] vorgestellt wird und besagt, dass eine Menge von Leuten generell bessere Entscheidungen trifft, als der Einzelne, während **H3** auf den erzieherischen Aspekt abzielt, der eine Verhaltensänderung begünstigen kann [11].

3.2 Methode

Die Studie wurde in Form einer gamifizierten Online-Umfrage durchgeführt. Durch den Einsatz von Gamification sollten die Teilnehmer zusätzlich motiviert werden, den Fragebogen bis zum Schluss auszufüllen. Ein positiver Nebeneffekt davon ist jedoch auch, dass die Wirkung bestimmter Spielelemente und der spielerische Ansatz durch die Teilnehmer bewertet werden können. Den Teilnehmern wurden allgemeine Fragen zu ihrem Verhalten in Bezug zu Mülltrennung und Recycling, sowie Fragen zur Wirkung der Gamification-Elemente gestellt, welche entweder auf 7-Punkt Likert Skalen oder durch Freitextfelder beantwortet werden konnten, und anschließend 40 Bilder von Müll gezeigt, für die entschieden werden musste, wie sie in Deutschland allgemein zu entsorgen sind. Es konnte entweder Papiermüll, Gelber Sack, Restmüll, Biomüll oder Sonstiges angegeben werden. Bei jeder Klassifizierung konnten die Teilnehmer, ebenfalls auf einer 7-Punkt Likert Skala, angeben, wie sicher sie sich bei der getroffenen Wahl sind. Abbildung 3.1 zeigt jeweils ein Beispiel für ein gezeigtes Objekt aus jeder Kategorie, das den Teilnehmern der Umfrage gezeigt worden ist. Die als richtig angenommene Lösung der Müllklassifikationsaufgaben basiert auf offiziellen Materialien deutscher Behörden, wie beispielsweise den angegebenen Richtlinien des Bundesumweltministeriums³ und wurde vorab von drei unterschiedlichen Personen in verschiedene Schwierigkeitsgrade (Leicht, Mittel Schwer) eingeteilt. Die Verteilung der Schwierigkeiten war so gewählt, dass jede Müllkategorie (Gelber Sack, Restmüll, Biomüll, Altpapier, Sonstige) aus acht Bildern besteht. Zu Beginn wurde jeder Teilnehmer gleichmäßig, randomisiert in eine von fünf



Abbildung 3.1: Jeweils ein Beispiel aus jeder Kategorie, das den Teilnehmern der Umfrage gezeigt wurde

Gruppen eingeteilt. Die Teilnehmer erhielten, je nach Gruppenzugehörigkeit, Punkte für richtige Klassifikationen und Minuspunkte für falsche Klassifikationen. Übersprang ein Teilnehmer eine Klassifikation, so hat er weder Punkte verloren, noch erhalten. Je schneller die Antwort gegeben wurde, desto mehr

³<http://www.bmub.bund.de>, zuletzt abgerufen am 15.08.2014

Punkte wurden vergeben, um die Nutzung von Suchmaschinen und sonstigen externen Materialien unattraktiver zu machen. Neben der Möglichkeit den angezeigten Müll einer Kategorie zuzuordnen und dabei anzugeben, wie sicher man sich ist, konnten Bemerkungen eingegeben werden, einzelne Klassifikationen übersprungen werden und zusätzlich auch nach dem Feedback, sofern dieses angezeigt wurde, Kommentare abgegeben werden. Während der gesamten Umfrage wurde außerdem die Zeit gemessen, die der Teilnehmer für eine Aufgabe gebraucht hat, um auch hier die Möglichkeit zu haben, in der Auswertung solche Klassifikationen zu vermeiden, die ungewöhnlich lange gedauert haben, da hier die Vermutung naheliegt, dass zusätzliches Material genutzt wurde, um die Klassifizierung korrekt vorzunehmen. Die Reihenfolge, in der die verschiedenen Müllobjekte angezeigt wurden, wurde auch hier zufällig generiert. Am Ende konnten sich die Teilnehmer in einer Bestenliste eintragen und sich somit mit anderen Teilnehmern vergleichen. Da Müll in anderen Ländern unterschiedlich getrennt wird [2], wurden zur Auswertung nur Datensätze von Teilnehmern, die mindestens seit drei Jahren in Deutschland leben, herangezogen. Wie bereits angedeutet, erhielten Teilnehmer in den einzelnen Gruppen unterschiedliches Feedback und die Gamification-Elemente waren unterschiedlich ausgeprägt. Die fünf Gruppen sollen nachfolgend vorgestellt werden.

Gruppe 1: Kein Feedback (NF)

Teilnehmer dieser Gruppe bekamen während der gesamten Umfrage keinerlei Rückmeldung, das heißt sie wussten nicht, ob die von ihnen vorgenommene Entscheidung korrekt oder falsch war. Weiterhin wurde den Teilnehmern in dieser Gruppe während der Umfrage keine Punktzahl angezeigt, sondern erst zum Schluss beim Einsehen der Bestenliste. Diese Gruppe dient als Baseline.

Gruppe 2: Ground Truth Feedback (GTF)

In dieser Gruppe waren alle Gamification-Elemente aktiv, das heißt der Teilnehmer sah seine aktuelle Punktzahl, den aktuellen Platz auf der Bestenliste, sowie die Anzahl an Punkten, die zum nächsten Platz fehlten. Des Weiteren erhielt er nach jeder Klassifizierung eine Rückmeldung über die Korrektheit seiner Entscheidung, die korrekte Lösung wurde ebenfalls angegeben.

Gruppe 3: Ground Truth Feedback mit Erklärung (GTFEX)

Diese Gruppe entspricht Gruppe 2, jedoch erhält der Teilnehmer zusätzlich eine Erklärung mit Quellenangabe, weshalb der Müll in die jeweilige Kammer geworfen werden sollte.

Gruppe 4: Ground Truth Feedback mit prozentualer Angabe der Übereinstimmung (GTFCrowdSingle)

Ebenfalls basierend auf Gruppe 2 sahen die Teilnehmer in dieser Gruppe die prozentuale Übereinstimmung der von ihnen gewählten Antwort. Wurf der Teilnehmer beispielsweise Müll in die Papiertonne, so sah er, wie viele Nutzer der Crowd diesen Müll auch in die Papiertonne geworfen haben.

Gruppe 5: Ground Truth Feedback mit Gesamtverteilung (GTFCrowdAll)

In dieser Gruppe wurde, zusätzlich zu allen Elementen aus Gruppe 2, die Distribution der gegebenen Antworten angezeigt, also die Stimmverteilung aller bisher abgegebenen Stimmen auf alle möglichen Antworten in Prozent.

Der Fragebogen wurde in sozialen Netzwerken und E-Mail-Verteilerlisten beworben. Aufgrund der eingesetzten Spielelemente, dem Punktesystem, der Bestenliste und den verschiedenen Feedbackmechanismen, wurde auf keine bereits bestehende Online-Umfrage-Applikation zurückgegriffen, sondern ein eigenes System entwickelt. Neben einer Version für Notebooks und Desktop-Computer, wurde eine für Touch-Interaktion ausgelegte Version für Smartphones und Tablets entwickelt, um somit möglichst viele Teilnehmer zu gewinnen und das Absolvieren der Umfrage auch unterwegs zu ermöglichen. Um die Interaktion möglichst flüssig und angenehm zu gestalten, wurde die Funktionalität für eine Müllart zu stimmen, sowie die Funktionalität, anzugeben, wie sicher man sich bei der Entscheidung ist, in ein Bedienelement zusammengelegt, welches es ermöglicht, diese beiden Funktionalitäten mit einem Klick auf einmal anzuwählen und somit die Bedienung speziell auf mobilen Endgeräten erleichtert. Abbildung 3.2 zeigt eine Klassifikationsaufgabe mit dem beschriebenen Bedienelement.

THE TRASH GAME 129

In welchen Behälter gehört der abgebildete Müll?

Papier							
Gelber Sack							
Restmüll							
Biomüll							
Andere							

1 2 3 4 5 6 7

sehr unsicher sehr sicher

Bemerkungen:

Weiter >>

Überspringen >>

Abbildung 3.2: Müllklassifikationsaufgabe in der Online-Umfrage

Geschrieben wurde das Votingsystem in PHP, HTML 5 und Javascript. Durch das Setzen von Cookies wurde eine zweite Teilnahme an der Umfrage erschwert und eine Wiederaufnahme der Umfrage, auch nach längerer Pause, ermöglicht. Am Ende des Fragebogens, als den Teilnehmern die erreichte Punktzahl angezeigt wurde, hatten diese die Wahl, entweder die Umfrage zu beenden und sich, wenn gewünscht, in die Bestenliste einzutragen oder Bonuspunkte zu sammeln. In der Bonusrunde wurden den Teilnehmern jene Müllobjekte gezeigt, die sie im Klassifikationsteil falsch zugeordnet hatten, um herauszufinden, ob durch das gegebene Feedback (oder durch das, je nach Gruppe, ausgelassene Feedback) eine Verbesserung erreicht werden konnte. Die zugeteilten Gruppen und das Feedback sowie die Spielelemente blieben auch in diesem Bonusdurchgang gleich. Zusätzlich wurden die Teilnehmer auch gefragt, ob sie bereit sind, an einer Folgestudie teilzunehmen, zu der sie nach Ablauf von 7 Tagen nach ihrer Teilnahme per Mail eingeladen wurden. Diese Folgestudie bestand aus zwei Fragen zum Recyclingverhalten der letzten Woche und aus einer Reihe von Klassifikationsaufgaben, basierend auf den im ersten Durchlauf gemachten Fehlern. Diese Klassifikationsaufgaben waren in zwei Teile separiert: Im ersten Teil wurde dem Teilnehmer nur der Name des Objekts angezeigt, ohne das zugehörige Bild, um die reine Wiedererkennung des Bildes zu minimieren. Im zweiten Teil wurden die gleichen Bilder wie im ersten Durchlauf der Studie angezeigt. Die Reihenfolge der angezeigten Texte und Bilder war in der Folgestudie ebenfalls randomisiert, unabhängig von der zuvor zugeteilten Gruppe bekam der Teilnehmer jedoch kein Feedback.

3.3 Ergebnisse

184 Teilnehmer haben in den vier Wochen, in denen die Umfrage online war, an dieser teilgenommen. Davon waren 78 weiblich und 93 männlich, während 13 keine Angabe zu ihrem Geschlecht machten. Die meisten der Teilnehmer waren in der jungen Altersgruppe der bis 30 Jährigen (29 Personen waren unter 21, 124 im Bereich 21-30 Jahren, 12 waren in der Altersgruppe der 31-40 Jährigen, 12 im Bereich zwischen 41-50 und 7 Teilnehmer über 50), was wohl auf die Werbung größtenteils in sozialen Netzwerken und in Studentenkreisen zurück zu führen ist. Die große Mehrheit der unter 31-jährigen ist speziell in dieser Studie unproblematischer, da diese Altersgruppe auch die Zielgruppe des Smartphone-Spiels darstellt (siehe Kapitel 4). 87 Teilnehmer waren Studenten, 59 berufstätig und 15 waren in der Ausbildung. Die Mehrheit der Teilnehmer hat einen Hochschulabschluss (73), Abitur (68) oder Fachhochschulreife (18) und lediglich 24 der Teilnehmer wohnen alleine, während der Rest (160) mit mindestens einer weiteren Person zusammen lebt.

Verhalten bezüglich Mülltrennung

Zu Beginn wurden einige Fragen zur Einstellung der Teilnehmer zum Thema Mülltrennung gestellt. Generell wurden diese Fragen sehr umweltbewusst beantwortet - die Teilnehmer waren der Meinung, dass Mülltrennung einfach ist ($M=5,11$; $SD=1,28$; $Mdn=5$), dass sie in der Lage sind, Müll korrekt zu trennen ($M=5,22$; $SD=1,27$; $Mdn=5$), dass sie generell umweltbewusst sind ($M=5,07$; $SD=1,39$; $Mdn=5$) und dass sie Müll stets nach bestem Wissen und Gewissen trennen ($M=5,42$; $SD=1,58$; $Mdn=6$). Auch ist Mülltrennung wichtig für die Teilnehmer ($M=5,03$; $SD=1,42$; $Mdn=5$). Die Gründe, weshalb Mülltrennung als unwichtig, beziehungsweise wichtig erachtet wird, sind in den Abbildungen 3.3(a) und 3.3(b)) aufgeschlüsselt. Die Freitextfelder, welche in beiden Fällen bereitgestellt wurden, führten zu keinem eindeutigen Ergebnis.

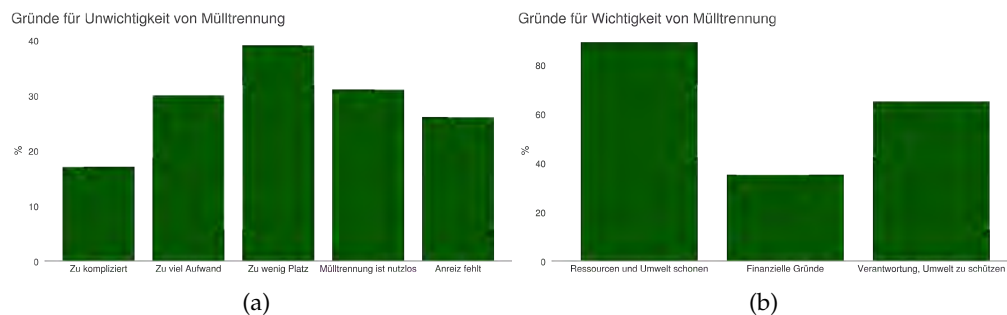


Abbildung 3.3: Gründe, weshalb Mülltrennung als unwichtig (a), beziehungsweise wichtig (b) erachtet wird

Falls Teilnehmer nicht wissen, wie Müll getrennt wird, informieren sie sich generell eher nicht ($M=3,17$; $SD=1,58$; $Mdn=3$) und auch die Behauptung, Mülltrennung in Deutschland sei kompliziert, wurde zunächst verneint ($M=3,46$; $SD=1,56$; $Mdn=3$). Interessant ist, dass das Selbstbewusstsein, Müll richtig trennen zu können, nach der Müllklassifikation geringfügig, aber signifikant abgenommen hat ($M=4,9$; $SD=1,17$; $Mdn=5$; $t(183)=3,35$; $p<0,01$; $d=-0,25$).

Müllklassifikationsaufgaben

Klassifikationen, die länger als die dreifache Durchschnittszeit pro Klassifikation ($M=7s$; $SD=104s$) dauerten, wurden gelöscht, da hier die Vermutung naheliegt, dass zusätzliches Material zu Hilfe herangezogen wurde. Nach diesem Schritt wurden die übrigen 7236 Klassifikationen aus dem ersten Durchlauf untersucht. Klassifikationen, die übersprungen worden sind, wurden als falsch angesehen. Die durchschnittliche Fehlerquote pro Teilnehmer lag bei $M=23,37\%$ ($SD=7,61\%$; $Mdn=22,5\%$). Dies bestätigt die Hypothese **H1**: Ein einzelner Nutzer ist generell

nicht in der Lage, Müll fehlerfrei zu trennen und bestätigt somit die Notwendigkeit des in dieser Arbeit vorgestellten Assistenzsystems, welches den Nutzer bei der Aufgabe, Müll korrekt zu trennen, unterstützt. Die Analyse der Fehlerquote in den eingeteilten Müllkategorien bestätigt die vorab vollzogene Einteilung in einfache, mittelschwere und schwere Objekte (mit Ausnahme bei Biomüll) und zeigt, dass Objekte unterschiedlich schwierig korrekt zu trennen sind. Abbildung 3.4 zeigt die Fehlerquoten der einzelnen Müllkategorien in den vorab zugeteilten Schwierigkeitsgraden. Demnach wurden die meisten Fehler, in allen Schwierigkeitsgraden, bei der Zuordnung zum Restmüll gemacht.

