

Bachelorarbeit im Studiengang Geoinformatik

Vergleich von automatisierten und manuellen Eingabemethoden bei mobilen Crowdsourcing-Verfahren

Eingereicht von: Dennis Wilhelm
Matrikelnummer: 362247

5. August 2012

Erstprüfer: Prof. Dr. Christian Kray
Zweitprüfer: Dr. Arne Bröring



Zusammenfassung

Der Crowdsourcing-Ansatz hat in der jüngsten Vergangenheit stark an Bedeutung gewonnen und wird immer häufiger zur Informationsbeschaffung angewendet. Die vorliegende Bachelorarbeit vergleicht automatische sowie manuelle Eingabemethoden bei mobilem Crowdsourcing. Primär soll herausgefunden werden, welche Methode von den Nutzern bevorzugt verwendet wird und welche Gründe diese Präferenzen haben können. Weiterhin wird der Einfluss einer Erinnerungsfunktion für Eingaben per Hand untersucht.

Um diese Fragestellungen zu beantworten wurde eine Kombination aus zwei Fragebögen und einer Nutzerstudie angewendet. Für die Nutzerstudie wurde eine Android-App zur Lärmmessung implementiert und über zwei Wochen von einer Gruppe von 16 Personen getestet.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine automatisierte Eingabemethode der manuellen tendenziell vorgezogen wird. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Nutzung einer Erinnerungsfunktion die Anzahl der Eingaben auf Kosten eines erhöhten Störfaktors mit sich bringen kann.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziele	2
1.3	Struktur	2
2	Hintergrund	4
2.1	Was ist Crowdsourcing?	4
2.2	Crowdsourcing Herausforderungen	5
2.3	Lärmmessung und -kartierung	6
2.4	Verwandte Arbeiten	7
3	Nutzerstudie	10
3.1	Methodik	10
3.2	Lärm Analysator	11
3.2.1	Architektur	11
3.2.2	Messmethoden	13
3.3	Fragebögen	14
4	Auswertung	17
4.1	Überblick über die Teilnehmer	17
4.2	Auswertung der Fragebögen	17
4.3	Auswertung der Messwerte	20
4.4	Interpretation der Ergebnisse	24
5	Diskussion	26
6	Fazit und Ausblick	28
	Literatur	31
	Anhang	I
	Abbildungsverzeichnis	II
	Abkürzungen	III
	Selbstständigkeitserklärung	IV

1 Einleitung

In dem ersten Kapitel sollen die grundlegende Motivation und die Forschungsfragen der Arbeit genauer vorgestellt werden. Mit Hilfe einer kurzen Kapitelübersicht wird anschließend die Struktur der Arbeit erläutert.

1.1 Motivation

Durch die enorme Verbreitung von mobilen, internetfähigen Endgeräten, hat sich in den letzten Jahren durch ubiquitäres Crowdsourcing ein neuer Weg zur Informationsgewinnung ergeben. Smartphone-Nutzer liefern schon seit einiger Zeit eine große Menge an Informationen sowohl an ihre Provider, als auch an die Entwickler zahlreicher Applikationen. Während vor allem die GPS-Position des Handys gespeichert wird, spielen weitere Sensoren (z.B. Accelerometer, Abstandssensor, Mikrofon, Kamera, etc.) welche heutzutage in den meisten Smartphones verbaut sind zunehmend eine größere Rolle. Dadurch ist es insbesondere möglich auch weitere Kontextinformationen [1] der ermittelten Geo-Position zu identifizieren. Durch die gute Netzabdeckung und die große Menschendichte in urbanen Regionen sind die gesammelten Informationen bereits sehr flächendeckend vorhanden [2], sofern entsprechende Apps verwendet werden.

Die Erfassung der Daten basiert primär auf zwei verschiedenen Methoden. Anwender können entweder wie z.B. in der iPhone App *mappiness* manuelle Eingaben tätigen [3] oder aber durch automatisierte Anwendungen wie zum Beispiel bei der Analyse von Straßen- und Verkehrsverhältnissen [4] Informationen ohne eigenen Arbeitsaufwand liefern. Für die vorliegende Arbeit wurde zusätzlich noch eine dritte Methode betrachtet, welche auf der manuellen Eingabe basiert. Als weiterer Faktor existiert eine Erinnerungsfunktion, welche den Nutzer zur Eingabe auffordert.

Während bisherige Forschungen vor allem die Qualität von Crowdsourcing-Ergebnissen [5], sowie den Aufbau möglicher Infrastrukturen [6][7] analysieren, soll diese Arbeit die genannten Eingabemethoden evaluieren.

Die Analyse der Eingabemethoden ist im wesentlichen für die Konzeption von neuen Crowdsourcing-Projekten relevant. Insbesondere können durch ein besseres Verständnis der Eingabemethoden zukünftige Anwendungen benutzerfreundlicher gestaltet werden, wodurch Produktivität und Motivation der Anwender enorm gesteigert werden können.

Als praktisches Anwendungsbeispiel wurde für die Arbeit das Thema der Lärmmessung mittels einer Android-App gewählt. Dieses Thema stellt ein typisches Beispiel für Arbeiten dar, welche normalerweise von einzelnen Firmen oder Kommunen ausgeführt werden. Durch den Crowdsourcing-Ansatz ist es möglich den Arbeitsaufwand

auf eine große Anzahl von Benutzern zu verteilen, wodurch potentiell anfallende Kosten enorm gesenkt werden können.

1.2 Ziele

Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit besteht darin, verschiedene Eingabemethoden von mobilen Crowdsourcing-Verfahren zu analysieren. Für die Arbeit wird hierfür zwischen drei Methoden unterschieden:

- Der Eingabe per Hand durch den Nutzer
- Der automatisierten Eingabe durch das Smartphone
- Der Eingabe per Hand mit Erinnerungsfunktion

Ein wesentliches Forschungsziel ist es, herauszufinden welche Eingabemethoden von den unterschiedlichen Benutzern bevorzugt verwendet werden und welche Gründe diese Präferenzen haben. Hierbei ist es auch interessant, wie stark die Erinnerungsfunktion der manuellen Eingabe das Messverhalten der Testkandidaten beeinflusst. Zusätzlich soll evaluiert werden, ob es Gemeinsamkeiten oder Unterschiede zwischen den durch beide Methoden gesammelten Daten gibt. Der Fokus liegt hierbei sowohl auf der Quantität der Daten als auch auf der Qualität, wobei jedoch nur die subjektive Einschätzung der Nutzer mit der objektiven Messung des Smartphones verglichen werden kann. Die Hauptfragen sind also:

- Welche Methodik wird von den Anwendern bevorzugt verwendet und warum?
- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zeigen die gesammelten Daten hinsichtlich Quantität und Qualität?
- Wie reagieren Nutzer auf Erinnerungsfunktionen?

1.3 Struktur

Kapitel 2 beginnt zunächst mit einer einführenden Beschreibung des Begriffes "Crowdsourcing". Hierbei wird unter anderem auf verschiedene Eingabemethoden eingegangen, welche aktuell in Crowdsourcing-Projekten üblich sind. Des Weiteren werden allgemeine Herausforderungen erläutert, welche sich durch das Thema ergeben. Im Anschluss werden die theoretischen Hintergründe der Lärmmessung und -kartierung erläutert. Insbesondere wird auf die rechtlichen Vorgaben eingegangen, welche die

Notwendigkeit für das Messen von Lärm und die Erstellung von Lärmkarten begründen. In Kapitel 2.4 werden verwandte Arbeiten und Ansätze diskutiert, welche bereits vor Beginn dieser Arbeit existierten.

Um die genannten Ziele zu erreichen wurde eine Nutzerstudie durchgeführt, welche in Kapitel 3 vorgestellt wird. Beginnend mit der Methodik wird erläutert, mit welchen Vorgehensweisen die Fragestellungen der Bachelorarbeit beantwortet werden sollen. Im nächsten Unterpunkt wird schließlich auf die Implementierung der Android-Applikation eingegangen. Dieser Teil beinhaltet sowohl die grundlegende Architektur des Systems, als auch die verschiedenen Messmethoden, welche als zentraler Punkt in der Nutzerstudie ihre Verwendung fanden. Abgeschlossen wird das Kapitel mit einer Beschreibung der verwendeten Fragebögen inklusive einer kurzen Erläuterung der wichtigsten Fragen.

Kapitel 4 beinhaltet die Auswertung der Studie. Hier werden beginnend mit einem Überblick über die Teilnehmer sowohl die Fragebögen als auch die getätigten Messungen der Testphase beschrieben und analysiert.

In Kapitel 5 sollen schließlich die verwendeten Methoden sowie die ermittelten Ergebnisse kritisch analysiert werden.

Abschließend werden in Kapitel 6 die gewonnenen Ergebnisse zusammengefasst. Es folgt ein kurzer Ausblick in mögliche Richtungen, in welche die Arbeit fortgesetzt werden könnte.

2 Hintergrund

Das folgende Kapitel beschreibt die Hintergründe der Bachelorarbeit. Zunächst werden hierfür die Themen Crowdsourcing und Lärmmessung und -kartierung beschrieben. Im Anschluss werden kurz weitere thematisch relevante Arbeiten vorgestellt.

2.1 Was ist Crowdsourcing?

Der Begriff Crowdsourcing¹ wurde erstmals von Jeff Howe im Jahr 2006 verwendet und beschreibt die Verteilung von Aufgaben an eine Masse von Bearbeitern. Diese Auslagerung findet im Normalfall öffentlich im Internet statt, wodurch sehr heterogene Teilnehmergruppen, im Bezug auf Expertise des jeweiligen Themengebietes, als auch anderer Faktoren wie Herkunft, Alter und Geschlecht erreicht werden können. Im Vergleich zu Outsourcing erfolgt die Auslagerung der Arbeit nicht gezielt an Drittunternehmen, sondern an meistens unbekannte Arbeiter, welche in ihrer Freizeit an Crowdsourcing-Projekten teilnehmen. Durch die enorme Anzahl von Teilnehmern können viele Aufgaben realisiert werden, welche für einzelne Personen oder Unternehmen gar nicht, oder nur mit immensem Aufwand erledigt werden könnten [8].

Das vermutlich bekannteste Beispiel zu Crowdsourcing-Projekten ist die 2001 gegründete *Wikipedia*². In der deutschen Version sind hier bereits über 1,4 Millionen Artikel von ehrenamtlichen Autoren als freie Enzyklopädie verfasst worden [9]. Ein weiteres sehr bekanntes Projekt ist *OpenStreetMap*³, wobei Freiwillige aus vielen Ländern Geodaten sammeln und bearbeiten, mit dem Ziel eine freie Weltkarte zu generieren.

Während Crowdsourcing zu Beginn noch primär an Desktop-Computer gebunden war, ist die Nutzungsweise durch die enorme Verbreitung von mobilen, internetfähigen Endgeräten in den vergangenen Jahren tiefgreifend beeinflusst worden. Nutzer können Informationen nun von fast jedem Ort abrufen und von überall selbst zu den Projekten beitragen. Mit Hilfe der zahlreichen Sensoren in den neuen Smartphone-Generationen (z.B. GPS, Accelerometer, Mikrofon, Kamera, Abstandssensor, etc.) lassen sich ortsbezogene Informationen mittlerweile vollkommen automatisiert generieren [2]. Die Erfassung von Sensordaten durch eine Gruppe von Personen wird auch als “Participatory Sensing” bezeichnet [10].

Grundsätzlich lassen sich die Eingabemethoden von Crowdsourcing in zwei Bereiche einteilen. Informationen werden entweder durch *explizite* Eingaben eines Nutzers

¹Der Begriff Crowdsourcing wird auch im deutschen Sprachgebrauch verwendet. Übersetzt bedeutet Crowdsourcing in etwa Schwarmauslagerung.

²<http://wikipedia.de/> (abgerufen am 28.07.2012)

³<http://www.openstreetmap.org/> (abgerufen am 28.07.2012)

bereitgestellt, oder durch *implizite* Methoden ermittelt. Letzteres entsteht im Normalfall als Nebeneffekt während der Benutzung einer anderen Anwendung [11]. Ein Beispiel für implizite Systeme wäre unter anderem die Überwachung von Straßen- und Verkehrsverhältnissen über Smartphones [4].

In dieser Arbeit soll jedoch primär auf explizite Methoden eingegangen werden. Die Aktivitäten der verschiedenen Nutzer sind hier relativ komplex und beinhalten zum Einen das Bearbeiten von Enzyklopädieeinträgen wie bei *Wikipedia* oder im Fall von *OpenStreetMap* das Erstellen und Bearbeiten von Kartenmaterialien. Durch die Komplexität werden diese Aufgabenstellungen jedoch meistens von Desktop-Computern aus erledigt. Die Aufgaben auf mobilen Endgeräten werden im Normalfall simpler gehalten. Die Plattform *mCrowd* zeigt beispielsweise vier Aufgabentypen, welche häufig zur Verwendung kommen. Diese wären das Beschreiben von Photos mit Schlagwörtern, das Aufnehmen von Photos, das Beantworten von Fragen oder dem Auffinden von Sehenswürdigkeiten [12]. Die zweite für diese Arbeit relevante Eingabeform ist die Nutzung von Sensoren zur automatisierten Ermittlung von Informationen wie zum Beispiel in der App *CenceMe* [6], welche automatisch Nutzeraktivitäten (z.B. tanzen oder laufen) erkennen kann.

2.2 Crowdsourcing Herausforderungen

Doan, Ramakrishnan und Halevy zeigen in ihrer Ausarbeitung vier Herausforderungen, welche Crowdsourcing-Projekte generell mit sich bringen [11].

Die erste Herausforderung besteht darin, Teilnehmer zu finden und diese auch über einen längeren Zeitraum zu motivieren. Dieses Problem ist von elementarer Bedeutung, da jedes Crowdsourcing-Projekt von seinen Nutzern abhängig ist. In den meisten Fällen wird hierfür im Internet nach Freiwilligen gesucht. Alternativ werden die Anwender durch ein Entgelt für ihren Aufwand entschädigt. Eine sehr bekannte Plattform zur Verteilung von Aufgaben ist z.B. *Mechanical Turk*⁴. Nach Borst [13] lassen sich diese Motivationsgründe in intrinsische (z.B. Spaß, Herausforderung, Interesse, etc.) und extrinsische (z.B. Bezahlung, Anerkennung, etc.) Faktoren unterteilen.

Das zweite Problem ist herauszufinden, welche Fragestellungen überhaupt gelöst werden können. Wie bereits erwähnt, lassen sich eine Vielzahl von verschiedenen Aufgaben lösen, welche von dem einfachen Ausfüllen eines Fragebogens bis hin zu dem Lösen von komplexen Problemen reichen können.

Als nächstes muss festgestellt werden, wie sich die einzelnen Beiträge zur Problemlösung kombinieren können. Informationen der Nutzer können entweder von

⁴www.mturk.com (abgerufen am 28.07.2012)

dem verwendeten System direkt ausgewertet werden, oder manuell von dem Initiator der Aufgaben analysiert werden. Probleme entstehen hierbei vor allem, wenn Informationen zu einem Thema von mehreren Personen Widersprüche aufzeigen. Dies führt unweigerlich zu der letzten Herausforderung.