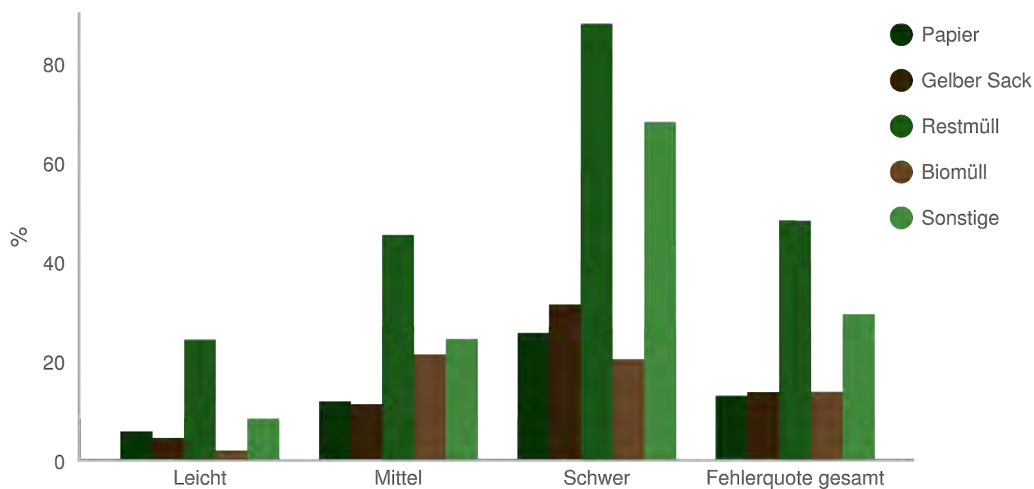


Abbildung 3.4: Fehlerquoten der einzelnen Müllkategorien in den vorab zugeteilten Schwierigkeitsgraden

Bei der Analyse des Zusammenhangs der Fehlerquote und der angegebenen Sicherheit stellte sich heraus, dass eine Vielzahl von Teilnehmern nur Extremwerte auf der 7-Punkt Likert-Skala bei der Sicherheit angaben. Dies könnte auf die Vergabe von Bonuspunkten bei schneller Zuordnung zurückzuführen sein.

Verbesserung der Fehlerquote in den einzelnen Durchläufen

Der Vergleich der Fehlerquote im ersten Durchlauf in der NF-Gruppe (kein Feedback) ($M=25,18\%$; $SD=8,8\%$) mit der Fehlerquote im ersten Durchlauf der GTF-Gruppen (Feedback vorhanden) ($M=22,6\%$; $SD=6\%$) zeigte eine geringere Fehlerquote in den GTF-Gruppen. Ein Zweistichproben-t-Test zeigte jedoch, dass dieser Unterschied nicht signifikant ist ($p=0,5$).

Der Bonus-Durchlauf, an dem 123 Personen teilnahmen, wurde vorab nicht angekündigt; die Teilnehmer konnten sich also nicht darauf einstellen und wurden

zwischen der Müllklassifikation und dem Bonus-Durchlauf durch die Beantwortung von verschiedenen Fragen abgelenkt. Die durchschnittliche Fehlerquote lag bei $M=80\%$, $SD=21\%$ in der NF-Gruppe und $M=12\%$, $SD=13,1\%$ in den GTF-Gruppen. Die Durchführung einer einfaktoriellen Varianzanalyse zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen Fehlerquote und zugeteilter Gruppe ($p<0,01$), ein Post-hoc-Test nach Games-Howell zeigte, dass der Unterschied zwischen jeder GTF-Gruppe und der NF-Gruppe signifikant ist ($p<0,01$).

An der Folgestudie, zu der die Teilnehmer eine Woche nach ihrer Teilnahme an der Hauptstudie eingeladen wurden, partizipierten lediglich 36 Teilnehmer (12 Teilnehmer aus der NF-Gruppe, 5 aus der GTF Gruppe, 3 aus der GTFEX-Gruppe, 7 aus der GTFCrowdSingle, sowie 9 aus der GTFCrowdAll -Gruppe), was die Aussagekraft dieser Folgestudie beeinträchtigt. Diese Folgestudie wurde durchgeführt, da die Ergebnisse des Bonus-Durchlaufs in der Hauptstudie nur Kurzzeiteffekte sein könnten. Zu Beginn der Folgestudie sollten zwei Fragen beantwortet werden: Zunächst wurde die Behauptung, sich mit Mülltrennung in der vergangenen Woche auseinandergesetzt zu haben, verneint ($M=2,86$; $SD=1,84$; $Mdn=2$). Ebenso wurde auch die Behauptung, Mülltrennung bewusster betrieben zu haben, verneint ($M=2,92$; $SD=1,86$; $Mdn=3$). Die Folgestudie bestand, wie bereits beschrieben, aus zwei Teilen. Die durchschnittliche Fehlerquote der Teilnehmer der NF-Gruppe in Teil 1 (Teil 2) betrug $M=54,7\%$; $SD=11,4\%$ ($M=54,3\%$; $SD=14,3\%$), während die Fehlerquote der Teilnehmer, die Feedback erhalten haben, durchschnittlich $M=33\%$; $SD=18,2\%$ ($M=23,8\%$; $SD=6,6\%$) betrug. Aufgrund der geringen Anzahl von Teilnehmern aus Gruppe 2 (GTFEX) wurden diese bei der einfaktoriellen Varianzanalyse von Teil 1 und Teil 2 ausgelassen. Diese einfaktorielle Varianzanalyse zeigte einen signifikanten Effekt zwischen zugeteilter Gruppe und der Fehlerquote in jedem Teil ($F(3,29)=5,61$; $p<0,01$ sowie $F(3,28)=26,3$). Ein durchgeführter Post-hoc-Test nach Gabriel zeigte, dass sich die Fehlerquote jeder GTF-Gruppe signifikant von der Fehlerquote der Teilnehmer aus der NF-Gruppe unterscheidet (für Teil 1 mit $p<0,05$, Teil 2 mit $p<0,01$). Dies zeigt, dass das gegebene Feedback tatsächlich hilfreich für nachfolgende Klassifikationen war. Die durchschnittliche Fehlerquote in Teil 2 ($M=34,2\%$; $SD=17,6\%$) war signifikant geringer ($t(34)=3,71$; $p<0,01$; $d=0,27$) als in Teil 1 ($M=38,5\%$; $SD=16,4\%$). Abbildung 3.5 fasst die Ergebnisse der Fehlerquoten in den einzelnen Durchläufen nach Kondition zusammen. Die Tatsache, dass Feedback zu signifikant geringeren Fehlerquoten geführt hat, unterstützt **H3**: Ein einzelner Nutzer verbessert sich mit der Zeit, wenn er Feedback zur Korrektheit seiner vorgenommenen Mülltrennung erhält. Dieses Erkenntnis ist von großer Bedeutung für die hier vorgestellte Arbeit, da die Nutzer, sowohl des Smartphone-Spiels, als auch des Mülleimers, durch sehr ähnliche Feedbackmechanismen Rückmeldung erhalten und somit die Erzielung von Lerneffekten, wie sie in dieser Studie gemessen worden sind, auch im vorgestellten System nicht unwahrscheinlich sind.

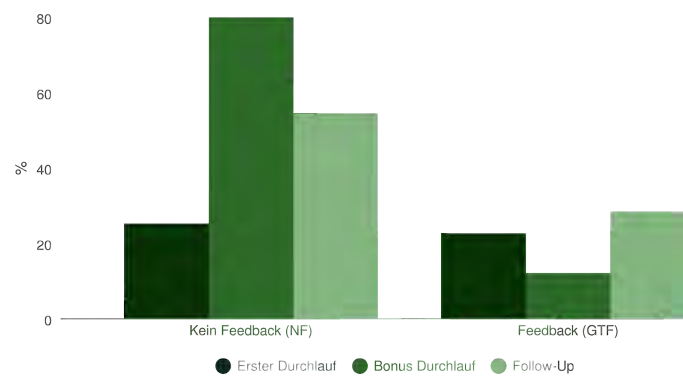


Abbildung 3.5: Fehlerquoten in den einzelnen Durchläufen nach Kondition

Korrektheit der Crowd

Zur Untersuchung der Korrektheit der Crowd-Entscheidungen wurden randomisierte Teilproben unterschiedlicher Größe betrachtet und die mittlere Fehlerquote der Crowd ermittelt. Um aussagekräftigere Ergebnisse zu erzielen, wurde dieser Prozess für jede Crowdgröße 100 Mal wiederholt und wiederum der Mittelwert der aggregierten Fehlerquoten errechnet. Das Ergebnis liefert Evidenz für die Gültigkeit von **H2**: Die Aggregation der einzelnen Klassifikationen führt stets zu einer geringeren Fehlerquote, als die alleinige Betrachtung individueller Klassifikationen, bestätigt somit die Gültigkeit der Ergebnisse aus [32] für den Anwendungsbereich Mülltrennung und unterstützt somit den im „Trash-Game“ gewählten, crowd-basierten Ansatz zur Klassifizierung von Müll. Die durchschnittlichen Fehlerquoten der Crowd und von Einzelpersonen in den jeweiligen Teilproben zeigt Abbildung 3.6.

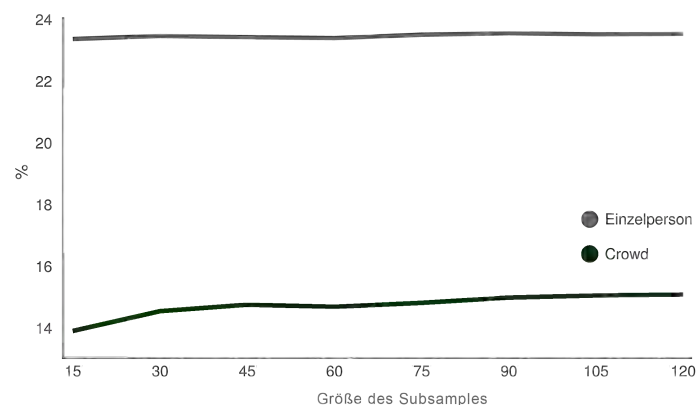


Abbildung 3.6: Durchschnittliche Fehlerquoten der Crowd und von Einzelpersonen in den jeweiligen Teilproben

Wirkung der Feedbackmechanismen und Spielelemente

Um die Wirkung der einzelnen Feedbackmechanismen (Richtig oder Falsch, Anzeige der korrekten Lösung, Erklärung für die richtige Lösung, sowie die Anzeige der Meinung der Crowd) und Spielelemente (Anzeige der erreichten Punktzahl, Position auf der Bestenliste, Wettkampfprinzip) wurden die Teilnehmer gefragt, ob die Spielelemente motivierend waren (A) oder, falls der Teilnehmer in einer Gruppe war, in der das jeweilige Element nicht angezeigt wurde (B), ob es motivierend gewesen wäre. Generell wurden die eingesetzten Feedbackmechanismen als motivierend angesehen (Mdn=5 in (A), Mdn=6 in (B)) mit der Ausnahme des Crowd-Feedbacks (A: N=74; M=3,5; SD=2,03; Mdn=3; B: N=110; M=3,72; SD=1,84; Mdn=4), mit keinem signifikanten Unterschied zwischen der GTFCrowdSingle-Gruppe und der GTFCrowdAll-Gruppe. Gründe hierfür könnte wiederum der Zeitdruck sein, da die Teilnehmer eventuell davon ausgingen, die Anzeige des Feedbacks würde zu der benötigten Zeit hinzugezählt werden oder auch die Tatsache, dass das Crowd-Feedback uninteressant war, wenn bereits ein Ground-Truth-Feedback angezeigt wird. Die Spielelemente wurden auch positiv wahrgenommen (Mdn=4 für die Darstellung der Punkte, Mdn=5 für alle anderen eingesetzten Spielelemente). Die Anzeige der aktuellen Position auf der Bestenliste wurde von Teilnehmern aus (A), also solchen Teilnehmern, für die dieses Element auch tatsächlich angezeigt wurde, positiver empfunden, als von Teilnehmern der Gruppe (B), die das Element nicht sahen (A:N=148; M=4,18; SD=2,16; Mdn=5; B: N=36; SD=1,76; Mdn=4). Die Auswertung der Freitextfelder, in die Teilnehmer eintragen konnten, was sie motivieren könnte, mehr Bilder zu bewerten, führte zu keinem eindeutigen Ergebnis.

3.4 Diskussion der Ergebnisse

Die Studie zeigt, dass Einzelpersonen generell nicht in der Lage sind Müll fehlerfrei zu trennen, durchschnittlich mehr als jedes fünfte Objekt wurde falsch klassifiziert. Somit kann **H1** bestätigt werden. Die Tatsache, dass die Teilnehmer allgemein ein persönliches Interesse an der Umwelt haben und sich selbst als umweltbewusst bezeichnen, gleichzeitig jedoch keine Informationen suchen, wenn sie einmal nicht wissen, wie bestimmter Müll getrennt werden soll, zeigt, dass ein Assistenzsystem, welches die Nutzer mit Informationen zur richtigen Mülltrennung versorgt, durchaus sinnvoll ist. Für die Spielmotivation ist das Vorhandensein von persönlichem Interesse und Umweltbewusstsein besonders positiv [14, 33]. Auch **H2** konnte durch die Studie bestätigt werden - das Prinzip der Weisheit der Vielen [32] kann also auf den Kontext der Mülltrennung übertragen werden, da die Crowd mit einer Fehlerquote von etwa 13.7% bis 14.9% in den verschiedenen Teilproben ungefähr 10% weniger Fehler machte, als die Einzelperson. Generell war die Fehlerquote der Crowd vergleichsweise gering verglichen mit der finanziell entlohten Crowd im BinCam-System [21], in dem die Fehlerquote bei rund 75% lag. Hierbei spielt natürlich auch die Qualität und

realitätsfernere Darstellung des Mülls in der in dieser Arbeit durchgeführten Studie eine Rolle, da im BinCam System nicht nur ein Objekt, sondern gleich mehrere Objekte verschiedener Kategorien gezählt werden mussten und es sich hierbei um echte Aufnahmen aus dem Mülleimer handelte. Dies war hier nicht der Fall, die Bilder wurden vorab gemacht und jedes Objekt wurde einzeln fotografiert. Allerdings wurde, im Gegensatz zur BinCam, die Crowd nicht bezahlt, sondern durch Spielelemente motiviert, was einen Einfluss auf die Qualität der Klassifikationen gehabt haben könnte [14]. **H3** konnte durch die Studie ebenfalls bestätigt werden - das angezeigte Feedback führte zu geringeren Fehlerquoten sowohl im Bonusdurchlauf, als auch in der Folgestudie nach einer Woche. Hierbei sei noch erwähnt, dass diese geringere Fehlerquote nicht nur für die gleichen Bilder gilt, sondern auch für die textuelle Repräsentation der Bilder. Der geplante spielerische Ansatz wurde durch die positive Resonanz auf die Spielelemente bestärkt, ähnliches gilt auch für die Feedbackmechanismen, die später sowohl seitens des Mülleimers, als auch in dem Smartphone-Spiel eingesetzt werden sollen.

Einschränkungen

Einige der Einschränkungen wurden bereits in den Ergebnissen erwähnt und sollen hier abschließend zusammengefasst werden. Zum einen haben die bereits angesprochenen Spielelemente, insbesondere die Bonuspunkte durch schnelles Antworten, eventuell den Nebeneffekt gehabt, dass die Teilnehmer sich schnell durch die Studie geklickt haben und weniger Acht auf das Feedback und die Wahl der Sicherheit bei der Klassifikationsaufgabe gelegt haben. Ebenfalls bereits angedeutet wurde, dass die gezeigten Müllbilder vorab fotografiert wurden und keine realen Bilder aus dem Mülleimer sind, was zu einer unrealistisch guten Darstellung geführt hat, die in der Realität so nicht zu erreichen sein wird, da der eingeworfene Müll in den meisten Fällen nicht aus einer solch eindeutigen Perspektive fotografiert werden kann. Eine weitere Einschränkung ist die Altersverteilung, da sehr viele Teilnehmer zwischen 21 und 30 Jahre alt waren, nichtsdestotrotz stellt diese junge Altersgruppe auch die Zielgruppe des Smartphone-Spiels dar. Zu guter Letzt muss festgehalten werden, dass die Umfrage das Recyclingverhalten deutscher Menschen untersucht hat und daher in der externen Validität eingeschränkt ist.

Kapitel 4

Konzept

Das in dieser Arbeit vorgestellte System besteht aus einem modifizierten, gamifizierten und öffentlich aufgestellten Mülleimer, der den eingeworfenen Müll zur Klassifizierung an ein Smartphone-Spiel sendet, deren Spieler schließlich die Rückmeldung für den Nutzer am Mülleimer generieren und diesen somit über die Korrektheit seiner Mülltrennung informieren. Abbildung 4.1 zeigt dieses Prinzip im Überblick.

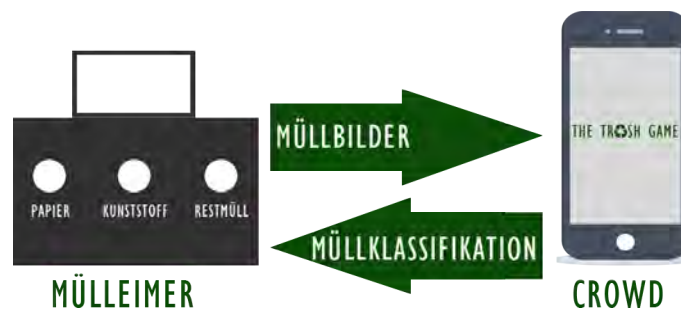


Abbildung 4.1: Überblick über das vorgestellte System und dessen Komponenten

Mit Hilfe des Systems sollen Nutzer durch den Einsatz passender Feedback-mechanismen lernen, Müll korrekt zu trennen, auf das Thema Mülltrennung aufmerksam gemacht werden und mit Hilfe des spielerischen Ansatzes zu einer Verhaltensanpassung motiviert werden.

4.1 Spielprinzipien

Um die angegebenen Ziele zu erreichen werden verschiedene Spielelemente und Spielmechaniken eingesetzt, um Emotionen, Spaß und Begeisterung beim Spieler auszulösen und somit die Mülltrennung zu einem Erlebnis zu machen. Wie bereits angedeutet wird Gamification als Motivator eingesetzt, um die gewünschte Verhaltensänderung zu erzielen. Diese Vorgehensweise hat sich bereits in vielen Arbeiten bewährt [21, 14, 28] und kann die intrinsische Motivation von Spielern erhöhen [17]. Eingesetzte Spielelemente und Spielmechaniken in der mobilen App und im gamifizierten Mülleimer basieren zum Teil auf den gleichen Konzepten, die nun zunächst vorgestellt werden sollen.

4.1.1 Gemeinschaft

Das Bilden einer Gruppe, um gemeinsam ein Ziel zu erreichen, hat aus vielerlei Hinsicht positive Auswirkungen auf Motivation und Spielspaß des einzelnen Spielers. In seiner 1943 veröffentlichten Arbeit, stellt der Psychologe Abraham Maslow eine Hierarchie menschlicher Bedürfnisse auf [34], die in Abbildung 4.2 in Form einer Pyramide dargestellt ist. Während Einpersonenspiele auf Ebene vier anzusiedeln sind, sind Gruppenspiele eine Ebene darunter einzuordnen, erfüllen grundlegendere Bedürfnisse und sorgen somit für mehr Motivation seitens des einzelnen Spielers, Ziele der vierten Ebene, wie, übertragen auf den Spielkontext, beispielsweise Punkte, Preise oder Abzeichen, zu erreichen [34, 33].



Abbildung 4.2: Bedürfnishierarchie nach Maslow

Des Weiteren führt das Spielen mit Anderen und das Teilen eines gemeinsamen Ziels zu Spaß, sowie häufigeren, intensiveren und in größerer Variation auftretenden Emotionen [35]. Selbst das bloße Wissen über das Engagement oder

Verhalten anderer Gruppenmitglieder ist motivierend und drängt den einzelnen Spieler dazu, ebenfalls dieses Engagement oder Verhalten zu zeigen, um dem menschlichen Bedürfnis nach Gruppenzugehörigkeit nachzukommen [14, 33].

4.1.2 Wettstreit

Auch beim Prinzip des Wettstreits sind mehrere Spieler involviert. Dies führt zunächst zu ähnlichen Effekten in Bezug auf Emotion und Motivation, wie beim gemeinschaftlichen Spiel, jedoch mit dem Unterschied, dass bei dem Prinzip des Wettkampfs ein weiteres, wichtiges menschliches Bedürfnis befriedigt wird: Das Bedürfnis, sich mit anderen Spielern zu vergleichen und sich anhand der eigenen Leistung in einer Menge mit anderen Spielern einzuordnen und dadurch Rückmeldung über sein Geschick und Können zu erhalten [33]. Der Wettstreit mit anderen Spielern hat auch deshalb einen motivierenden Effekt [14], weil der Gegenspieler selbst einen ebenbürtigen Gegner darstellt und somit zu einer Herausforderung wird [33]. Diese Herausforderungen sind daher ein weiterer Grund, weswegen das Prinzip des Wettstreits eine motivierende und begeisterte Wirkung auf die Spieler eines Spiels hat [36], dies bestätigen auch die Ergebnisse der in den verwandten Arbeiten durchgeführten Studien [14, 21].

4.1.3 Feedback

Wenn bei einer Aktion seitens des Spielers, keine Reaktion des Systems erfolgt oder diese erst sehr spät erfolgt, so verliert der Spieler schnell den Fokus und wird aus dem Spielfluss gerissen [33]. Weiterhin möchten Spieler bewertet werden, um Wissen über die eigene Fähigkeit im Spiel zu erlangen [33]. Dies kann, wie oben beschrieben, durch andere Spieler geschehen, aber auch vom System selbst. Deshalb ist es von großer Bedeutung, dem Spieler Rückmeldung über die von ihm getätigten Aktionen zu geben. Diese Rückmeldung kann belohnend sein, wenn der Spieler im Sinne des vom Spiel definierten Ziels gehandelt hat, jedoch auch bestrafend, wenn seine Aktion kontraproduktiv für das Erreichen des Spielziels gewesen ist. Der Einsatz von belohnendem oder bestrafendem Feedback hat positive Auswirkungen auf das Lernverhalten des Nutzers und hilft somit, den Spieler im Sinne des gewünschten Verhaltens zu erziehen [19]. In jedem Fall sollte dem Spieler nach seiner Aktion jedoch auch die im Sinne des Spielziels korrekte Antwort gegeben werden, um zum einen einen „Aha“-Effekt beim Spieler zu bewirken, der nicht selten für Überraschung sorgt [33], zum anderen jedoch auch dem Spieler die Möglichkeit gibt, sich zu verbessern und schließlich dadurch sein Verhalten im Sinne des Spielziels ändern zu können, wie es sich die Spieler auch in [21] gewünscht haben. Dass es wichtig ist, dem Spieler möglichst schnell Rückmeldung zu geben, zeigt auch die von Thieme et al. [21] durchgeführte Studie. Hier bemängelten die Spieler nur einmal in der Woche Feedback zu erhalten, da dadurch wenig Rückschlüsse auf das Fehlverhalten gezogen werden konnten. Weiterhin bemängelten die Spieler die Art und Weise

des Feedbacks. Da es keine hinreichenden Informationen über den Grund des negativen Feedbacks gab, beziehungsweise im Falle eines Fehlers das korrekte Verhalten nicht präsentiert wurde, konnten die Teilnehmer ihr Verhalten schwerer zum Positiven verändern [21]. Letzteres zeigt die Wichtigkeit der Präzision des Feedbacks, gerade im Hinblick auf Verhaltensänderung, die auch, durch das in dieser Arbeit vorgestellte System, hervorgerufen werden soll. Ebenso wichtig, um eine Verhaltensänderung zu erreichen, ist es, die Auswirkungen der vom Spieler getätigten Aktion aufzuzeigen, insbesondere beim Entsorgen von Kleidung oder Müll generell, da hierbei das weitere Vorgehen weitestgehend unbekannt ist und der Spieler die Verantwortlichkeit und Bindung für und zu seinem weggeworfenen Objekt verliert [28]. Durch Feedback muss der Spieler außerdem auch den eigenen Fortschritt verfolgen können, da er dadurch für sein korrektes Verhalten belohnt und in seiner Motivation gestärkt wird [33].

4.1.4 Interaktion

Eines der Grundprinzipien interaktiver Systeme ist deren leichte Erlernbarkeit [37]. Gerade im Bezug auf persuasive Systeme, zu denen das in dieser Arbeit vorgestellte System zählt, ist es von besonderer Bedeutung, die Interaktion möglichst intuitiv, einfach und schnell erlernbar zu gestalten, da dies Menschen motiviert, sich umweltbewusster zu verhalten und somit hilft, die vom System beabsichtigte Verhaltensänderung herbeizuführen [38, 39]. Um die Interaktion so zu gestalten, dass sie positive Emotionen beim Nutzer auslöst, ist auch die visuelle Gestaltung von großer Bedeutung [37]. Sowohl Farbe, als auch passende Icons, Animationen, Interaktionsmetaphern und sonstige grafische Elemente können hierzu genutzt werden [37]. Eine zu lange Wartezeit gilt es zu verhindern, da dies schnell zu Frustration beim Nutzer führt [37]. Kommt es zu einer Wartezeit, so ist es von hoher Bedeutung dem Nutzer dennoch ständig Feedback über den aktuellen Status des Systems zu geben [33]. Dieses Feedback kann in Form einer Metapher gegeben werden, die dem Nutzer den Grund für die Verzögerung plausibel macht. Dies reduziert die Langeweile und Frustration des wartenden Nutzers und hilft ihm, nicht den Fokus zu verlieren [33].

4.1.5 Persönliches Interesse

Ist ein gewisses Interesse für das Ziel oder Thema eines Spiels bereits vorhanden, so fällt es den Spielern viel leichter, Begeisterung für dieses Spiel zu entwickeln [14]. Dies gilt vor allem auch im Bereich der umweltbezogenen Spiele, zu dem auch das in dieser Arbeit vorgestellte System gehört. Sind Spieler bereits für das Thema Umwelt sensibilisiert und leben umweltbewusst, so ist die intrinsische Motivation, eine App zu benutzen, die das Ziel hat, die Umwelt zu verbessern, bereits vorhanden und entsprechend hoch [14]. Um Spieler, die sich bisher eher weniger mit dem Thema, beziehungsweise Ziel des Spiels befasst haben, für das

Spiel zu begeistern, ist es daher wichtig, das Interesse für Umwelt beziehungsweise speziell im Bezug auf diese Arbeit, Mülltrennung und Müllreduktion, zu wecken und sie für dieses Thema zu sensibilisieren.

4.1.6 Überraschung

Spaß ist wohl das Hauptziel, welches in einem Spiel oder einem gamifiziertem System erreicht werden sollte. Schell definiert Spaß unter anderem als Vergnügen mit Überraschungen [33]. Diese Definition zeigt den Stellenwert, den das Prinzip der Überraschung in einem Spiel einnimmt. Menschen lieben es, überrascht zu werden und schöpfen neben Vergnügen auch Motivation aus Überraschungen [33]. So haben auch Teilnehmer der von Bosch et al. [28] durchgeführten Studie sehr positiv auf unerwartetes Feedback reagiert, da dieses dazu führte, dass Nutzer dem System ihre Aufmerksamkeit schenken. Daher wird auch die Verwendung von überraschendem Feedback zur Änderung eines Verhaltens, sowie zur gezielten Aufmerksamkeitssteuerung, empfohlen [28].

4.2 Mülleimer

Durch den Einwurf von Müll in den Mülleimer initiiert der Nutzer die Interaktion. Sobald der Müll eingeworfen ist, wird dieser fotografiert und zur Klassifizierung an die Crowd gesendet. Dadurch können gleich zwei Nutzermengen erreicht werden und aus der erhaltenen Rückmeldung richtiges Verhalten erlernen: Die Spieler des Smartphone-Spiels und auch die Nutzer vor dem Mülleimer. Durch den Einsatz des Mülleimers werden also auch potenzielle Spieler für das Smartphone-Spiel rekrutiert und solche Nutzer erreicht, die ursprünglich eher wenig Interesse an dem Thema hatten. Aufgestellt ist der Mülleimer an öffentlichen Orten, wie beispielsweise einer Universität. Dies soll zum einen verhindern, weggeworfenen Müll einer bestimmten Person zuzuordnen zu können, da dies wie in [21] zu Datenschutzbedenken führen könnte, die in einem ubiquitären System vermieden werden sollten [21, 40]. Zum anderen jedoch auch dazu führen, dass gerade diejenigen angesprochen und aufmerksam gemacht werden, die sich nicht von sich aus für das Thema Mülltrennung interessieren würden. Obwohl der weggeworfene Müll nicht einer Person zugeordnet werden kann, entsteht durch die öffentliche Zurschaustellung der Richtigkeit der Trennung ein sozialer Druck, der dazu führt, dass der Nutzer intensiver und bewusster darüber nachdenkt, in welche Kammer der Müll geworfen werden sollte [21].

4.2.1 Aufbau

Der Mülleimer besteht aus drei einzelnen Kammern, die jeweils einen eigenen Einwurf haben. Jede Kammer ist durch ein Schild ausgezeichnet, das angibt,

welcher Müll in das entsprechende Loch eingeworfen werden darf. In den einzelnen Kammern ist jeweils eine Kamera an der Decke angebracht, die den Inhalt fotografiert, sobald neuer Müll eingeworfen wird. Auf der Außenseite des Deckels steht ein Bildschirm, der zum einen die Aufmerksamkeit vorbeikommender Leute erweckt, zum anderen dem Nutzer auch direktes Feedback nach dem Wegwerfen eines Objekts gibt. In Abbildung 4.3 ist der Aufbau des Mülleimers im Längsschnitt dargestellt.

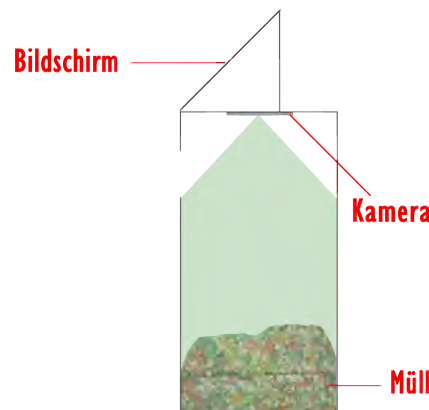


Abbildung 4.3: Aufbau des Mülleimers im Längsschnitt

4.2.2 Spielelemente und grundlegende Spielmechanik

Zunächst zeigt der Bildschirm auf dem Mülleimer abwechselnd die aktuelle Teamrangliste, die letzten getätigten Einwürfe mit Bild und deren Korrektheit, sowie Informationen zu Auswirkungen von richtiger, beziehungsweise falscher Mülltrennung. Spielelemente, welche in diesem Ruhemodus eingesetzt werden, sind zunächst die Teamrangliste, die das in Kapitel 4.1.2 vorgestellte Prinzip des Wettstreits aufgreift aber neben diesem kompetitiven Aspekt auch gleichzeitig das in Kapitel 4.1.1 beschriebene Gemeinschaftsgefühl stärkt, da diese Rangliste keine Einzelspieler-Rangliste ist, sondern eine Team-Rangliste.

Durch die Zugehörigkeit eines jeden Nutzers zu einem mit dem Mülleimer assoziierten Team, wird neben dem bereits erwähnten Gemeinschaftsgefühl auch ein gewisser Gruppendrang erzeugt, deren positive Aspekte ebenfalls bereits in Kapitel 4.1.1 erläutert wurden. Ein weiteres Spielelement ist die Team-Punktzahl, die, um das Bewusstsein der Gruppenzugehörigkeit zu erhöhen, stets mittig am oberen Bildschirmrand, direkt über dem Team-Namen, zu sehen ist. Dort befindet sich außerdem ein QR-Code, der sofort zum Download des Smartphone-Spiels führt am oberen linken Rand, sowie die Menge des vom Mülleimer produzierten Kohlenstoffdioxids und die vom Mülleimer eingesparte Menge an Kohlenstoffdioxid, in der oberen rechten Ecke. Je nachdem, wie viel Müll richtig, beziehungsweise falsch getrennt wurde, ist die Einsparung, beziehungsweise die Produktion von Kohlenstoffdioxid entsprechend hoch. Dieser Feedbackmechanismus ist eng

verwandt mit der angezeigten Punktzahl, hat aber, im Gegensatz zu der reinen Punktzahl, zusätzlich auch einen erzieherischen Effekt, sowie die Relation zu Natur und Umwelt und spricht den Nutzer dadurch auf einer tieferen emotionalen Ebene an [11]. Die Berechnung des freigesetzten, beziehungsweise eingesparten Kohlenstoffdioxids basiert auf den in [5] ermittelten Daten. Da für die erste Version des Prototypen auf eine Waage verzichtet wurde, wird das Gewicht des Mülls zufällig im Bereich zwischen 30 und 200 Gramm gewählt. Abbildung 4.4(a) zeigt ein Mock-Up des Startbildschirms, auf dem die Teamrangliste, sowie die allgemeinen Spielelemente angezeigt werden.