Wie können Teilnehmer und ihre Beiträge sinnvoll evaluiert werden? Durch die große Anzahl an Nutzern, kann es öfteren zu Falscheingaben oder anderen Fehlern kommen. Diese können sowohl bewusst als auch unbewusst entstehen.

Zusätzlich zu diesen vier genannten Punkten sind, insbesondere durch den Fokus auf das mobile Crowdsourcing, noch weitere Probleme zu nennen. So führt beispielsweise die Verwendung von ortsbezogenen Crowdsourcing-Diensten (wie etwa der Android-App dieser Arbeit) unweigerlich zu Problemen im Bezug auf die Privatsphäre der Nutzer [14][15]. Krumm [16] zeigt unter anderem, dass es mit einfachen Algorithmen möglich ist, durch aufgezeichnete Geo-Positionen einzelne, anonymisierte Personen zu identifizieren.

Durch die Nutzung von mobilem Internet sowie der Verwendung von Sensoren wie Mikrofon oder GPS wird weiterhin der Akkuverbrauch zu einem wichtigen Faktor. Nutzer sind nur dann bereit an Crowdsourcing-Projekten teilzunehmen, wenn dadurch ihre sonstige Verwendung des Smartphones nicht beeinträchtigt wird [17].

2.3 Lärmmessung und -kartierung

Für die Nutzerstudie wurde wie bereits erwähnt der Anwendungsfall der Lärmmessung gewählt.

Lärm wird definiert als “[...] belästigende oder gesundheitsschädliche Geräusche im Freien, die durch Aktivitäten von Menschen verursacht werden, einschließlich des Lärms, der von Verkehrsmitteln, Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Flugverkehr sowie Geländen für industrielle Tätigkeiten ausgeht” [18]. Lärm ist durch die Auswirkung auf die Gesundheit der Menschen zu einem Gesellschaftsproblem geworden, weshalb Messungen und Berechnungen zur Bestimmung der Intensität durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass keine Immissionsgrenzwerte überschritten werden. Aus den gesammelten Lärmmessungen müssen z.B. nach § 47 des Bundes-Immissionsschutzgesetz “die zuständigen Behörden [...] Lärmkarten für [...] Ballungsräume mit mehr als 250.000 Einwohnern sowie für Hauptverkehrsstraßen mit einem Verkehrsaufkommen von über sechs Millionen Kraftfahrzeugen pro Jahr, Haupteisenbahnstrecken mit einem Verkehrsaufkommen von über 60.000 Zügen pro Jahr und Großflughäfen [...]” jeweils im Intervall von fünf Jahren ausarbeiten [18].

Diese Karten dienen dem Ziel, Lärmprobleme zu erkennen um gegebenenfalls Aktionspläne gegen die Belästigung zu erarbeiten.

Das Messverfahren wird durch eine EU Richtlinie vorgegeben [19], in welcher die

Lautstärke in dB(A) angegeben wird. Diese Einheit ist durch eine, an das menschliche Gehör angepasste, Frequenzkurve definiert, wobei bestimmte Frequenzen, die von Menschen als störend empfunden werden, stärker berücksichtigt werden [20].

Innerhalb der Anwendung *Lärm Analysator* entsprachen die Werte nicht den EU-Richtlinien, da Messungen unter anderem ausgeführt wurden, während sich das Smartphone z.B. in der Hosentasche des Nutzers befand. Weiterhin kamen während der Studie insgesamt 12 verschiedene Android-Geräte mit größtenteils unterschiedlichen Mikrofonen und geringen Abweichungen in der Empfindlichkeit zum Einsatz. Durch nicht geeichte Mikrofone, konnten demnach verfälschte Messwerte zustande gekommen sein.

Die rein physikalische Betrachtung des Schalls stimmt weiterhin nicht mit dem subjektiven Lärmempfinden der Menschen überein. "Schall wird erst dann zu Lärm, wenn er den Menschen oder die Umwelt bewusst oder unbewusst stört bzw. belastet. Jeder Mensch beurteilt Geräusche nach seiner momentanen Situation und seinen persönlichen Vorlieben" [21]. Faktoren sind hierfür unter anderem die Geräuschart, der Zeitpunkt des Auftretens sowie die Ortsüblichkeit.

Die in dieser Arbeit vorgestellte Lärmmessung per Smartphone kann keine professionelle Methoden ersetzen, da nicht alle Richtlinien erfüllt werden können. Es werden allerdings andere Schwerpunkte gesetzt, wodurch die Relevanz der Ergebnisse stark an Bedeutung gewinnen kann. Insbesondere durch die große Subjektivität der manuellen Messungen, sowie die potentiell größere Häufigkeit von Stichproben durch verschiedene Nutzer können brauchbare Tendenzen aufgezeigt werden. Weiterhin bieten Crowdsourcing-Apps die Möglichkeit, Lärmmessung auch auf Orte auszuweiten, welche normalerweise durch den Fokus auf Wohn- und Industriegebiete vernachlässigt werden. Diese wären z.B. Erholungsgebiete sowie private und halb-öffentliche Freiräume.

2.4 Verwandte Arbeiten

Im Folgenden werden Arbeiten vorgestellt, welche sich mit ähnlichen Fragestellungen befassen.

In der Nutzerstudie "Location-based Crowdsourcing: Extending Crowdsourcing to the Real World" [22], wurde wie auch in dieser Arbeit das Thema des mobilen Crowdsourcing thematisiert. Anstatt verschiedene Eingabemethoden zu evaluieren, wurde hingegen der Einfluss der physikalischen Position und der aktuelle Kontext des Nutzers in Bezug auf die Lösung von Aufgaben untersucht. Zusätzlich sollte ermittelt werden, welche Art von Aufgaben durch mobile Endgeräte gelöst werden können.

Innerhalb von zwei Testphasen hatten insgesamt 18 Personen ein vorgegebenes System verwendet, in welchem Aufgaben erstellt oder angenommen werden konnten. Zusätzlich wurden ebenfalls Umfragen eingesetzt, um weitere Informationen zu akquirieren.

Ergebnisse der Nutzerstudie, waren unter anderem, dass Testpersonen vor allem in ihrer Arbeits- und Wohnumgebung Aufgaben erledigten. Weiterhin waren die Teilnehmer größtenteils bereit Aufgaben zu lösen, welche Texteingaben oder die Aufnahme eines Fotos bedurften. Sogenannte "Action Tasks", welche verschiedene Aktivitäten von den Testpersonen verlangten, wurden in der Regel jedoch eher abgelehnt.

In einer weiteren Studie von Nowak und Rürger [5] wird hingegen die Qualität von Nutzer-Eingaben von Amateuren und Profi-Anwendern verglichen. Mit Hilfe des Anwendungsfalls der Beschriftung von Bildern sollte vor allem herausgefunden werden, wie stark die Aussagen der beiden Anwendergruppen divergieren. Um die Forschungsfrage zu beantworten, sollten 99 Bilder je von Experten als auch von Amateuren beschrieben werden.

Die Studie zeigte, dass die Beschriftungen der Amateure teilweise sehr gut mit den Expertenaussagen übereinstimmen. Wie viele Amateuraussagen für vergleichbare Ergebnisse benötigt werden, konnte in der Studie jedoch nicht ermittelt werden.

In der vorliegenden Bachelorarbeit wurde der Anwendungsfall der Lautstärkemessung per Smartphone gewählt. Eine thematisch ähnliche Arbeit wurde z.B. von Pan, Lane und Campbell in ihrem Projekt *Sound Sense* [23] erstellt. Es beschreibt den Versuch, durch Smartphone-Mikrofonen Nutzeraktivitäten zu klassifizieren. Mit Hilfe von Audio-Aufnahmen, ergänzt durch Accelerometer und GPS-Position kann z.B. festgestellt werden, ob sich Personen gerade in einem Gespräch befinden. Im Mittelpunkt der Arbeit stehen im Vergleich zu der vorliegenden Arbeit die Beschreibung der Implementierung, sowie die Ermittlung des Benutzer-Kontextes. Insgesamt wird jedoch deutlich, dass auch mit den auf einem Smartphone beschränkten Ressourcen, weit mehr Informationen über das Mikrofon erlangt werden können, als nur die Umgebungslautstärke.

Die Analyse bestehender Arbeiten zeigt, dass das Thema Crowdsourcing bereits im Hinblick auf mehrere Themengebiete untersucht wurde. Die genannten Beispiele (Qualität, Einfluss der Geo-Position) stellen dabei nur einen kleinen Teil der möglichen Aspekte da. Das Projekt *SoundSense* zeigt weiterhin, dass die Lautstärkemessung per Smartphone bereits in diversen Anwendungsfällen zum Einsatz kam. In den meisten bisherigen Arbeiten wurde jedoch das Thema der Nutzerpräferenzen weitgehend ignoriert. Da die Nutzer jedoch im Zentrum all dieser Projekte stehen, sollte dieses Thema nicht vernachlässigt werden.

2 Hintergrund

Da auch für die Zukunft eine große Anzahl von Crowdsourcing-Projekten zu erwarten ist, ergibt sich dadurch das Hauptziel dieser Bachelorarbeit: Die Evaluation, welche Eingabemethoden von den Benutzern bevorzugt verwendet werden.

3 Nutzerstudie

Um die in Kapitel 1.2 genannten Forschungsfragen beantworten zu können, wurde eine Nutzerstudie durchgeführt. Hierfür wurde die Android-App *Lärm Analysator* entwickelt, welche durch den Crowdsourcing-Ansatz die Erstellung von Lärmmessungen per Smartphone ermöglicht. Im folgenden Kapitel soll die Durchführung der Studie beschrieben werden.

3.1 Methodik

Die Studie startete für jeden Teilnehmer mit einem ersten Fragebogen. In diesem wurden die Testpersonen über Erfahrungen mit Crowdsourcing-Projekten und ihrer allgemeinen Kenntnis bezüglich Smartphones befragt. Dieser Schritt ist sinnvoll, um Meinungen über verschiedene Eingabemethoden bereits vor der Verwendung der App und somit ohne Beeinflussung durch die Anwendung zu analysieren.

Im Anschluss sollte die App für einen Zeitraum von ca. 2 Wochen verwendet werden, wobei dem Anwender insgesamt drei verschiedene Eingabemethoden zur Verfügung gestellt wurden. Es war möglich die Umgebungslautstärke manuell, automatisiert oder manuell mit einer Erinnerungsfunktion zu messen. Diese Methoden werden in Kapitel 3.2.2 genauer erläutert. Durch die gegebenen Rahmenbedingungen (Bearbeitungszeitraum der Bachelorarbeit), war es nicht möglich die Testphase auf einen längeren Zeitraum auszuweiten. Mögliche Änderungen im Nutzerverhalten nach einer gewissen Nutzungszeit konnten daher nicht ermittelt werden. Um sicherzustellen, dass in der verfügbaren Zeit jede Testperson alle Messmethoden ausreichend testen konnte, startete die App nach der Registrierung automatisch eine Anleitungsphase. Unterteilt in 4 Stufen war jeweils nur eine Methode für den Anwender sichtbar. Nach jeweils 2 Tagen wurde die nächste Stufe in der Anleitung freigeschaltet, vorausgesetzt der Nutzer hatte sich zwischendurch eingeloggt. Wurde die letzte Stufe erreicht, so wurden automatisch alle Messmethoden und zusätzliche Einstellungsmöglichkeiten (z.B. weitere Messintervalle) aktiviert. War ein Nutzer also aktiv, so wurde die Anleitungsphase innerhalb von ca. einer Woche abgeschlossen. Anschließend sollte das weitere Messverhalten der Testkandidaten ohne Einschränkungen durch das System beobachtet werden.

Wichtig ist hierbei weiterhin die Verwendung eines Punktesystems. Dieses soll als motivierender Faktor dienen. Für eine automatische Messung wurde jeweils ein Punkt vergeben. Durch den höheren Aufwand für den Nutzer wurden für die manuelle Messung (inkl. der Messung im Hintergrund) fünf Punkte vergeben.

Nach Beendigung der zweiwöchigen Testperiode sollte ein weiterer Fragebogen ausgefüllt werden. In diesem wurden Präferenzen bezogen auf die Messmethoden ermittelt und genauere Fragen zur Nutzung der App gestellt.

Konzipiert wurden die Umfragen jeweils in Form von Online-Fragebögen, welche den Vorteil bieten, dass sie von den Probanden am Computer zu frei gewählten Zeitpunkten und ohne Druck durch einen Interviewer ausgefüllt werden konnten. Im Vergleich zu persönlichen Interviews, entfällt bei dieser Methodik jedoch die Möglichkeit, genauer auf Antworten einzugehen und somit komplexere Fragen zu stellen. Insgesamt wurden die Online-Fragebögen jedoch vor allem verwendet, da diese durch die Abwesenheit eines Interviewers privater und weniger intrusiv sind. Die Benutzer werden also nicht "eingeschüchtert", wodurch ehrlichere Antworten möglich sind [24].

Die Testkandidaten selbst wurden über mehrere Mailinglisten sowie durch direkte Emails hauptsächlich über den Universitätskreis beworben. Aus organisatorischen Gründen konnten nur Personen teilnehmen, welche bereits im Besitz eines Android-Smartphones waren. Innerhalb der Einladungs-Emails wurde mit Hilfe einer kurzen Anleitung das weitere Vorgehen der Testkandidaten beschrieben. Zusätzlich wurden durch eine grundlegende Einführung in den Anwendungsfall mit Hilfe einer Crowdsourcing-Definition weitere Informationen zu der Studie gegeben. Nach der Absolvierung des ersten Fragebogens wurden alle weiteren Instruktionen durch Popup-Meldungen innerhalb der Android-App gegeben. Diese erläuterten stets die aktuelle Messmethode und deuteten auf die zukünftigen Schritte hin.

3.2 Lärm Analysator

Im Folgenden soll die implementierte Android-App in Bezug auf die verwendete Architektur, sowie die entwickelten Messmethoden genauer erläutert werden.

3.2.1 Architektur

Die Anwendung *Lärm Analysator* besteht aus den beiden Bestandteilen Android-Applikation und Server.

Innerhalb der App hat der Nutzer die Möglichkeit sich mit einem frei gewählten Nutzernamen, einer Email-Adresse und einem Passwort zu registrieren und im Anschluss einzuloggen. Weiterhin kann - sobald die Anleitungsphase (s. Kapitel 3.1) beendet ist - frei zwischen den drei Messmethoden gewählt werden. Tätigt der Benutzer eine Messung, so wird diese zuerst in einer lokalen *SQLite*⁵ Datenbank gespeichert und sobald eine Internetverbindung besteht an den Server übertragen. Innerhalb der App existiert weiterhin die Möglichkeit, zwischen drei Ansichten zu wählen. Einerseits können die lokalen Messungen in einer Listenansicht dargestellt

⁵<http://www.sqlite.org/> (abgerufen am 30.07.2012)

werden. Andererseits kann eine Lärmkarte angezeigt werden, welche in Echtzeit auf dem Server generiert wird. Zusätzlich wird die Anzahl der Messungen des jeweiligen Nutzers sowie eine Bestenliste über alle Anwender angeboten.