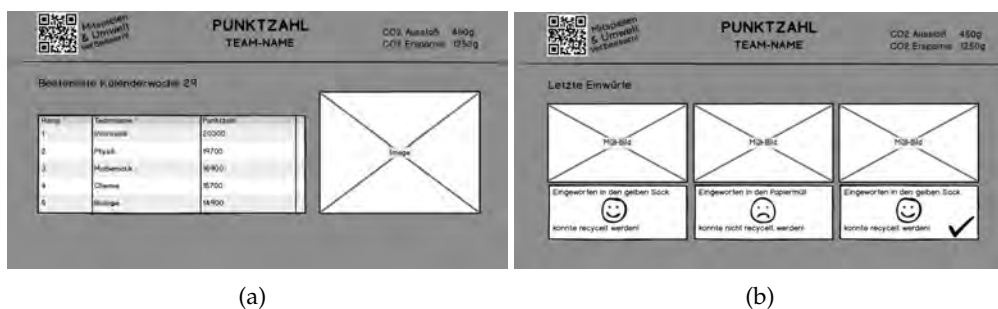


Abbildung 4.4: Anzeige der Team-Bestenliste auf dem Bildschirm (a) und Anzeige der letzten Einwürfe (b)

Die Anzeige relevanter Informationen zum Thema Mülltrennung, auch in Form lustiger Vergleiche, dient ebenfalls dazu, den Nutzer zu sensibilisieren, sein Interesse zu wecken und damit das Spielprinzip des persönlichen Interesses anzusprechen [11]. Das Anwenden von Spielelementen, die den Wettbewerb erhöhen in Kombination mit der Anzeige von Informationen, die den Nutzer in einem Thema schulen, wird auch in [11] als Schlüsselpunkt zum Erreichen persuasiver Effekte identifiziert. Beim Design des Interfaces für den Bildschirm ist besonderer Wert auf die Attraktivität gelegt worden, um bei dem Nutzer von Anfang an positive Emotionen zu wecken [41]. Um diese Attraktivität zu erreichen wurden die Design-Prinzipien und Usability-Ziele aus [37] befolgt, speziell wurde hierbei Wert auf das Usability-Ziel „Effectiveness“ gelegt. Dies ist ein sehr allgemeines Ziel und gibt an, wie gut ein Produkt ist, das zu tun, was es tun soll, beziehungsweise wie gut und effizient die Nutzer des Produkts ihre intendierte Aufgabe bewältigen können. [37]. „Effectiveness“ ist daher so wichtig, da die vorrangig beabsichtigte Intention, Müll zu entsorgen, sehr einfach zu bewältigen sein sollte, der Nutzer soll den Mülleimer weiterhin, wie gewohnt, nutzen können und das Assistenzsystem als nützlichen Zusatz wahrnehmen. Das Design-Prinzip „Visibility“, das die Ersichtlichkeit der zu tätigenden Aktionen, um ein gewisses Ziel zu erreichen, umfasst, wird durch die klar ersichtlichen Einwurföffnungen, versehen mit Schildern, die die entsprechende Müllart kennzeichnen, erfüllt. Die Einwurföffnungen erfüllen gleichzeitig auch die Prinzipien „Affordances“, als auch

„Constraints“, da sie dem Nutzer die Form der Interaktion, also den Einwurf von Objekten in diese Löcher, suggerieren, als auch die vom Nutzer ausgeführten Aktionen, durch die Größe und Form des Lochs, physikalisch einschränken. Das Design-Prinzip „Feedback“, welches in 4.1.3 auch als eigenes Spielprinzip in dieser Arbeit aufgegriffen wurde, wird durch die durchgehende Anzeige des Systemstatus und die Rückmeldung zur Korrektheit der Mülltrennung erfüllt. Wird nun Müll in eine der drei Einwürfe geworfen, so wird dieser fotografiert und vom Hintergrund freigestellt. Ebenfalls wechselt die Ansicht des Bildschirms (Abbildung 4.5). Jetzt sieht der Nutzer seinen eingeworfenen Müll und erhält die Mitteilung, dass der eingeworfene Müll nun klassifiziert wird. Neben dem Müllbild und einer Warteanimation wird außerdem ein generierter QR-Code angezeigt, der nach dem Abscannen auf eine mobile Webseite führt, auf der der Nutzer das Feedback der Crowd auch unterwegs erhalten kann. Ist die Zeit abgelaufen, so wird das Ergebnis bekannt gegeben. Rückmeldung erhält der Nutzer

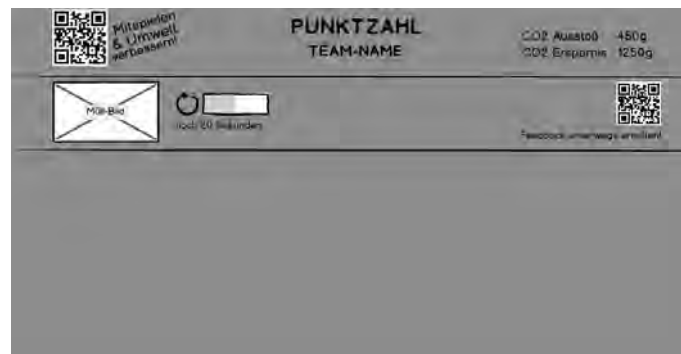


Abbildung 4.5: Anzeige des eingeworfenen Mülls, sowie der Wartezeit und einem QR-Code, der den Nutzer nach Abscannen auf eine mobile Webseite führt, auf der das Feedback ebenfalls angezeigt wird

in Form einer vom oberen Bildschirmrand einfahrenden Box, die das Ergebnis der durch die Crowd getätigten Abstimmung in Form einer Distribution der abgegeben Stimmen in Prozent für die jeweilige Kammer darstellt. Die Anzeige von Crowd-Feedback wurde aufgrund der Ergebnisse in [20] gewählt, da hier normatives Feedback zu signifikant besserer Mülltrennung führte. Neben der Stimmverteilung in Prozent wird bereits in der Überschrift der einfahrenden Dialogbox dargestellt, ob die Entscheidung des Nutzers richtig oder falsch war. Je nachdem ob richtig oder falsch, wird die Überschrift auch entsprechend, grün für richtig und rot für falsch, eingefärbt, um das Feedback mit Hilfe von Farben zu intensivieren und die beim Nutzer ausgelöste Emotion zu bekräftigen [37]. Der Nutzer erhält außerdem Punkte für sein Team, die von der prozentualen Zustimmung der Crowd für die vom Nutzer gewählte Müllart abhängt und errechnet sich durch die prozentuale Zustimmung der Crowd multipliziert mit Zehn. Die Punktzahl ist entweder positiv, sofern die korrekte Entscheidung getroffen wurde oder negativ bei einer falschen Entscheidung und wird auf die

Teampunktzahl addiert. Je nachdem, wie viel Zuspruch der Nutzer in seiner Entscheidung bekommt, erhält er entsprechend mehr Punkte. Neben den Punkten, der Stimmverteilung und dem in entsprechender Farbe eingefärbten Text wird das Bewusstsein über die Korrektheit der vorgenommenen Trennung mit Hilfe eines Emoticon amplifiziert, der in [22] eine Verhaltensänderung bewirkt hat und zu einer Verdreifachung der Recyclingquote führte. Abbildung 4.6 zeigt das frühe Mock-Up des angezeigten Feedbacks, auf dem die Stimmverteilung der Crowd noch nicht berücksichtigt wurde.



Abbildung 4.6: Frühzeitiger Entwurf für die Anzeige des von der Crowd generierten Feedbacks

4.2.3 Zielgruppe

Die Zielgruppe besteht aus Studenten, Mitarbeitern, Mitgliedern einer Organisation oder Institution oder generell einer Menge von Leuten, die gruppiert werden können, da der Mülleimer öffentlich aufgestellt wird und es die Möglichkeit geben sollte, Teams zu bilden. So könnten an einer Universität die verschiedenen Fakultäten als Teams gegeneinander spielen oder an der Arbeitsstätte einzelne Abteilungen. Die Teamzugehörigkeit eines Nutzers wird dabei jedoch nicht verifiziert, sondern wird alleine aufgrund des Standorts des Mülleimers bestimmt. Diese flexible Teamzuordnung hat den Vorteil, dass beim Entsorgen des Mülls kein Mehraufwand für den Nutzer entsteht, jedoch den Nachteil, dass Nutzer eines fremden Teams leichter in böser Absicht die Mülltrennung falsch vornehmen können. Da jedoch der wesentlich geringere Aufwand als wichtiger zur Akzeptanz des modifizierten Mülleimers erachtet wurde, ist die flexible Lösung vorgezogen worden. Eine Altersgruppe gibt es nicht, es sollen bewusst Leute in jedem Alter mitspielen können. Aufgrund dieser sehr heterogenen Zielgruppe ist die Interaktion auf das Wesentliche beschränkt und die übliche Nutzung des Mülleimers kann wie gewohnt fortgesetzt werden. Diese Herangehensweise unterstützt die in Kapitel 4.1.4 beschriebenen Interaktionsprinzipien.

4.3 Smartphone-Spiel

Da die automatische, rein auf Sensorik basierte, Identifikation von Müll in einem öffentlichen Mülleimer nicht kostengünstig und raumsparend umsetzbar ist, wie ein Beispiel von automatischen Mülltrennanlagen zeigt [42], übernimmt diese Aufgabe eine Menge von Menschen, die Crowd. Daher kann das Smartphone-Spiel auch als „Game With A Purpose (GWAP)“ [43] bezeichnet werden. Das Smartphone-Spiel generiert in erster Linie das Feedback für Nutzer des Mülleimers, jedoch können dadurch auch die Spieler selbst, weil sie sich mit dem Thema Mülltrennung befassen, richtiges Mülltrennverhalten erlernen. Da die Spieler des Smartphone-Spiels im echten Leben auch Nutzer von Mülltonnen sind, können sie hier von dem erlernten Wissen profitieren und die Trennung des Mülls auch im echten Leben korrekt vornehmen. Bei der Gruppe der Spieler des Smartphone-Spiels ist weiterhin hervorzuheben, dass durch einen einzigen Einwurf gleich eine große Menge von Spielern mit diesem Einwurf konfrontiert werden und somit, vorausgesetzt es können ähnliche Effekte wie in der in Kapitel 3 vorgestellten Studie erzielt werden, das Lernpotenzial seitens der Crowd nicht zu unterschätzen ist. Diese Tatsache wurde in den vorgestellten Arbeiten kaum fokussiert und bestätigt den Ansatz, eine echte, intrinsisch motivierte Crowd zu nutzen, statt einen automatisierten Ansatz anzustreben oder eine finanziell entlohnte Nutzermenge zu wählen, deren intrinsische Motivation gering [14] und Fehleranfälligkeit hoch ist [21]. Unterstützt wird der crowd-basierte Ansatz durch das Ergebnis von [32], aus dem hervorgeht, dass eine Gruppe von mehreren Personen allgemein zu einem besseren Ergebnis kommt, als der Einzelne. Dass dieses Prinzip der Weisheit der Vielen [32] auch in dem in dieser Arbeit vorgestellten Szenario anwendbar ist, zeigt die durchgeführte Vorabstudie.

4.3.1 Spielelemente und grundlegende Spielmechanik

Um die Crowd zu motivieren, den in den Mülleimern entsorgten Müll zu klassifizieren, wurden verschiedene Spielelemente benutzt und verschiedene Spielmechaniken entwickelt, die nachfolgend vorgestellt werden sollen.

Ausgangssituation

Jeder Spieler des Smartphone-Spiels ist Inhaber einer Recyclingfabrik, erhält in unregelmäßigen Abständen Aufträge, die er entweder annehmen oder ablehnen kann. Zu Beginn des Spiels können sich die Spieler einen Namen für ihre Fabrik aussuchen, ein Avatarbild anlegen und erhalten ein Anfangsbudget von 500 Coins, über das sie frei verfügen können. Des Weiteren besteht jede Firma aus einer Müllverbrennungsanlage und mehreren Recyclinganlagen, für jede der drei Müllarten Altpapier, Restmüll und Gelber Sack, eine. Diese werden, neben der Anzeige der Energieeffizienz und der CO₂-Bilanz auf dem Hauptscreen der App

angezeigt. Diese Anzeige macht dem Spieler die Verbindung zwischen Müllrecycling und dessen Auswirkungen auf die Umwelt deutlich und hat dadurch einen motivierenden Effekt [28]. Das Hauptmenü am unteren Bildschirmrand, sowie grundlegende Informationen zur Firma (Avatar, Name, Erfahrung, die durch einen bis maximal fünf Sterne visualisiert wird, Kontostand und Marktwert) werden dem Spieler permanent angezeigt. Abbildung 4.7 zeigt ein Mock-Up des Hauptscreens.

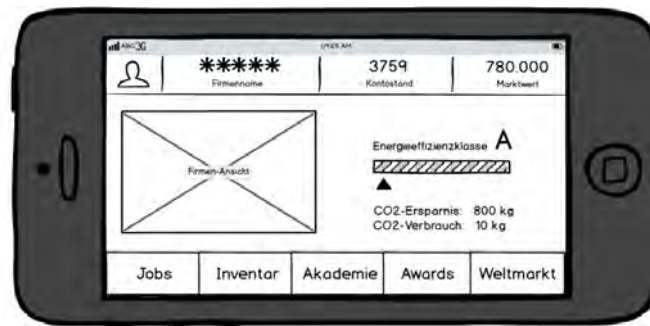


Abbildung 4.7: Mock-Up des Mainscreens des Smartphone-Spiels mit den in 4.3.1 vorgestellten Elementen

Marktwert einer Firma

Um dem Spieler zum einen Rückmeldung zu seiner Leistung im Spiel zu geben und somit das in Kapitel 4.1.3 beschriebene Spielprinzip Feedback zu bedienen, zum anderen jedoch auch eine Basis für eine kompetitive (Kapitel 4.1.2) Spielkomponente zu legen, hat jede Firma einen Marktwert, der stets oben rechts am Bildschirmrand angezeigt wird. Dieser Marktwert setzt sich aus den nachfolgend aufgeführten Attributen zusammen:

- Der Erfahrung des Spielers: Je mehr Objekte der Spieler klassifiziert hat, desto höher ist seine Erfahrung. Sie wird auf einer Skala von eins bis fünf bemessen und in Form von Sternen am oberen Bildschirmrand visualisiert.
- Der Energieeffizienz: Diese hängt von der Differenz der korrekt und inkorrekt klassifizierten Objekten ab. Je größer diese Differenz ist (mehr Objekte wurden korrekt, statt inkorrekt klassifiziert), desto besser ist die Energieeffizienz, da durch das korrekte Recycling der CO₂-Ausstoß und die benötigte Energie minimiert werden. Die Energieeffizienz kann nicht unter Null sinken, wird auf einer Skala angezeigt und in den Klassen A (sehr gut) bis F (sehr schlecht) angegeben.
- Erhaltene Zertifikate: Belegt der Spieler Seminare, in denen er lernt, Müll korrekt zu trennen, so erhält er dafür Zertifikate. Diese haben jeweils einen festen Wert, welcher den Marktwert des Unternehmens positiv beeinflusst.

- Der aktuelle Kontostand: Dieser wird auf die Summe der genannten Attribute aufaddiert.