Alle Eingaben (Registrierung, Login, Messungen) innerhalb der App werden an den Server übertragen. Um die Daten strukturiert speichern zu können, wurde eine *PostgreSQL*⁶ Datenbank mit *PostGIS*⁷ Erweiterung aufgesetzt. Innerhalb der Datenbank gibt es drei Tabellen. Jeweils eine für den Benutzer, die Messungen und für geclusterte Messungen. Die Schnittstelle, welche die Kommunikation zwischen der Android-App und dem Server ermöglicht, basiert auf dem Austausch von JSON-Nachrichten⁸ über das REST-Paradigma⁹ und ist serverseitig durch *PHP*-Skripte¹⁰ gelöst.

Um die Messwerte einfach darzustellen, wurde basierend auf der open-source Bibliothek *Leaflet*¹¹ eine Karte implementiert, welche als *WebView* in der App eingebunden ist. Unterteilt in sieben Lautstärke-Intervalle, werden die Messungen in verschiedenen Farben von grün (leise) bis rot (laut) als Kreise auf der Karte dargestellt. Um Anhäufungen von Messwerten auf der Karte zu vermeiden, wurde weiterhin ein Clusterverfahren implementiert, wobei direkt nach dem Hochladen einer Messung die Distanz zu allen bisherigen Messwerten ermittelt wird. Existieren bereits Messungen oder Cluster mit einer Entfernung von weniger als 20 m, so werden diese in einer weiteren Datenbank-Tabelle zusammengeführt und als Cluster gespeichert. Die einzelnen Messwerte der Lautstärke werden als gleitender Mittelwert berechnet, wodurch sich für den jeweiligen Ort eine Durchschnitts-Lautstärke ergibt. Diese Methode hat den Nachteil, dass Änderungen an dem Mittelwert nach einiger Zeit nur durch sehr viele Messwerte möglich ist. Eine Alternative Berechnung der Lautstärke wäre durch die stärkere Gewichtung von zeitlich neueren Messwerten möglich gewesen, wodurch ein "Festfahren" der Werte verhindert wird. Hier ergibt sich jedoch der Nachteil, dass Ausreißer stärker gewichtet werden. Die Methode der gleitenden Mittelwerte wurde vor allem auf Grund der relativ kurzen Testzeit von zwei Wochen gewählt, da Änderungen der Lautstärke (z.B. durch den Neubau von Straßen o.ä.) in dieser Dauer eher unwahrscheinlich sind, einzelne Falschmessungen jedoch wenig Bedeutung erlangen. Weiterhin wurde für das Clusterverfahren auf eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Tageszeiten verzichtet, um die Teilnehmer durch die kompliziertere Kartendarstellung nicht zu verwirren.

⁶<http://www.postgresql.org/> (abgerufen am 31.07.2012)

⁷<http://postgis.refractor.net/> (abgerufen am 31.07.2012)

⁸<http://www.json.org/> (abgerufen am 31.07.2012)

⁹<https://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-restful/>
(abgerufen am 01.08.2012)

¹⁰<http://www.php.net/> (abgerufen am 31.07.2012)

¹¹<http://leaflet.cloudmade.com/> (abgerufen am 31.07.2012)

3.2.2 Messmethoden

Wie bereits erwähnt, wurden drei verschiedene Eingabemethoden für den *Lärm Analysator* entwickelt.

Die erste Methode, mit welcher der Nutzer konfrontiert wird ist die manuelle Messung. Sobald die Messung ausgewählt wird, erscheint ein Popup, wobei wie auf der Abbildung 1 erkennbar, die aktuelle Umgebungslautstärke mit Hilfe eines Schiebe-

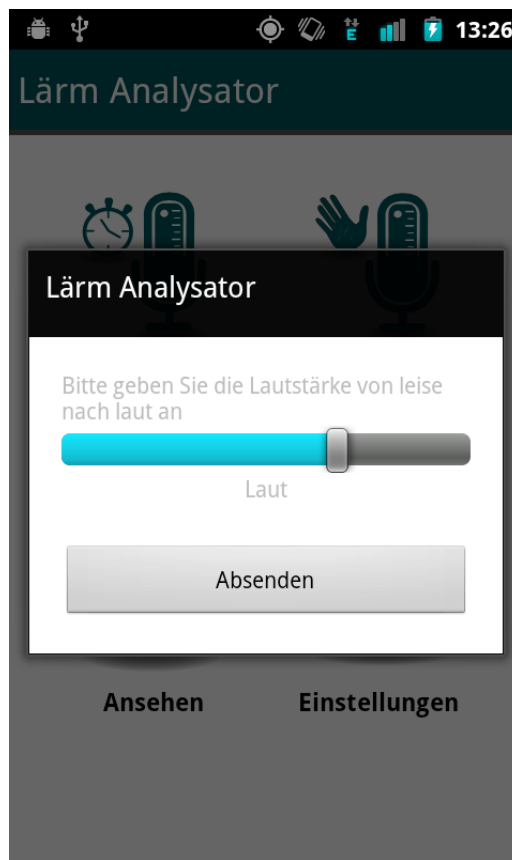


Abbildung 1: Manuelle Messung mittels Schieberegler

reglers subjektiv abgeschätzt werden muss. Die Einteilung der Lautstärke basiert auf einer siebenteiligen Skala von "Stille" - "Lärm". Diese Einteilung ermöglicht den Probanden genügend Spielraum zur Messung. "Mehr als sieben Skalenpunkte werden [...] kaum noch zu einer Differenzierung des Urteils genutzt[...]“[25]. Insgesamt basiert dieser Prozess vollständig auf der subjektiven Wahrnehmung des Anwenders, wodurch es bei gleicher Lautstärke zu unterschiedlichen Messwerten kommen kann. Der Vorgang selbst ist so konzipiert, dass (vorausgesetzt es konnte eine GPS-Position ermittelt werden) die Messung innerhalb weniger Sekunden durchgeführt werden kann.

Um die Ergebnisse der manuellen Messungen mit den weiteren Methoden vergleichen

zu können, wurden vor Beginn der Studie bereits ca. 500 automatische Messungen an unterschiedlich lauten Orten durchgeführt. Anhand dieser Testdaten konnte die mögliche Spanne der Messwerte bestimmt werden, wodurch ein Übertragen der manuellen Messungen auf eine numerische Skala möglich war.

Die zweite Methode ist die automatisierte Messung. Als Android-Service läuft diese komplett im Hintergrund und für den Nutzer somit nicht sichtbar ab. Um die Lautstärke zu analysieren, wird diese durch das smartphoneinterne Mikrofon über vier Sekunden hinweg gemittelt. Da die Audioaufnahme des Systems standardmäßig den Ton als Frequenzspektrum aufnimmt, muss diese vor dem Speichern in dB umgerechnet werden. Als zusätzliche Information wird der Status des Abstandssensors ermittelt, welcher beschreibt, ob das Handy gerade bedeckt ist (z.B. in der Hosentasche) oder zum Display hin ohne Hindernis frei liegt. Dieser Faktor kann im Nachhinein verwendet werden, um ggf. gedämpfte Lautstärkewerte zu verstärken, oder genereller, um die Qualität der Messung zu bewerten. Mit Hilfe des Android-AlarmManagers wird ein Intervall angegeben, in welchem der Service gestartet werden soll. Standardmäßig liegt das Intervall bei 15 Minuten, was vom Nutzer nach Ablauf der Anleitungsphase jedoch auch geändert werden kann.

Als letzte Methode bleibt die manuelle Messung mit Erinnerungsfunktion zu nennen. Als Kombination zwischen den beiden Verfahren wird erneut die manuelle Messung gestartet. Um die Anzahl an Messungen von Seiten des Nutzers zu erhöhen, wird dieser jedoch periodisch mit einer Benachrichtigung in der Statusleiste und einer kurzen Vibration auf die Messung hingewiesen. Um den Zeitaufwand so gering wie möglich zu halten, erscheint diese Erinnerung erst nachdem bereits ein GPS-Signal ermittelt wurde, wodurch die Wartezeit des Anwenders auf ein Minimum reduziert wird.

Zusätzlich wird zu jeder manuellen Messung auch eine einzelne automatische Messung im Hintergrund gestartet, womit ein direkter Vergleich der subjektiven Wahrnehmung und der Lautstärkemessung über das Mikrofon ermöglicht wird.

3.3 Fragebögen

Wie in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben, diente der erste Fragebogen der Erfassung von grundlegenden Informationen über die Testkandidaten, sowie über deren Smartphone Kenntnisse. Hierfür wurden zunächst allgemeine Fragen über das Alter und das Geschlecht, sowie über die aktuelle Beschäftigung des Befragten gestellt.

Um herauszufinden, wie gut sich die jeweilige Person mit Smartphones auskannte wurde als nächstes ermittelt, wie lange der Nutzer bereits ein solches besitzt, welches

die Haupt-Nutzungsgründe sind und wie häufig das Gerät im Alltag verwendet wird. Zuletzt wurde nach einer persönlichen Einschätzung bezüglich der Fachkenntnis über Smartphones gefragt. Verwendet wurden diese Informationen um Unterschiede in der Nutzungsweise in Kombination mit unterschiedlichen Fachkenntnissen zu analysieren.

Der nächste Abschnitt des Fragebogens beinhaltete Fragen über Crowdsourcing. Primär sollte hier herausgefunden werden, ob die Testpersonen bereits Vorkenntnisse im Bezug auf Crowdsourcing-Projekte hatten oder sogar selbst Teilnehmer an solchen waren.

Anschließende Fragen zielten auf die Gründe ab, weshalb die Nutzer überhaupt an Crowdsourcing-Projekten teilnehmen würden. Dafür wurde zunächst gefragt, wie stark jeweils ein Entgelt oder das gewählte Thema die Motivation für die Teilnahme beeinflusst. Weiterhin sollte der Befragte selbst drei Motivationsgründe angeben.

Der dritte Abschnitt des ersten Fragebogens bezog sich schließlich vor der Verwendung der App bevorzugten Messmethoden. Mit Hilfe dieser Informationen konnte nach der Testphase in Kombination mit dem zweiten Fragebogen weiterhin evaluiert werden, ob sich das Meinungsbild über die Messmethoden durch die Studie geändert hatte.

Zum Schluss wurden noch Fragen zu der Kenntnis von Hintergrundaktivitäten des Smartphones gestellt, wobei in Verbindung mit bekannten Sensoren herausgefunden werden sollte, ob Personen mit unterschiedlichem Wissensstand über die technischen Möglichkeiten der Geräte verschiedene Präferenzen im Bezug auf die gegebenen Eingabemethoden aufzeigen.

Durch den zweiten Fragebogen sollte die, durch die App-Nutzung gewonnenen Erfahrungen erfragt werden. Um herauszufinden, weshalb unterschiedliche Meinungen zu den Messmethoden entstehen könnten, sollte auf den Fragen der subjektive Aufwand der verschiedenen Methoden auf einer Skala angegeben werden. Zusätzlich wurden die Nutzer gefragt, ob die Messungen als störend empfunden wurden und welche Gründe für eine Beeinträchtigung vorliegen.

Ein weiterer Faktor welcher das Nutzungsverhalten von Crowdsourcing-Projekten wesentlich beeinflusst ist die Motivierung durch intrinsische und extrinsische Faktoren (s. Kapitel 2.2). Um diese Einflüsse zu evaluieren, wurden mehrere Fragen gestellt. Bereits im ersten Fragebogen wurde nach der Motivation durch das Thema oder ein Entgelt gefragt. Zusätzlich wurde nun ermittelt, ob die Testkandidaten gerne mehr Feedback (z.B. Benachrichtigungen, etc.) zu getätigten Messungen erhalten hätten und wie sinnvoll die Tätigkeit im Allgemeinen eingestuft wurde. Als letzte Abfrage bezüglich der Motivation wurde gefragt, wie sehr sich die Benutzer durch das Punktesystem in ihrem Messverhalten beeinflusst gefühlt hatten. Der Einfluss verschiedener Motivationsfaktoren ist vor allem wichtig, um zu analysieren, warum Nutzer überhaupt an Crowdsourcing-Projekten teilnehmen, beziehungsweise warum

Messungen in der jeweiligen Häufigkeit getätigt wurden. Um herauszufinden wie interessiert die Nutzer an den eigentlichen Ergebnissen der Messungen waren, wurde weiterhin gefragt, wie häufig sich die Testpersonen die Lärmkarte selbst angesehen hatten.

Zuletzt wurden spezifische Fragen über die Verwendung der App gestellt. Diese beinhalteten Informationen über die Messintervalle, der bevorzugten Methode, sowie auch die Frage welche Methode nach der Verwendung der App bevorzugt genutzt werden würde. Diese Fragen waren besonders wichtig, da sie direkt die Forschungsfragen der Arbeit an die Nutzer weitergaben.

Um sicherzustellen, dass die Fragebögen bestmöglich verstanden werden, wurden diese vor der Verwendung von drei Personen auf ihre Verständlichkeit hin getestet und anschließend jeweils überarbeitet.

4 Auswertung

Das folgende Kapitel dient der Auswertung der während der Nutzerstudie gesammelten Daten. Hierfür sollen zunächst die Testpersonen genauer beschrieben werden. Im Anschluss werden die Antworten der Fragebögen sowie die getätigten Messungen der Nutzer zusammengefasst. Das letzte Unterkapitel soll schließlich die Ergebnisse genauer interpretieren.

4.1 Überblick über die Teilnehmer

Innerhalb der zweiwöchigen Testphase hatten insgesamt 16 Personen den *Lärm Analyticator* verwendet und jeweils beide Fragebögen ausgefüllt. Die Altersspanne der Teilnehmer lag zwischen 19 - 49 Jahren, wobei 81 % der Befragten dem Alter zwischen 22 und 27 Jahren zuzuordnen sind. Zusätzlich gaben alle Nutzer an, bereits seit einem Jahr oder länger ein Smartphone zu besitzen. 12 Personen kategorisierten ihre Fachkenntnis bezüglich Smartphones mit *sehr hoch* oder *hoch*, drei Personen (19 %) mit *mittel* und nur ein Kandidat (6 %) gab seine Fachkenntnis mit *gering* an. Diese Verteilung lässt sich dadurch erklären, dass ein großer Anteil der Probanden Geoinformatik studiert, wobei diese während des Studiums häufig mit Smartphones konfrontiert werden. Diese Tatsache spiegelt sich auch in der Häufigkeit der Handynutzung wieder. 87 % der Nutzer (14 Personen) gaben an, ihr Handy im Alltag *ständig* oder *fast ständig* zu benutzen.