Aufträge

Wirft ein Nutzer Müll in den modifizierten Mülleimer, so erhalten die Spieler des Smartphone-Spiels einen Auftrag (Abbildung 4.8(a)). Ein Auftrag besteht aus dem Bild des Mülls verbunden mit der Aufgabe, diesen Müll auf Basis des angezeigten Bildes zu recyceln, wie in Abbildung 4.8(b) skizziert ist. Der Spieler muss sich dabei für eine Recyclinganlage entscheiden, die er nutzen will, um den angezeigten Müll zu entsorgen oder kann den Müll an eine Einrichtung weiterverkaufen, sofern der Spieler keine passende Entsorgungsmöglichkeit sieht (Beispielsweise bei Batterien). Bei der Wahl der Recyclinganlage kann der Spieler

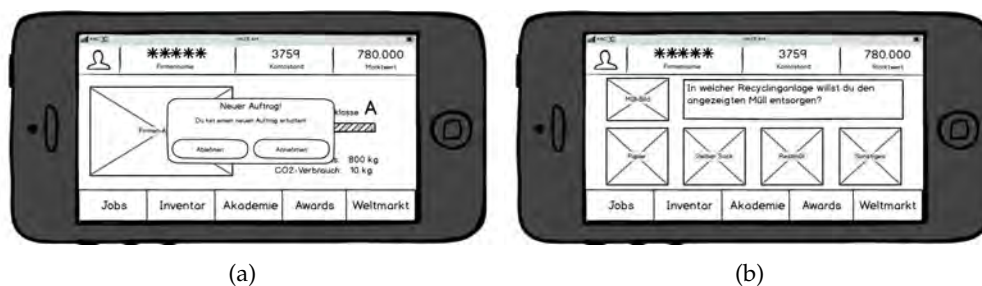


Abbildung 4.8: Der Spieler erhält einen neuen Auftrag (a) und muss nach Annahme des Auftrags entscheiden, wie dieser entsorgt werden soll (b)

angeben, wie sicher er sich bei seiner Entscheidung ist. Im Falle einer korrekten Entscheidung, wobei korrekt im Sinne der Crowd heißt, erhält der Spieler die aus dem Recyclingprozess gewonnenen Rohstoffe (oder im Falle eines Weiterverkaufs direkt das Geld), die anschließend in sein Inventar übertragen werden. War die Entscheidung des Spielers nicht korrekt, so muss er eine Gebühr zahlen. In besonders schweren Fällen (nur ein sehr geringer Anteil der Crowd war seiner Meinung), kann es passieren, dass seine Recyclinganlage Schaden nimmt, der repariert werden muss. Dieses Feedback in Form von Belohnung beziehungsweise Bestrafung wird eingesetzt, um dem Spieler das gewünschte Verhalten anzutrainieren [19] und somit die Fähigkeiten des Spielers bei der Mülltrennung zu verbessern, wie auch die Vorabstudie zeigte. Eine klare Schwäche des Systems ist jedoch, dass die als korrekt angegebene Klassifizierung der Crowd falsch sein kann und somit in diesen Fällen fehlerhaftes Verhalten belohnt wird. Je nach Höhe des aktuellen Marktwerts wird die Entscheidung des Spielers mehr gewichtet und der Spieler erhält im Falle einer korrekten Entscheidung auch mehr Rohstoffe (beziehungsweise Geld). Gleiches gilt jedoch auch für falsche Entscheidungen: Die Bestrafung fällt, je nach Höhe des Marktwerts, größer aus. Die Gestaltung des Interfaces hat sich auch hier an den bereits erwähnten Design-Prinzipien und Usability-Zielen aus [37] orientiert und dabei Aspekte aus Kapitel

4.1.4 berücksichtigt.

Rohstoffe und Geld

Wie bereits erwähnt, erhält der Spieler im Falle der korrekten Erledigung eines Auftrags, Rohstoffe. Als Rohstoff gelten die Materialien Papier und Plastik, als auch Energie allgemein. Diese Rohstoffe können gegen Geld verkauft werden. Das Geld führt zu einem höheren Marktwert, kann jedoch auch zur Reparatur oder Aufrüstung der Recyclinganlagen eingesetzt werden. Beispielsweise können die Recyclinganlagen effizienter arbeiten, das heißt der Spieler erhält mehr Rohstoffe aus Müll oder auch schneller arbeiten, was dazu führt, dass der Spieler öfter Aufträge erhält. Rohstoffe und das damit verbundene Geld dienen außerdem als Belohnung für den Spieler und haben darüber hinaus einen Überraschungseffekt, da die Menge der Rohstoffe und deren Wert vorher nicht abgeschätzt werden können. Es kann auch von Zeit zu Zeit vorkommen, dass im Müll wertvolle Gegenstände (zum Beispiel ein Barren Gold) gefunden werden, was ebenso einen Überraschungseffekt auslöst (vergleiche Kapitel 4.1.6).

Akademie

An der Akademie können Spieler Seminare belegen. Für die erfolgreiche Teilnahme an diesen Seminaren, in denen wichtige Informationen zur korrekten Mülltrennung vermittelt werden, erhält der Spieler Zertifikate. Einige Beispiele für diese Zertifikate sind in Abbildung 4.9 dargestellt.



Abbildung 4.9: Zertifikate für die Teilnahme an einem Seminar über die Reduktion des CO₂-Ausstoßes der Firma, über das Einsparpotenzial durch richtiges Recycling und für die Teilnahme an einer Vielzahl von Seminaren

Die Seminare dienen der in [11] empfohlenen Bildung der Nutzer, indem sie Wissenslücken bezüglich korrekter Mülltrennung schließen und haben außerdem das Ziel, dadurch das persönliche Interesse der Spieler zu wecken, um die in Kapitel 4.1.5 aufgezeigten positiven Effekte zu erzielen.

Weltmarkt

Auf dem Weltmarkt können sich die Spieler des Smartphone-Spiels, anhand des Marktwerts ihrer Firma, untereinander vergleichen. Dabei wird jedoch immer der aktuelle Rang der eigenen Firma auf der Bestenliste angezeigt, sowie die um eins

besser platzierte und die um eins schlechter platzierte Firma, um demotivierende Effekte zu verhindern, die auftreten können, wenn der Bestplatzierte uneinholbar scheint [14]. Durch den entstehenden Wettstreit (vergleiche Kapitel 4.1.2) sollen ähnlich positive Auswirkungen auf die Motivation der Spieler erzielt werden, wie in [14].

Ziel des Spiels

Das Ziel des Spiels ist es, seine Recyclingfirma sowohl ökologisch, als auch ökonomisch zu führen und dadurch den Marktwert und Einfluss zu steigern. Dazu gehört die strategische Aufrüstung der Recyclinganlagen, sowie die erfolgreiche Teilnahme an Seminaren. Ebenso ist es das Ziel, besser als andere Spieler zu werden und dadurch den Weltmarkt zu erobern.

4.3.2 Zielgruppe

Die Zielgruppe bilden eher jüngere Leute in der Altersgruppe der 18 bis 35 jährigen, da diese besonders umweltbewusst und interessiert am Umweltschutz sind [21, 44]. Weiterhin neigen junge Leute am ehesten dazu, Apps zu nutzen [45] und auch Smartphones als solches sind in dieser Altersgruppe am verbreitetsten [46]. Da Spieler in dieser Altersgruppe außerdem immer weniger Zeit für Spiele aufwenden [33], eignet sich diese auch ideal für das in dieser Arbeit vorgestellte Smartphone-Spiel, da es nur sehr wenig Zeit zum Erlernen benötigt und zwischendurch gespielt werden kann. Dies macht es zu einem sogenannten „Casual Game“, also einem Gelegenheitsspiel mit leichter Zugänglichkeit und schnellen Erfolgserlebnissen, welches von der gewählten Zielgruppe gerne gespielt wird [33].

4.3.3 Überblick über die Funktionen

Der Spieler kann im Smartphone-Spiel auf eine Reihe von Funktionen zurückgreifen. Abbildung 4.10 zeigt einen Überblick über diese Funktionen und deren Auswirkungen auf die einzelnen, in diesem Kapitel vorgestellten, Elemente. Zu Beginn ist ihm die Möglichkeit gegeben, seine Firma zu benennen und ein gewünschtes Firmenlogo zu hinterlegen. Sobald ein neuer Auftrag vorliegt, kann der Spieler sich den Auftrag ansehen und entscheiden, ob er diesen Auftrag annimmt. Nimmt der Spieler den Auftrag an, so hat er die Möglichkeit zu entscheiden, auf welche Art und Weise der Müll recycelt werden soll. Lehnt er den Auftrag ab, so verschwindet die entsprechende Meldung. Alle Aufträge, egal ob aktiv oder inaktiv, werden in einer Auftragsübersicht festgehalten.

Die gewonnenen Rohstoffe, die der Spieler erhält, sofern seine Entscheidung korrekt war, kann der Spieler gegen Geld verkaufen. Solange die Rohstoffe nicht verkauft werden, werden sie im Inventar des Spielers aufbewahrt. Das Inventar ist, wie auch die Auftragsübersicht, ein Hauptmenüpunkt und befindet sich am

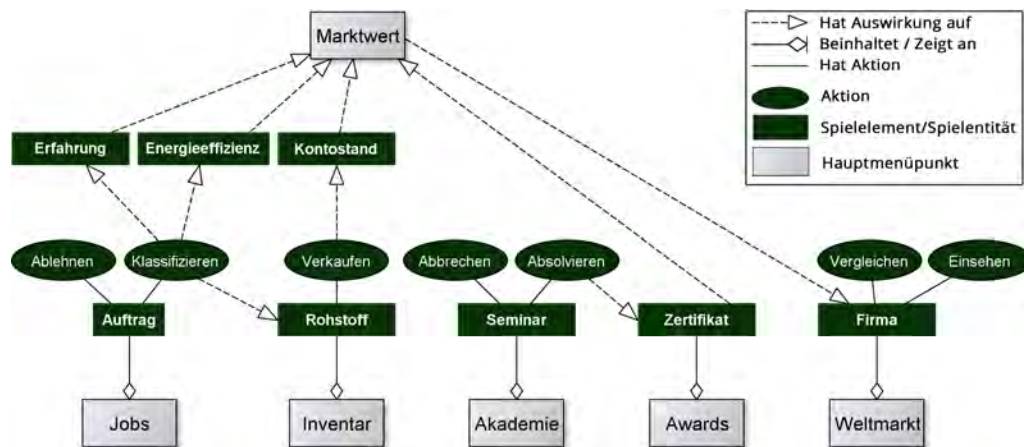


Abbildung 4.10: Überblick über die Funktionen und deren Auswirkungen auf die einzelnen Spielelemente

unteren Rand des Bildschirms in Form eines Buttons, der die entsprechende Aufschrift und ein Icon trägt. Des Weiteren hat der Spieler die Möglichkeit Seminare zu absolvieren, die er unter dem Hauptmenüpunkt Akademie wählen kann. Für erfolgreich absolvierte Seminare wird der Spieler durch Zertifikate belohnt. Diese kann sich der Spieler unter dem Hauptmenüpunkt Awards ansehen. Den aktuellen Marktwert, der sich sowohl aus den Zertifikaten, der Anzahl der Sterne des Unternehmens und dessen Vermögen errechnet, wird stets am oberen Bildschirmrand dargestellt. Ebenfalls am oberen Bildschirmrand befindet sich eine Anzeige der erreichten Sterne, des Firmennamens, des Firmenlogos, sowie des derzeitigen Vermögens der Firma. Unter dem Hauptmenüpunkt „Weltmarkt“ kann sich der Spieler, anhand des Marktwerts seiner Firma, mit anderen Firmen vergleichen.

Kapitel 5

Umsetzung

In diesem Kapitel wird die Umsetzung des erarbeiteten Konzepts beschrieben. Dabei wird sowohl die hardwarepezifische, als auch die softwaretechnische Umsetzung beleuchtet und erklärt. Die beiden vorgestellten Komponenten, Smartphone-Spiel und Mülleimer, kommunizieren über einen Webserver miteinander. So ergeben sich drei Komponenten, die zur Umsetzung des erarbeiteten Konzepts nötig sind. Diese drei Komponenten und deren Umsetzung werden nachfolgend erläutert. Abbildung 5.1 zeigt einen Überblick über das System und illustriert grundlegende Kommunikationswege.

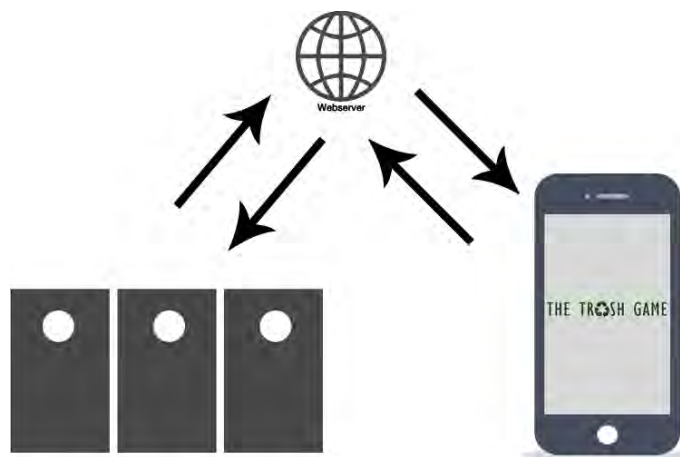


Abbildung 5.1: Systemüberblick und grundlegende Kommunikation

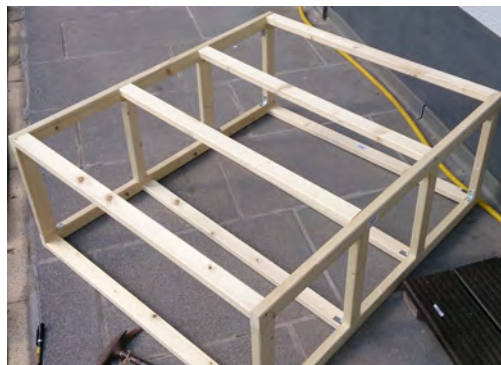
5.1 Mülleimer

Wie bereits im Konzept ausgearbeitet, bietet der Mülleimer die Möglichkeit, Müll wie gewohnt wegzuwerfen und liefert durch die Fotografie des eingeworfenen Mülls den nötigen Input für Spieler des Smartphone-Spiels, die die Richtigkeit der Mülltrennung anhand des gemachten Fotos beurteilen und somit dem Nutzer vor dem Mülleimer Feedback über seinen Einwurf geben.

5.1.1 Hardware

Der Mülleimer wurde als Prototyp aus Holz angefertigt (Abbildung 5.2(a)) und besteht, wie im Konzept vorgesehen, aus drei Kammern, in die über jeweils ein kleines Loch in der vorderen Außenwand Müll eingeworfen werden kann. Die Entscheidung kleine Löcher als Einwurf zu wählen, anstelle eines großen Einwurfs an der Oberseite des Mülleimers, wuchs aus der Erkenntnis, dass der Nutzer so viel näher an den Mülleimer heran treten muss, um Müll zu entsorgen und somit die Fehlerquote reduziert wird [11].

Die angebrachten Schilder, auf denen die einzuwerfende Müllart steht, vereinfachen die Identifikation der richtigen Kammer. Dies wird zusätzlich durch entsprechende Farbgebung untermalt, da die schnelle Identifikation des richtigen Einwurfs essentiell zur Erhöhung der Recyclingrate ist [11]. Auf dem Mülleimer ist ein Bildschirm angebracht, der zum einen die Aufmerksamkeit vorbeikommender Personen erregt und zum anderen das Feedback für den Nutzer visuell darstellt. Abbildung 5.2(b) zeigt den angefertigten Prototypen. Im Inneren des



(a)



(b)

Abbildung 5.2: Holzkonstruktion (a) sowie fertig gestellte Version des Prototyps des Mülleimers (b)

Mülleimers befinden sich drei Smartphones an der Decke einer jeden Kammer, auf denen permanent eine App läuft, die auf Bewegungsänderungen reagiert und ein Foto der Kammer macht, wie Abbildung 5.3 zeigt. Im Inneren des Mülleimers



Abbildung 5.3: Zur Erkennung eines Einwurfs wurden Smartphones in den einzelnen Kammern eingesetzt.

befindet sich außerdem ein Raspberry Pi, ein Computer in Kreditkartengröße, auf dem zum einen die Webseite, die für die Darstellung verantwortlich ist und auf dem Bildschirm angezeigt wird, gehostet wird, zum anderen auch verschiedene Programme zur Kommunikation mit dem Webserver und den Smartphones als auch zur Extraktion des neu eingeworfenen Mülls laufen. Die Wahl auf den Raspberry Pi fiel aufgrund finanzieller Gründe (ein Raspberry Pi kostet etwa 35 Euro), als auch aus Gründen der Portabilität. Um die Kommunikation mit der Crowd zu ermöglichen, ist weiterhin ein Router mit Internetzugang im Inneren des Mülleimers installiert.