Drei Nutzer (19 %) hatten bereits an Crowdsourcing-Projekten teilgenommen, in welchen die Daten sowohl per Hand, als auch durch automatisierte Eingabemethoden eingegeben wurden. Lediglich eine Person (6 %) gab an, Informationen nur automatisiert weitergegeben zu haben, wogegen sieben Personen (44 %) an Crowdsourcing-Projekten teilgenommen hatten, bei denen eine Eingabe per Hand erforderlich war. Insgesamt hatten also fast 70 % der Probanden bereits Crowdsourcing-Erfahrungen gesammelt.

4.2 Auswertung der Fragebögen

Das wesentliche Ziel der Arbeit ist herauszufinden, welche Eingabemethode von den Testpersonen bevorzugt wird. Wie in Kapitel 3.3 beschrieben, wurde hierfür sowohl vor, als auch nach der Studie nach der präferierten Methode gefragt, sowie mit welcher Eingabeart sinnvollere Ergebnisse erwartet werden. Die Fragebögen ergaben, dass vor der Testzeit sieben Personen (44 %) lieber die automatische Methode verwenden würden. Diese Anzahl ist nach der Nutzung der App auf zehn Personen angestiegen (63 %). Drei Personen (19 %) waren im ersten Fragebogen unentschlossen und die restlichen sechs (38 %) Kandidaten gaben an, lieber manuelle Eingaben

zu tätigen. Davon jedoch fünf nur, falls der Aufwand weniger als eine Minute beträgt. Nach der Testzeit, wurde die manuelle Messung nur noch von vier Personen bevorzugt, wovon zwei Benutzer angaben die Erinnerungsfunktion verwenden zu wollen. Nach den Angaben der Fragebögen wurde die automatische Messung also der manuellen vorgezogen (s. Abbildung 2). Diese Aussage wird durch die Einschätzung der

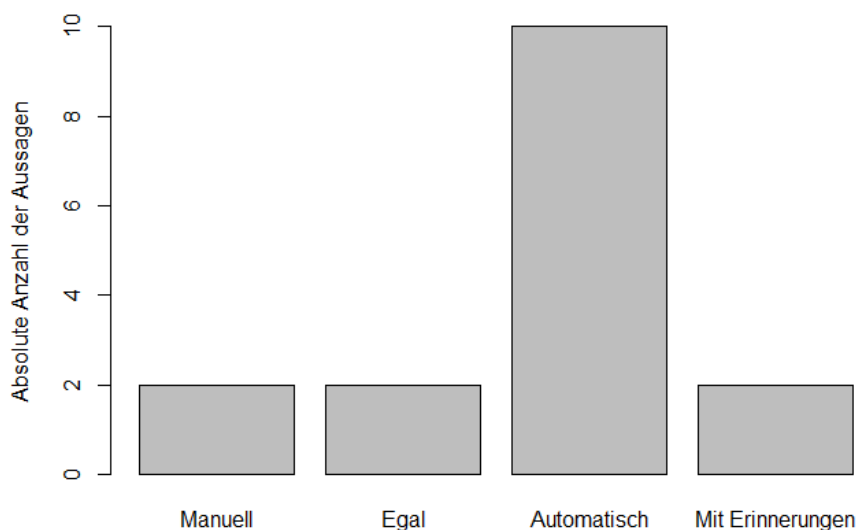


Abbildung 2: Bevorzugte Messmethode nach Verwendung der App

Sinnhaftigkeit der jeweiligen Methoden unterstützt. Hier gaben sowohl vor, als auch nach der Verwendung der App jeweils sieben Personen (44 %) an, dass sie ohne Zutun der Nutzer sinnvollere Daten erwarten. Die restlichen Personen waren sich entweder unschlüssig, empfanden beide Methoden als gleich gut, oder waren für die Eingabe per Hand. Der größere Teil der Nutzer empfand die automatischen Messungen demnach also sinnvoller. Diese Aussagen sind erstaunlich, da die Testpersonen tendenziell angaben, dass sie sich bei Anwendungen welche Daten im Hintergrund sammeln, eher unwohl fühlen. Zusätzlich besagten 14 Personen (88 %), dass sie nur mittelmäßig bis wenig über mögliche Hintergrundaktivitäten ihrer Smartphones wissen.

Ein weiteres Themengebiet der Arbeit war der Einfluss der Erinnerungsfunktion. Der zweite Fragebogen zeigt, dass die Nutzer durch die Erinnerungen überwiegend mehr Messungen als ohne diese gemacht hätten. So gaben drei Personen (19 %) an, dass sie ohne die Erinnerungsfunktion seltener gemessen hätten. Acht Personen (50 %) nur etwas seltener und drei Personen (31 %) deuteten keine Beeinflussung in der Häufigkeit an (s. Abbildung 3).

Bei dem Vergleich mit der manuellen und der automatischen Messung zeigte sich jedoch, dass die Erinnerungen als relativ störend aufgefasst wurden. Während bei

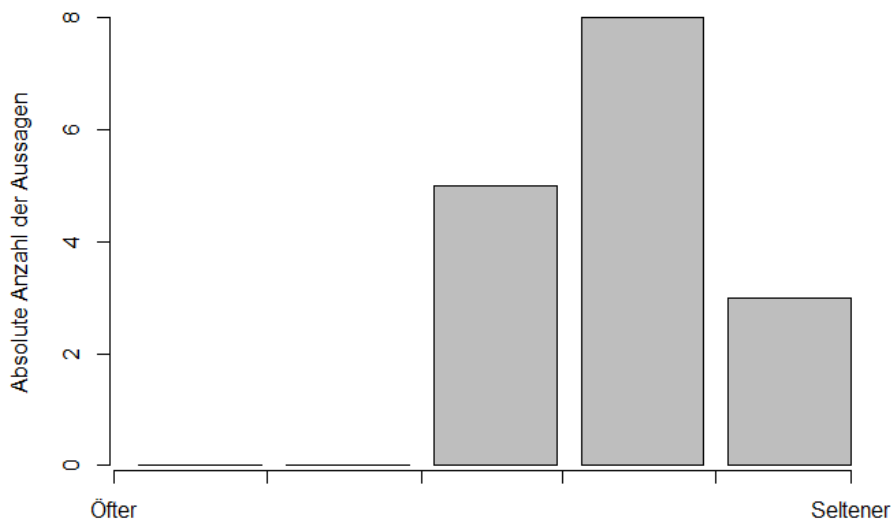


Abbildung 3: Häufigkeit der Messungen ohne Erinnerungsfunktion

der automatischen Messung die schlechtesten Bewertungen durch drei Personen (19 %) durch einen mittleren Störfaktor angegeben war (die restlichen Personen wurden gar nicht oder nur wenig gestört), wurde die Erinnerungsfunktion von fünf Personen (22 %) als störend oder stark störend empfunden. Die manuelle Messung wurde ebenfalls schlechter als die automatisierte bewertet, allerdings gaben hier nur zwei Personen (13 %) eine Störung an.

Um herauszufinden, wodurch sich Personen für Crowdsourcing-Projekte motivieren lassen, wurde nach dem Einfluss von einem Entgelt sowie dem Einfluss des jeweiligen Themas gefragt.

Drei Personen (19 %) gaben an, sehr stark durch eine Bezahlung motiviert zu werden. Sieben Kandidaten (44 %) würden sich stark durch ein Entgelt motivieren lassen. Die restlichen sechs Personen (31 %) gaben einen mittleren oder weniger starken Einfluss an. Die Motivation durch die Thematik wurde ähnlich eingeschätzt. Es gaben fünf Personen (31 %) an, dass ihre Motivation sehr stark von dem Thema abhängt und weitere fünf, dass ein starker Einfluss existiert. Die verbliebenen sechs Personen gaben auch hier wieder einen mittleren oder weniger starken Einfluss an. Als weitere Gründe für die Teilnahme an Crowdsourcing-Projekten wurde vor allem Spaß und Freizeitbeschäftigung (4 Personen) genannt. Weitere Angaben waren die Weitergabe von Wissen sowie der eigene Nutzen an den gesammelten Daten.