5.1.2 Software

Zur softwaretechnischen Umsetzung wurde das Model-View-Controller Entwurfsmuster angewandt. Dieses Entwurfsmuster ist sehr bekannt und gerade im Bereich des Aufbaus von Benutzerschnittstellen etabliert. Es wird in vielen Benutzerschnittstellen-Frameworks, beispielsweise Java Swing, eingesetzt und erfolgreich angewandt [47]. Der Einsatz dieses Entwurfsmusters bringt eine strikte Trennung der Verantwortlichkeiten für die Darstellung, die Verwaltung der darzustellenden Daten und die Kontrolle, beziehungsweise Änderung der Benutzereingaben [47] und bietet sich daher an, sowohl auf Seiten des Mülleimers als auch auf Seiten des Smartphone-Spiels eingesetzt zu werden. Hierbei teilen sich beide Komponenten das Model, welches über einen Webserver angesteuert werden kann. Auf Seiten des Mülleimers ist die View völlig separiert und als eigenständige Webseite abrufbar. Der Controller besteht aus einem Raspberry Pi, der die Kommunikation zwischen Webserver (Model) und Bildschirm (View) regelt. Auf dem Smartphone sind View und Controller enger verwachsen. Die View besteht aus einem auf HTML5 basierendem User Interface, das vom Controller, implementiert in Javascript, mit den notwendigen Daten versorgt wird und über diese Daten mit dem Model austauschen kann. Diese erhebliche Reduktion von

Abhängigkeiten hat das Testen des Models, sowie der beiden Controller erheblich erleichtert, da von Änderungen in den jeweiligen Komponenten keine andere Komponente betroffen ist.

Bildschirm

Der Bildschirm, genauer gesagt die View des Mülleimers, ist als HTML5-Webseite realisiert worden. Diese Webseite ist mit Hilfe des von zurb⁴ entwickelten, responsiven Frameworks Foundation⁵ erstellt worden. Dies hat den Vorteil, dass die Darstellung unabhängig von der Bildschirmauflösung ist und theoretisch sogar auf Smartphones oder Tablets angezeigt werden könnte. Wie im Konzept vorgesehen, zeigt der Bildschirm abwechselnd die aktuelle Wochenrangliste (Abbildung 5.4(a)), die zuletzt getätigten Einwürfe (Abbildung 5.4(b)) als auch Informationen rund um das Thema Mülltrennung (Abbildung 5.5(a)). Die einzelnen Elementen werden jeweils 10 Sekunden lang angezeigt und anschließend durch eine parallax animierte Animation überblendet. Weiterhin werden stets die erreichte Teampunktzahl, die CO₂-Bilanz und ein QR-Code, der zum Download des Smartphone-Spiels führt, angezeigt.

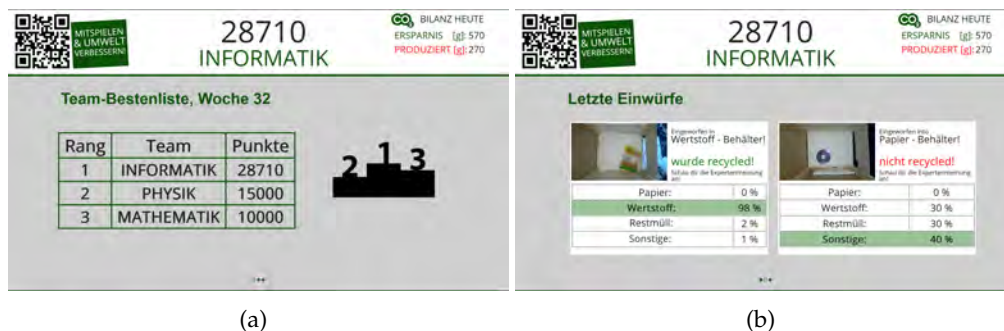


Abbildung 5.4: Die Wochenrangliste auf dem Bildschirm (a) und die Anzeige der letzten Einwürfe (b)

Nachdem der Nutzer seinen Müll in den Mülleimer eingeworfen hat und das Foto erstellt wurde, wechselt der Bildschirm die Ansicht, die Animation stoppt und wird ausgeblendet. Nun zeigt der Mülleimer den eingeworfenen Müll an und die Zeit, die noch gewartet werden muss, ehe das Feedback angezeigt wird. Außerdem wird ein QR-Code angezeigt, der abgescannt werden kann und auf eine Webseite führt, die es dem Nutzer ermöglicht, das Feedback auch unterwegs zu erhalten (Abbildung 5.5(b)).

Wird während der Wartezeit eines Objektes noch anderer Müll eingeworfen, so zeigt diese Ansicht diesen Müll untereinander, aufsteigend sortiert nach der noch zu wartenden Zeit, an. Sobald die Wartezeit abgelaufen ist, fährt vom oberen

⁴<http://www.zurb.com>, zuletzt aufgerufen am 13.08.2014

⁵<http://www.foundation.zurb.com>, zuletzt aufgerufen am 13.08.2014

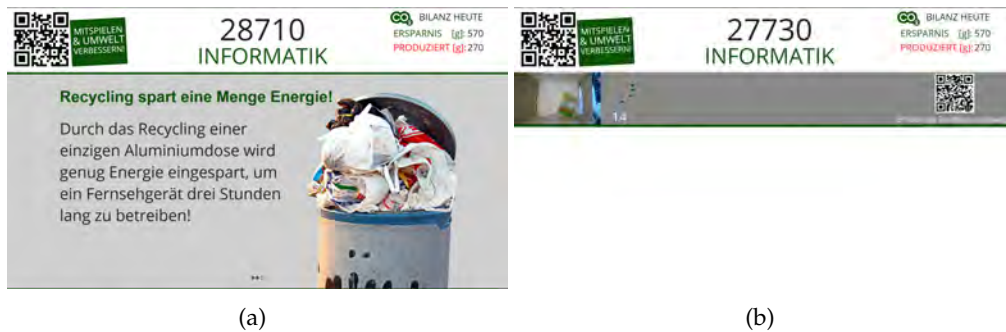


Abbildung 5.5: Informationen zum Thema Müll und Recycling (a) sowie der Wartescreen (b), während der Nutzer auf die Rückmeldung der Crowd wartet, werden dem Spieler angezeigt.

Bildschirmrand eine Box ein, die dem Nutzer vor dem Mülleimer das Ergebnis der Klassifizierung durch die Crowd anzeigt. Zu sehen ist der eingeworfene Müll nebst Ergebnis der Crowd-Abstimmung, sowie Anzeige des korrekten Mülltyps. Weiterhin wird angezeigt, wie viel CO₂ durch die Entscheidung des Nutzers eingespart, beziehungsweise erzeugt wird, die erhaltenen Punkte sowie ein Emoticon⁶, welches, je nach Korrektheit der durch den Nutzer vorgenommenen Trennung, einen glücklichen oder traurigen Gesichtsausdruck hat. Je nach Korrektheit wird auch die Schriftfarbe der Überschriften, der Punktzahl als auch die Farbe des Emoticons grün (korrekt getrennt) oder rot (nicht korrekt getrennt) dargestellt. Abbildung 5.6(a) zeigt das Feedback im Falle einer korrekten Mülltrennung, Abbildung 5.6(b) das Feedback im Falle einer falschen Mülltrennung.

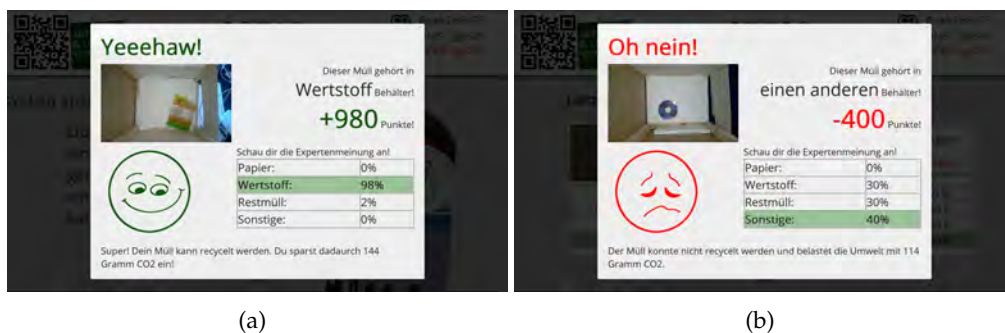


Abbildung 5.6: Feedback, das der Nutzer im Falle einer korrekt (a), beziehungsweise einer falsch (b) vollzogenen Trennung erhält

⁶Siehe <http://www.duden.de/rechtschreibung/Emoticon> (zuletzt abgerufen am 10.09.2014)

Bewegungserkennung

Um den Einwurf von Müll zu registrieren, läuft auf den, in jeder Kammer jeweils an der Deckeninnenseite hängenden Smartphones, eine App, die permanent die entsprechende Kammer von oben filmt und basierend auf der absoluten RGB-Pixeldifferenz zweier aufeinanderfolgender Frames, eine Änderung in der Kammer erkennt, um in diesem Falle auszulösen und den Inhalt der Kammer zu fotografieren. Die RGB-Pixeldifferenz ist als Methode gewählt worden, da diese weitaus weniger anfällig für Lichtänderungen, beispielsweise durch das Vorbeigehen an einem Einwurfloch, ist, als etwa eine Erkennung basierend auf Luminanzänderungen. Die Kamera löst aus, sobald für eine bestimmte Anzahl an Pixeln jeweils ein bestimmter Schwellwert bei der Differenz zum vorherigen Frame überschritten ist. Diese Auslösung wird nach dem eingetretenen Szenario noch um zwei Sekunden verzögert, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass der eingeworfene Müll inzwischen ruhig auf dem Boden der Kammer liegt. Das Foto wird anschließend an den Controller (Raspberry Pi) gesendet und dort weiter verarbeitet.

Extraktion weggeworfener Artikel

Damit die Crowd gezielt den gerade eingeworfenen Müll klassifizieren kann, muss dieser neu eingeworfene Müll aus dem vom Smartphone gemachten Bild extrahiert werden, da ansonsten nicht klar erkennbar ist, welcher Müll klassifiziert werden soll. Diese Extraktion nimmt der Controller vor, der das Bild einer Kammer von einem oder auch mehreren der drei Smartphones übermittelt bekommt. Zur Extraktion ist die Information über den Zustand der Kammer vor dem aktuellsten Einwurf nötig. Das vorherige Bild wird mit dem aktuellen Bild verglichen: Zunächst werden beide Bilder dupliziert. Die Duplikate werden in Binärbilder umgewandelt und deren Pixel voneinander subtrahiert. So entstehen Bereiche, in denen sich der Inhalt der Kammer verändert hat. Diese Bereiche sind potenzielle Kandidaten für neu eingeworfenen Müll. Zu beachten ist jedoch, dass beim Einwurf von neuem Müll der am Boden liegende Müll ebenfalls verschoben wird und daher auch als potenziell neu hinzugefügter Müll identifiziert werden kann. Um dieses Problem einzugrenzen und die Chance, den neu eingeworfenen Müll zu erkennen, zu erhöhen, werden all diese erkannten Bereiche aus dem aktuellen Originalbild ausgeschnitten und mittels Template-Matching⁷ mit dem vorherigen Originalbild verglichen. Ist die Übereinstimmung groß, so handelt es sich höchstwahrscheinlich um ein verschobenes Objekt, da sehr ähnliche Pixel in ähnlicher Anordnung bereits im vorherigen Bild zu finden waren. Ist jedoch die Übereinstimmung gering, so handelt es sich sehr wahrscheinlich um ein neu hinzugefügtes Objekt. Der in Python implementierte Algorithmus nimmt immer den größten Bereich mit der niedrigsten Übereinstimmung im vorherigen Bild.

⁷http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/histograms/template_matching/template_matching.html, zuletzt aufgerufen am 10.06.2014

Das Template-Matching und alle gerade beschriebenen Bildtransformationen sind mit Hilfe der Programmbibliothek OpenCV⁸ umgesetzt worden. Nachfolgend sind Visualisierungen der Zwischenergebnisse des Algorithmus in den Abbildungen 5.7, 5.8, 5.9, sowie das schließlich erkannte Müllobjekt in Abbildung 5.10 abgebildet.



Abbildung 5.7: Vor Einwurf des neuen Objekts



Abbildung 5.8: Unmittelbar nach Einwurf



Abbildung 5.9: Durch den Algorithmus identifizierte Änderungen



Abbildung 5.10: Mittels Template-Matching extrahiertes, neu hinzugefügtes, Objekt

Kommunikation

Die lokalen Komponenten, also Smartphone, Bildschirm und Raspberry Pi, kommunizieren untereinander über der auf dem Raspberry Pi laufenden Steuerung. Diese bündelt jegliche Kommunikation und kümmert sich um die richtige Adressierung und Interpretation der Nachrichten. Genutzt wird dabei das vergleichsweise neue WebSocket-Protokoll, ein auf TCP basierendes Netzwerkprotokoll, welches persistente, bidirektionale Verbindungen ermöglicht. Dies hat den Vorteil, das Observer-Entwurfsmuster⁹, welches zur Synchronisation der Präsentation eingesetzt wird, effizient und schnell umsetzen zu können. Neben den lokalen

⁸<http://opencv.org>, zuletzt aufgerufen am 30.08.2014

⁹<http://www.it-academy.cc/article/1517/Entwurfsmuster:+Observer.html>, zuletzt aufgerufen am 10.09.2014

Komponenten muss auch ein Datenaustausch mit dem externen Webserver erfolgen. Dieser wird alleine von der Steuerung aus getätigt und von dort an die entsprechenden lokalen Komponenten weitergegeben.

5.2 Smartphone-Spiel

Das Smartphone-Spiel ist eine Web-App, das heißt sie ist implementiert in HTML5, CSS3 und Javascript in dem von Adobe bereitgestellten Framework PhoneGap¹⁰, welches die Erstellung hybrider Applikationen für mobile Endgeräte ermöglicht. Dies hat den Vorteil, dass die App plattformübergreifend sowohl auf Android, iOS, als auch auf anderen mobilen Betriebssystemen ausgeführt werden kann. Auch hier werden Websockets zur Kommunikation mit dem Webserver eingesetzt, anstelle von AJAX¹¹, um die Synchronisation von Daten möglichst schnell und effizient vornehmen zu können. Die Benachrichtigung über einen neuen Auftrag erfolgt über eine Push-Notification, die den Vorteil hat, dass der Nutzer die App nicht permanent aktiv haben muss, sondern auch dann benachrichtigt werden kann, wenn die App momentan nicht aktiv ist oder gar überhaupt nicht läuft. Diese Funktion ist im Prototyp jedoch nur auf Androidgeräten verfügbar, aufgrund von Einschränkungen des verwendeten PhoneGap-Plugins. Das User Interface wurde mit der auf Touch-Interaktion spezialisierten Javascript Bibliothek jQuery Mobile umgesetzt, da diese bereits viele der gängigen Steuerelemente für Touch-Interaktionen bereitstellt und mit einer Vielzahl von mobilen Plattformen kompatibel ist. Sämtliche Daten des Spiels sind in der, auf dem Webserver befindlichen, MySQL-Datenbank gespeichert und werden in Echtzeit über die persistente Verbindung über WebSockets synchronisiert. Abbildung 5.11 zeigt den Hauptscreen des Smartphone-Spiels. Durch die bereits



Abbildung 5.11: Der Hauptscreen des Smartphone-Spiels

¹⁰<http://phonegap.com> (zuletzt abgerufen am 10.09.2014)

¹¹Siehe <http://www.w3schools.com/ajax> (zuletzt abgerufen am 10.09.2014)

erwähnte persistente Verbindung ist es außerdem möglich, serverseitig zu erkennen, wenn eine Verbindung zu einem Spieler (beispielsweise aufgrund fehlender Konnektivität) abbricht. Dies hat Vorteile bei der Verteilung der Aufträge auf die Crowd, da stets eine aktuelle Spieleranzahl ermittelt werden kann. Ist neuer Müll in einen Mülleimer eingeworfen worden, so wird eine Teilmenge der Crowd benachrichtigt (Abbildung 5.12(a)) und kann entscheiden, wie der abgebildete Müll entsorgt werden soll (Abbildung 5.12(b)). Nach Ablauf der Wartezeit, die



Abbildung 5.12: Benachrichtigung über einen neuen Auftrag (a), der nach Annahme recycelt werden kann (b)

stets zwischen Server, App und Mülleimer synchronisiert wird, erhält auch der Spieler Rückmeldung, angezeigt als Sprechblase am linken, unteren Bildschirmrand (Abbildung 5.13(a)), über die vorgenommene Mülltrennung. Nachdem der Spieler auf diese Benachrichtigung geklickt hat, öffnet sich eine neue Anzeige, die einen Überblick über alle vergangenen Aufträge und deren Korrektheit anzeigt. Neben dem Ergebnis der Abstimmung wird hier auch der gewonnene Rohstoff angezeigt, wie Abbildung 5.13(b) zeigt.



Abbildung 5.13: Der Spieler wird benachrichtigt, sobald das Voting abgeschlossen ist (a) und bekommt das Ergebnis der Abstimmung der Crowd angezeigt (b)

5.3 Webserver

Der Webserver ist die Komponente, die den Datenaustausch zwischen der Crowd und dem Nutzer vor dem Mülleimer ermöglicht. Der aus dem aufgenommenen Foto des Mülleimers extrahierte Müll wird hierhin hochgeladen und in der MySQL-Datenbank als Müllobjekt gespeichert. Das in der Datenbank gespeicherte Müllobjekt wird dann an die Crowd weitergeleitet und zur Klassifikation freigegeben. Die Freigabe ist jedoch nur in einem gewissen Zeitrahmen gültig, der ebenfalls vom Webserver festgelegt, überwacht und lediglich zur Anzeige an das Smartphone-Spiel weitergegeben wird. Die gesamte Kommunikation läuft über einen in PHP implementierten WebSocket-Server, der die aktiven Verbindungen sowohl zu sämtlichen Smartphone-Spiel-Nutzern, als auch zu den einzelnen Mülleimern lokal abspeichert und verwaltet. Für jede Verbindung wurden hierbei Ereignisse bei Aufbau einer neuen Verbindung, bei Empfang einer neuen Nachricht, sowie bei Trennung der Verbindung, implementiert. Das Entity-Relationship-Modell mit Funktionalitäten in Chen-Notation dieser MySQL-Datenbank ist in Abbildung 5.14 abgebildet.

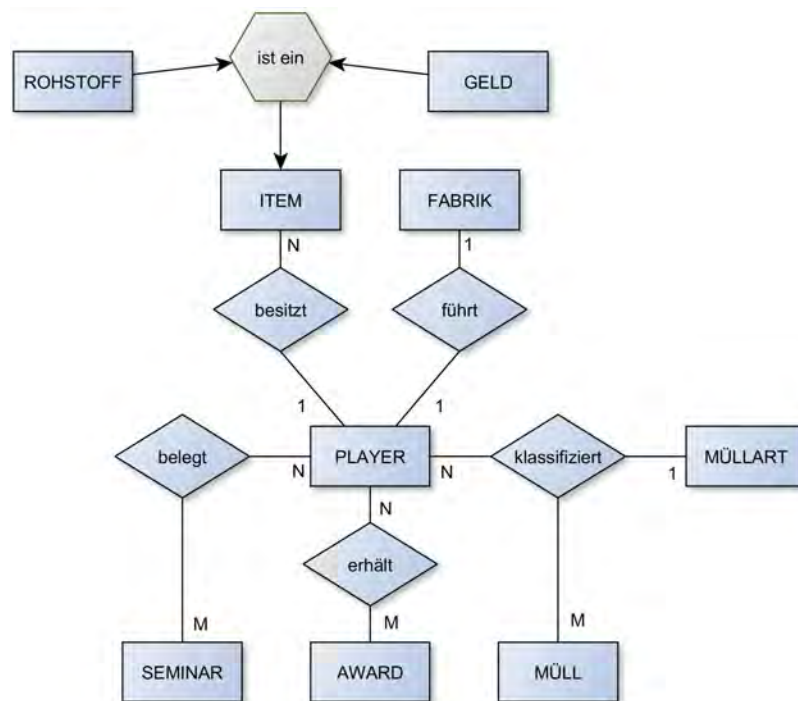


Abbildung 5.14: Entity-Relationship-Modell mit Funktionalitäten in Chen-Notation

5.4 Vorbereitende Evaluation des Prototyps

Das in diesem Kapitel vorgestellte System, bestehend aus dem in Kapitel 5.1 vorgestellten, prototypischen Mülleimer, sowie dem in Kapitel 5.2 vorgestellten Smartphone-Spiel, wurde, um einen Eindruck über die Akzeptanz und Wahrnehmung des Systems zu erhalten, im Foyer der Mensa der Universität des Saarlandes vorbeikommenden Interessenten präsentiert. Dabei wurde den Teilnehmern zunächst die grundlegende Idee des Systems erklärt, die beiden Komponenten einzeln vorgestellt und deren Spielelemente kurz erläutert und Fragen beantwortet, ehe die Teilnehmer selbst Müll in den Mülleimer einwerfen konnten und dabei Feedback erhielten, welches auf den in der Vorabstudie erhobenen Daten basierte. Auch die mobile App konnte ausprobiert werden, dies beschränkte sich jedoch auf den Votingprozess, da zum Zeitpunkt der Durchführung der vorbereitenden Evaluation noch nicht alle beschriebenen Komponenten und Mechaniken implementiert waren. Am Ende wurde den Teilnehmern ein Fragebogen ausgehändigt, der neben allgemeinen Fragen zum Recyclingverhalten der Teilnehmer auch gezielte Fragen zur Akzeptanz des vorgestellten Systems, aufgetrennt auf die beiden Komponenten, zur Beurteilung des spielerischen und des crowd-basierten Ansatzes, beinhaltete. Der Großteil der Fragen konnte auf einer 7-Punkt Likert Skala beantwortet werden, während einige Fragen auch durch Freitextfelder beantwortet werden konnten.

An der Evaluation nahmen 35 Personen teil (12 weiblich, 23 männlich). Die Teilnehmer gaben an, dass sie Mülltrennung als einfach erachten ($M=5,11$; $SD=1,23$; $Mdn=5$), in der Lage sind, Müll korrekt zu trennen ($M=5,17$; $SD=0,92$; $Mdn=5$) und dies mit bestem Wissen und Gewissen tun ($M=5,6$; $SD=1,5$; $Mdn=6$). Die Behauptung, sich im Falle von Unsicherheit bei der korrekten Mülltrennung zu informieren, wurde verneint ($M=2,71$; $SD=1,7$; $Mdn=2$), ebenso die Aussage, Mülltrennung in Deutschland sei kompliziert ($M=3,83$; $SD=1,89$; $Mdn=4$). Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Vorabstudie.

Der spielerische Ansatz am Mülleimer wurde positiv wahrgenommen ($M=5,77$; $SD=1,61$; $Mdn=6$), ebenso würden die Teilnehmer den in dieser Arbeit vorgestellten Mülleimer einem normalen, unmodifizierten Mülleimer vorziehen, wenn sie die Wahl hätten ($M=5,44$; $SD=1,66$; $Mdn=6$). Gründe hierfür waren, dass den Teilnehmern die Idee des Systems gefällt (11) und dass der Umwelt geholfen wird (4). Als Grund, weswegen der modifizierte Mülleimer nicht vorgezogen werden würde, nannten drei Teilnehmer die lange Wartezeit. Dieses Problem wurde auch schon im Konzept bedacht und versucht, durch die Anzeige eines scannbaren QR-Codes zu lösen. Daher wurde auch erfragt, ob die Teilnehmer die Wartezeit abwarten, den QR-Code scannen würden oder ob ihnen das Feedback egal wäre. Ergebnis dieser Frage war, dass acht Personen warten würden, 14 unter der Prämisse warten würden, dass Feedback schnell gegeben wird, sechs gar nicht warten würden und zwei nur dann warten würden, wenn sie sich unsicher sind. Nur ein Teilnehmer würde den QR-Code nutzen, um später Feedback

zu erhalten. Dies legt einen ähnlichen Ansatz wie in [48] nahe, mit dem das Crowd-Feedback sehr schnell gegeben werden könnte. Dass das Feedback von einer Crowd generiert wurde, die auch Fehler machen kann (dies wurde explizit so auf dem Fragebogen formuliert und auch bei der Demonstration gezeigt), wurde positiv wahrgenommen ($M=5,6$; $SD=1,33$; $Mdn=6$). Dass die Crowd auch zu Hause den Müll der Teilnehmer klassifiziert, ist hingegen weniger erwünscht ($M=3,71$; $SD=1,86$; $Mdn=4$). Die Auswertung des Freitextfelds für die Begründung, weshalb das Crowd-Feedback zu Hause unerwünscht ist, bestätigt die Ergebnisse aus [21]: Größtenteils wurden hier Datenschutzbedenken geäußert. Der Mülleimer erregte bei vielen vorbeikommenden Personen Aufmerksamkeit, gerade die in der Schlange wartenden Personen zeigten Interesse am „Trash-Game-System“ und wollten nähere Informationen erfahren.

Obwohl der spielerische Ansatz der Smartphone-App als positiv befunden wurde ($M=5,68$; $SD=1,57$; $Mdn=6$), waren die Teilnehmer unschlüssig, ob sie das Smartphone-Spiel spielen würden ($M=3,94$; $SD=1,9$; $Mdn=54$). Dies könnte jedoch auch auf die bereits erwähnte, unfertige Implementierung der Spielelemente zurückzuführen sein, die lediglich erklärt werden konnten. Die Möglichkeit, Einfluss auf das Feedback am Mülleimer zu haben, wurde jedoch positiv bewertet ($M=5,48$; $SD=1,56$; $Mdn=6$).

Kapitel 6

Konklusion

6.1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde das „Trash Game“, ein System, bestehend aus einem modifiziertem Mülleimer, der neu eingeworfenen Müll fotografiert, diesen zur Klassifikation an eine Crowd sendet und basierend auf den durch die Crowd generierten Daten, Feedback zur Korrektheit der vorgenommenen Mülltrennung anzeigt, sowie einem Smartphone-Spiel, in dem die Spieler Chef einer Recyclingfabrik sind und durch spielen des Spiels das nötige Feedback für den Mülleimer generieren, vorgestellt. Die Konzeption des Systems basiert hierbei auf den Erkenntnissen zahlreicher Arbeiten, sowie der durchgeführten Studie, die unter anderem zeigte, dass Einzelpersonen generell nicht in der Lage sind, Müll fehlerfrei zu trennen und eine Crowd diese Aufgabe mit einer deutlich geringeren Fehlerquote löst. Darüber hinaus wurde das vorgestellte System prototypisch umgesetzt, wobei ein Mülleimer angefertigt, als auch die im Konzept vorgesehenen Elemente implementiert und eine plattformübergreifende Smartphone-App entwickelt worden sind. Das entwickelte System wurde daraufhin in einer vorbereitenden Nutzerstudie evaluiert und hinterließ bei den Teilnehmern einen durchaus positiven Eindruck. Zur Motivation der Crowd, Müll zu klassifizieren, jedoch auch zur Motivation der Nutzer vor dem Mülleimer, Müll einzuwerfen und zur Erzielung persuasiver Effekte wurde Gamification eingesetzt, was sowohl in der Online-Umfrage, als auch bei der vorbereitenden Evaluation des Prototyps positiv seitens der Teilnehmer aufgefasst wurde. Die beiden Komponenten des „Trash Games“, Mülleimer und Smartphone-Spiel, verfolgen jeweils stets das Ziel, durch die in dieser Arbeit beschriebenen Konzepte, Lerneffekte bei den Nutzern zu erwirken, sodass diese ihre Mülltrennung verbessern.

6.2 Zielerfüllung

Die genannten Ziele der Arbeit und deren Erfüllung werden nachfolgend diskutiert.

Die Nutzer sollen für das Thema Mülltrennung sensibilisiert werden

Der Mülleimer hat das Potenzial vorbeikommende Personen auf das Thema Recycling aufmerksam zu machen. Dies zeigte sich bei der vorläufigen Evaluation des Prototyps in der Mensa an der Universität. Personen, die gerade in der Schlange auf Essen warteten, reagierten neugierig auf den Mülleimer und zeigten Interesse an dessen Funktionalität. Auch durch das Wissen über die Möglichkeit, Punkte für das eigene Team sammeln zu können, beziehungsweise dafür verantwortlich zu sein, dass das Team Punkte verliert, hat bei der vorläufigen Evaluation dazu geführt, dass die Teilnehmer häufig längere Zeit überlegt haben, wohin der Müll entsorgt werden sollte, was zeigt, dass der sonst unbewusste und unreflektierte Entsorgungsvorgang plötzlich reflektiert wird und dass die Teilnehmer sich mit dem Thema Mülltrennung beschäftigen.

Die Nutzer sollen sich durch gezieltes Feedback verbessern und schließlich lernen, Müll korrekt zu trennen

Dass die Anzeige von Feedback selbst nach sieben Tagen einen positiven Einfluss auf die Fehlerquote bei der Mülltrennung der Nutzer hat, konnte durch die durchgeführte Studie gezeigt werden. Nichtsdestotrotz bleibt offen, ob dadurch auch langfristig erlernt werden kann, wie Müll korrekt zu trennen ist, da die durchgeführte Studie ebenso gezeigt hat, dass die Crowd in manchen Situationen falsch entscheidet und somit auch falsches Feedback gegeben wird. Durch die durchgeführten Studien konnte allerdings gezeigt werden, dass die Teilnehmer durchaus umweltbewusst und daher auch interessiert an der Erhaltung und Schonung der Umwelt sind und somit eine intrinsisch motiviert sind, zur Verbesserung der Umwelt beizutragen, was sich als begünstigend zur Erzielung persuasiver Effekte gezeigt hat [14].

Durch den Einsatz spielerischer Elemente soll der Spieler bezüglich Müllentsorgung nachhaltig in seinem Verhalten beeinflusst werden und Motivation schöpfen, dieses Verhalten zu etablieren

Wie bereits erwähnt wurden die Spielelemente im Trash-Game-System, als auch im Online-Fragebogen positiv bewertet und als der Motivation förderlich eingestuft. Auch die verwandten Arbeiten haben gezeigt, dass Spielelemente positive Auswirkungen auf die Motivation der Nutzer haben können und dadurch auch Verhaltensänderungen möglich sind. Durch den kombinierten Einsatz von kompetitiven Spielelementen und kooperativen Spielelementen werden sowohl

normative Effekte, als auch herausfordernde Effekte erzielt, die beide für die Verbesserung des Recyclingverhaltens empfohlen werden [20, 23]. Welche Langzeiterfolge mit dem Trash-Game-System erzielt werden können, kann in dieser Arbeit jedoch nicht vorausgesagt werden und bedarf einer Überprüfung in Form entsprechender Studien.

6.3 Einschränkungen

Eine Einschränkung, die auch bei der vorläufigen Evaluation des Prototyps relativ häufig genannt wurde, ist die vergleichsweise lange Zeit, die der Nutzer nach Einwurf des Mülls auf sein Feedback warten muss. Dies wurde zwar durch die Möglichkeit einen QR-Code abzuscannen und das Feedback später auf einer Webseite anschauen zu können relativiert, jedoch bedeutet auch diese Methode Aufwand für den Nutzer und stellt somit eine Einschränkung des persuasiven Effekts seitens des Mülleimers dar. Um dieses Problem zu lösen und in der Lage zu sein, dem Nutzer vor dem Mülleimer schnell Feedback zu geben, ist es notwendig, dass die Crowd entsprechend schnell zu einem Ergebnis kommt. Dazu könnte ein ähnlicher Ansatz wie in [48] eingesetzt werden, der es ermöglicht eine nicht triviale Aufgabe durch eine Crowd innerhalb von nur ungefähr zehn Sekunden lösen zu lassen.

Eine weitere Einschränkung geht aus der Erkennung und Extraktion des neu eingeworfenen Mülls hervor, da der Algorithmus Probleme beim Einwurf von Müll, welcher farblich ähnlich zu bereits eingeworfenem Müll ist, hat oder wenn der neu eingeworfene Müll eine ähnliche Farbe wie der Boden des Mülleimers aufweist. Auch Erschütterungen des Mülleimers können zum Auslösen der Kamera und Versagen des Erkennungsalgorithmus führen. Zur Lösung des Problems könnte eine Mechanik eingebaut werden, die den Müll nach dem Einwurf kurz zwischenlagert, damit dieser ohne störenden Hintergrund abfotografiert werden kann. Die Erkennung eines neuen Einwurfs könnte dann, um Probleme mit Erschütterungen zu vermeiden, durch Drucksensoren in der Zwischenablage realisiert werden. Dies würde auch Zeitvorteile mit sich bringen, da der Bilderkennungs-, beziehungsweise Bildextraktionsalgorithmus momentan ungefähr drei bis fünf Sekunden auf dem Raspberry Pi läuft und mit einer solchen Mechanik nicht mehr durchgeführt werden müsste.

Wie auch schon bei der Auswertung der Studie erwähnt, ist eine weitere Einschränkung, dass die Crowd zwar generell gut Müll trennen kann, jedoch auch hin und wieder Fehler unterlaufen, die zu einem falschen Feedback führen und somit entweder frustrierend sein können, für solche Nutzer, die sicher wissen, dass der Müll hätte anders getrennt werden müssen oder auch dazu führen können, dass falsches Verhalten angelernt wird. Dieses Problem kann zwar durch das Angebot von Seminaren im Smartphone-Spiel und dem damit verbundenem fortgeschrittenen Wissen verringert werden, jedoch ist unklar, ob das Angebot

der Seminare auch genutzt wird. Als Ausweg könnten zunächst verschiedene Aggregationsmethoden eingesetzt werden, die beispielsweise die Meinung eines Spielers, der in seinen bisherigen Klassifikationen sehr gut abgeschnitten hat, stärker gewichten. Diese Gewichtung ist für unterschiedliche Attribute denkbar, so könnte man auch die angegebenen Konfidenzen bei den Klassifikationen berücksichtigen und solche Klassifikationen stärker gewichten, die mit einer höheren Konfidenz abgegeben wurden.

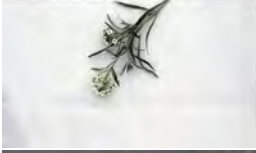
6.4 Ausblick

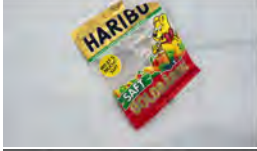
Im ersten Schritt sollte das Smartphone-Spiel hinsichtlich der Akzeptanz der Spieler, der Bedienfreundlichkeit, möglicher Lerneffekte und der Auswirkungen der Spielelemente evaluiert werden. Durch die Ergebnisse einer entsprechenden Studie könnten konzeptuelle Verbesserungen, sowie Anpassungen im Design der Bedienelemente und Feedbackmechanismen vorgenommen werden. Darüber hinaus sollten die im vorherigen Abschnitt aufgezeigten Einschränkungen durch die jeweiligen Verbesserungen angepasst werden, um auch den Mülleimer anschließend im Hinblick auf sehr ähnliche Aspekte wie bei dem Smartphone-Spiel, auszuwerten.

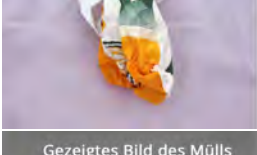
Um die Wartezeit interessant zu gestalten, könnte der Nutzer vor dem Mülleimer in dieser Zeit ebenfalls Müll klassifizieren. Möglich wäre eine Art Quiz, welches dem Nutzer und seinem Team Bonuspunkte einbringen kann. Neben dem Vorteil der Unterhaltung des Nutzers während der Wartezeit hätte dies zusätzlich den positiven Nebeneffekt, dass zusätzlicher Input für den Votingprozess generiert wird. Um die Fehleranfälligkeit der Crowd weiter zu senken, könnten Mechanismen zur Selbstkontrolle der Crowd eingesetzt werden. Beispielsweise könnte eine weitere Aufgabe, die an die Crowd herangetragen wird, darin bestehen, Nachweise zu erbringen, weshalb der jeweilige Müll in eine Kategorie eingeordnet werden soll. Diese Nachweise könnten dann von der Crowd, als Mittel zur Selbstvalidierung, bewertet werden. Auch seitens der mobilen Webseite, die momentan nur zur Anzeige des Feedbacks genutzt wird, könnte man eine persönliche Statistik anzeigen und basierend auf oft gemachten Fehlern des Nutzers, Empfehlungen gezielt für die Behebung oft gemachter Fehler geben. Die Identifikation der Teilnehmer könnte dabei durch Cookies oder eine sehr simple Registrierung erfolgen. Weiterhin denkbar sind unterschiedliche Aufgaben für die Smartphone-Spiel-Spieler. Diese könnten die Aufgabe erhalten, den abgebildeten Gegenstand nicht nur zu klassifizieren, sondern diesen auch zu benennen, wie es in [43] gemacht wurde. Aus der daraus resultierenden Wissensbasis könnten spätere Entscheidungen mit einem semi-automatischem Ansatz oder gar, sofern eine entsprechend große Wissensbasis vorhanden ist, mit Hilfe von Methoden des maschinellen Lernens, vollautomatisch getroffen werden.

Anhang A

Klassifikation der in der Studie gezeigten Objekte

Gezeigtes Bild des Mülls	Textuelle Repräsentation	Schwierigkeitsgrad	Korrekte Trennung
	Blätter von Bäumen		Biomüll
	Apfel		Biomüll
	Blumenschnitt		Biomüll
	Wurstreste		Biomüll

Gezeigtes Bild des Mülls	Textuelle Repräsentation	Schwierigkeitsgrad	Korrekte Trennung
	Eierschalen		Biomüll
	Geringe Menge von Holzspänen		Biomüll
	Kaffeesatz		Biomüll
	Ein benutzter Teebeutel		Biomüll
	Leere Mülltüten aus Polyethylen (Kunststoff)		Gelber Sack
	Leere Haribo Color-Rado-Tüte		Gelber Sack
	Luftpolsterfolie		Gelber Sack
	Leere, pfandfreie, Alu-Getränkedose		Gelber Sack
	Obstnetz aus Plastik		Gelber Sack

Gezeigtes Bild des Mülls	Textuelle Repräsentation	Schwierigkeitsgrad	Korrekte Trennung
	Plastiktüte		Gelber Sack
	Korkkorken		Gelber Sack
	Verpackungsstyropor		Gelber Sack
	Verpackung aus Karton		Papier
	Tageszeitung		Papier
	Verpackung aus Pappe		Papier
	illustrierte		Papier
	Verpackungstüte aus Papier		Papier
	Leerer Eierkarton		Papier

Gezeigtes Bild des Mülls	Textuelle Repräsentation	Schwierigkeitsgrad	Korrekte Trennung
	Fensterkuvert		Papier
	Aktenordner aus Pappe, ohne Metallteile		Papier
	Topfreiniger		Restmüll
	Kugelschreiber		Restmüll
	Zigarettenstummel		Restmüll
	Einweghandschuh		Restmüll
	Kerze		Restmüll
	Pflanzenkübel aus Ton		Restmüll
	Kassenzettel aus Thermopapier		Restmüll

Gezeigtes Bild des Mülls	Textuelle Repräsentation	Schwierigkeitsgrad	Korrekte Trennung
	Papiere mit wasserunlöslichem Kleber		Restmüll
	Kfz-Fahrtrichtungsanzeiger		Sonstiges
	Altes Stromkabel		Sonstiges
	Controller einer Spielekonsole		Sonstiges
	CD ohne Hülle		Sonstiges
	Energiesparlampe		Sonstiges
	Glasflasche		Sonstiges
	Kunststoffrohr		Sonstiges
	Sekundenkleber		Sonstiges

Literaturverzeichnis

- [1] HOORNWEG, Daniel ; BHADA-TATA, Perinaz: A Global Review of Solid Waste Management. In: *World Bank* (2012)
- [2] BBC NEWS: *BBC NEWS | Europe | Recycling around the world.* <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/4620041.stm>. Version: 2005
- [3] SPIEGEL ONLINE: *Neues Abfallgesetz: Jeder Haushalt soll Wertstofftonne bekommen.* <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/neues-abfallgesetz-jeder-haushalt-soll-wertstofftonne-bekommen-a-794581.html>. Version: 2011
- [4] FEDERAL MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT: *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Waste Management in Germany 2013: Facts, data, diagrams.* http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/abfallwirtschaft_2013_en_bf.pdf. Version: 2012
- [5] FRAUNHOFER UMSICHT: *Recycling für den Klimaschutz.* https://www.alba.info/fileadmin/alba/pressemappe/recycling_fuer_den_klimaschutz/Recycling_fuer_den_Klimaschutz.pdf
- [6] ENVIRONMENTAL PROTECTION DEPARTMENT HONG KONG: *Environmental Protection Department. Programme on Source Separation of Domestic Waste - Annual Update 2010.* <https://www.wastereduction.gov.hk/chi/materials/household/SSWAnnualUpdate2010.pdf>. Version: 2010
- [7] ENVIRONMENT BUREAU HONG KONG: *Environment Bureau Hong Kong. Blueprint for Sustainable Use of Resources.* <http://www.enb.gov.hk/en/files/WastePlan-E.pdf>. Version: 2013
- [8] SCHILLER, Ashley: *Why People Don't Recycle.* <http://www.earth911.com/home-garden/why-people-dont-recycle/>. Version: 2010
- [9] LANDRATSAMT KITZINGEN: *Hausmüllanalyse 2012 / 2013 im Landkreis Kitzingen.* (2013)
- [10] FREIE PRESSE: *Zwei Drittel der Bürger halten Mülltrennung für zu kompliziert.* <http://www.freiepresse.de/NACHRICHTEN/SACHSEN/Zwei-Drittel-der-Buerger-halten-Muelltrennung-fuer-zu-kompliziert-artikel18777666.php>. Version: 2014

- [11] ZLATOW, Melissa ; KELLIHER, A: Increasing recycling behaviors through user-centered design. In: *Proceedings of the 2007 conference on Designing for User Experiences* (2007). <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1389943>
- [12] WESTDEUTSCHE ZEITUNG: *Clever Sparen Beim Müll: 100 Euro Weniger Im Jahr*. <http://www.wz-newsline.de/home/ratgeber/verbraucher/clever-sparen-beim-muell-100-euro-weniger-im-jahr-1.1251259>. Version: 2013
- [13] DOAN, Anhai ; RAMAKRISHNAN, Raghu ; HALEVY, Alon Y.: Crowdsourcing systems on the World-Wide Web. In: *Communications of the ACM* 54 (2011), April, Nr. 4, 86. <http://dx.doi.org/10.1145/1924421.1924442>. – DOI 10.1145/1924421.1924442. – ISSN 00010782
- [14] MASSUNG, Elaine ; COYLE, David ; CATER, Kf: Using crowdsourcing to support pro-environmental community activism. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '13* (2013), 371–380. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2470708>. ISBN 9781450318990
- [15] DETERDING, Sebastian ; DIXON, Dan ; KHALED, R ; NACKE, L: From game design elements to gamefulness: defining gamification. In: *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (2011), 9–15. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2181040>. ISBN 9781450308168
- [16] WERBACH, Kevin: (Re) Defining Gamification : A Process Approach Gamification as a Process. In: *PERSUASIVE 2014* (2014), S. 266–272
- [17] DETERDING, Sebastian: Gamification: designing for motivation. In: *interactions* (2012), 14–17. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2212883>
- [18] FOGG, B.J.: Persuasive technology: using computers to change what we think and do. In: *Ubiquity* (2002). <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=763957>
- [19] JANSEN, Fritz ; STREIT, Uta: *Positiv lernen*. Springer Medizin Verlag, 2006 <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/3-540-34623-6.pdf>. – ISBN 9783540212720
- [20] SCHULTZ, PW: Changing behavior with normative feedback interventions: A field experiment on curbside recycling. In: *Basic and Applied Social Psychology* (1999), Nr. August, 37–41. <http://dx.doi.org/10.1207/s15324834basp2101>. – DOI 10.1207/s15324834basp2101
- [21] THIEME, Anja ; COMBER, Rob ; MIEBACH, Julia: We've bin watching you: designing for reflection and social persuasion to promote sustainable lifestyles. In: *CHI '12 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in*

- Computing Systems* (2012), 2337–2346. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2208394>. ISBN 9781450310154
- [22] BERENGUERES, Jose ; ALSUWAIRI, Fatma ; ZAKI, Nazar ; NG, Tony: Gamification of a recycle bin with emoticons. In: *Proceedings of the 8th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction* (2013), 83–84. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2447578>. ISBN 9781467331012
 - [23] TIMLETT, R.E. ; WILLIAMS, I.D.: Public participation and recycling performance in England: A comparison of tools for behaviour change. In: *Resources, Conservation and Recycling* 52 (2008), Februar, Nr. 4, 622–634. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.08.003>. – DOI 10.1016/j.resconrec.2007.08.003. – ISSN 09213449
 - [24] WERNER, CM ; MAKELA, E: Motivations and behaviors that support recycling. In: *Journal of environmental psychology* (1998). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494498901141>
 - [25] COMBER, Rob ; THIEME, Anja ; RAFIEV, Ashur: BinCam: Designing for engagement with Facebook for behavior change. In: *Human-Computer-Interaction - INTERACT 2013* (2013). http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40480-1_7
 - [26] CENTIEIRO, Pedro ; ROMÃO, Teresa ; DIAS, A E.: A location-based multiplayer mobile game to encourage pro-environmental behaviours. In: *International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology* (2011). ISBN 9781450308274
 - [27] GARTLAND, AA ; PIASEK, P: Weigh your waste: A sustainable way to reduce waste. In: *CHI EA '09 CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (2009), 2853–2858. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1520414>. ISBN 9781605582474
 - [28] BOSCH, Lilian ; KANIS, M: Encouraging sustainable fashion with a playful recycling system. In: *BCS-HCI '13 Proceedings of the 27th International BCS Human Computer Interaction Conference* (2013). <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2578104>
 - [29] AHN, Luis V. ; LIU, Ruoran ; BLUM, Manuel: Peekaboom: a game for locating objects in images. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (2006), 55–64. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1124782>. ISBN 1595931783
 - [30] GONCALVES, Jorge ; HOSIO, Simo ; FERREIRA, Denzil ; KOSTAKOS, Vassilis: Game of Words: Tagging Places through Crowdsourcing on Public Displays. In: *Proc. DIS* (2014), 705–714. <http://www.denzilferreira.com/papers/2014/dis14.pdf>. ISBN 9781450329026

- [31] EICKHOFF, C ; HARRIS, CG: Quality through flow and immersion: gamifying crowdsourced relevance assessments. In: *Proceedings of the 35th international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval* (2012), 871–880. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2348400>. ISBN 9781450314725
- [32] SUROWIECKI, J ; SILVERMAN, MP: The wisdom of crowds. In: *American Journal of Physics* (2007). <http://www.petelaburn.com/wp-content/uploads/2011/02/The-Wisdom-of-Crowds.pdf>
- [33] SCHELL, Jesse: *The Art of Game Design*. Morgan Kaufmann, 2008. – ISBN 978-0-12-369496-6
- [34] MASLOW, AH: A theory of human motivation. In: *Psychological review* (1943), Nr. 13, 370–396. <http://psycnet.apa.org/journals/rev/50/4/370/>
- [35] ISBISTER, Katherine ; SCHAFER, Noah: *Game Usability*. Morgan Kaufmann, 2008. – ISBN 978-0-12-374447-0
- [36] SALEN, Katie ; ZIMMERMAN, Eric: *The Game Design Reader - A Rules Of Play Anthology*. MIT Press, 2006
- [37] ROGERS, Yvonne ; SHARP, Helen ; PREECE, Jenny: *Interaction Design - Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons, 2007. – ISBN 978-0470018668
- [38] BONANNI, L ; ARROYO, E ; LEE, Chia-hsun ; SELKER, T: Exploring feedback and persuasive techniques at the sink. In: *interactions* (2005), 25–28. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1070980>
- [39] ROGERS, Yvonne ; HAZLEWOOD, WR: Ambient influence: Can twinkly lights lure and abstract representations trigger behavioral change? In: *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing* (2010), 261–270. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1864372>. ISBN 9781605588438
- [40] KRUMM, John: *Ubiquitous Computing Fundamentals*. CRC Press, 2010
- [41] NORMAN, Donald: *Emotional Design - Why We Love (Or Hate) Everyday Things*. Basic Books, 2004
- [42] DONNER, Susanne: *Automat statt Fleißarbeit: Das mühsame Trennen des Mülls von Hand ist bald Vergangenheit*. http://www.wissenschaft.de/home/-/journal_content/56/12054/61201/. Version: 2003
- [43] AHN, L V. ; DABBISH, Laura: Designing games with a purpose. In: *Communications of the ACM* (2008), Nr. 8. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1378719>

- [44] UMWELTBUNDESAMT: *Umweltbewusstsein in Deutschland 2006*. <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3113.pdf>. Version: 2006
- [45] ARD/ZDF-ONLINESTUDIEN: *Mobile Nutzung*. <http://www.ard-zdf-onlinestudie.de/index.php?id=428>. Version: 2013
- [46] BITKOM: *Smartphones stärker verbreitet als normale Handys*. http://www.bitkom.org/de/presse/8477_79598.aspx. Version: 2014
- [47] EILEBRECHT, Karl ; STARKE, Gernot: *Patterns kompakt - Entwurfsmuster für effektive Software-Entwicklung*. Springer Vieweg, 2013. – ISBN 978-3-642-34717-7
- [48] BERNSTEIN, MS ; BRANDT, J: *Crowds in two seconds: Enabling realtime crowd-powered interfaces*. In: *Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology* (2011), 33–42. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2047201>. ISBN 9781450307161