Ein wichtiger Punkt in der Analyse der Motivation stellt das verwendete Punktesystem dar. Drei Personen (19 %) gaben eine mittlere Beeinflussung durch die Vergabe von Punkten an, hingegen behaupteten sieben Personen (44 %) stark bis sehr stark von dem Punktesystem beeinflusst worden zu sein. Sechs Personen (38 %) gaben an weniger bis gar keine Beeinflussung bemerkt zu haben. Die Meinungen der ver-

schiedenen Nutzer waren hier also sehr unterschiedlich. Interessant ist jedoch, dass bis auf zwei Nutzer, alle Personen die eine Beeinflussung durch das Punktesystem angegeben hatten auch unter den aktivsten Testkandidaten waren. In diesem Zusammenhang wurde von mehreren Benutzern in den Fragebögen sogar der Wunsch nach einem erweiterten Punktesystem (z.B. durch Achievements) geäußert. Ein Nutzer (P9) gab weiterhin an, durch die Vergabe von Preisen für die aktivsten Nutzer noch besser zu motivieren gewesen wäre. Gleichzeitig äußerte jedoch ein Tester (P1), durch das Punktesystem mehr Messungen getätigt zu haben, als nötig gewesen wäre, mit der Befürchtung, dadurch die Ergebnisse verfälscht zu haben.

4.3 Auswertung der Messwerte

Innerhalb der Testzeit wurden 4283 Messungen von den Benutzern getätigt, wobei ca. 1/3 der Eingaben manuell (1086) und ca. 2/3 (3197) automatisiert durchgeführt wurden. Zusätzlich wurden 1126 automatisierte Messungen parallel zu manuellen Messungen im Hintergrund ausgeführt. Die Differenz zwischen den Hintergrund- und den manuellen Messungen kam dadurch zustande, dass manuelle Messungen teilweise vom Nutzer abgebrochen wurden, während die Hintergrundmessung bereits ausgeführt wurde.

Weiterhin wurden von den manuellen Messungen ca. 400 ($\approx 40\%$) nach einer Aufforderung durch eine Erinnerung getätigt. Abbildung 4 zeigt die absoluten Häufigkeiten (Y-Achse) der Messungen als akkumulierte Summe, verteilt auf die Tage der Testzeit (X-Achse). Zur genaueren Analyse der Kurven wurde jeweils eine lineare Regression durchgeführt, welche die Häufigkeit der Messung in Abhängigkeit zu der Testzeit darstellt. Auffallend ist, dass sowohl die Aktivität der manuellen, als auch die der automatisierten Messung in den ersten Tagen relativ konstant ist. Bei beiden Methoden zeigt sich, dass die meisten Messungen zwischen den Tagen 9 und 13 durchgeführt wurden, was durch einen steileren Anstieg der jeweiligen Kurven und überschreiten der Regressionslinien erkennbar ist. Gegen Ende der Testphase nahm die Aktivität jeweils ab. Bei der manuellen Messung war dieser Prozess jedoch schneller, als bei der automatisierten. In diesem Zusammenhang muss jedoch erwähnt werden, dass nicht alle Teilnehmer exakt zur gleichen Zeit begonnen hatten, auch wenn alle Einladungen zeitgleich verschickt wurden. Manche Nutzer hatten also später gestartet, durch die feste Dauer von 14 Tagen allerdings auch später die Nutzung beendet. Diese Tatsache kann für kleinere Unterschiede in der Aktivität zu Beginn und zum Ende der Studie verantwortlich sein. Ein weiterer Faktor, ist durch die Anleitungsphase zu Beginn gegeben, welche die Testpersonen in der Benutzung einschränkt. Mehr dazu jedoch in Kapitel 4.4.

Insgesamt muss auch erwähnt werden, dass nicht alle Nutzer gleich aktiv waren. Vier Testpersonen waren nur sehr selten aktiv und hatten innerhalb der Testzeit

ten weniger als 10 Messungen getätigt. Fünf Personen hatten zwischen 15 und 150 Messungen. Die verbleibenden sechs Benutzer hatten alle mehr als 350 Messungen. Eine Korrelation zu der angegebenen Fachkenntnis der Teilnehmer konnte in diesem Zusammenhang nicht festgestellt werden.

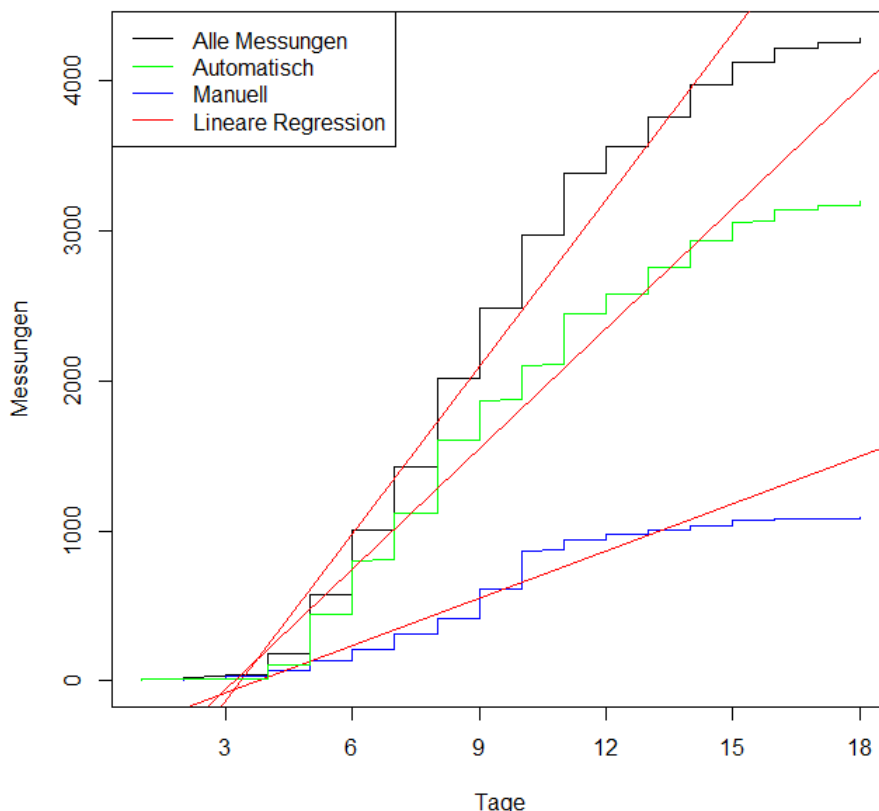


Abbildung 4: Häufigkeit der Messungen

Die Analyse des Proximity-Sensors zeigt weiterhin, dass lediglich 455 der automatischen Messungen ($\approx 14\%$) durchgeführt wurden, während das Handy zum Display hin unbedeckt war. Da durch den Sensor nicht ermittelt werden kann, wodurch das Smartphone behindert wird (z.B. Hosentasche, Rucksack oder nur eine Schutzhülle), lässt sich nicht ermitteln, wie stark die Lautstärke-Messung durch diesen Faktor beeinflusst wurde. Im Vergleich hierzu, konnten die Hintergrundmessungen, welche durch die manuelle Messung gestartet werden, jeweils ausgeführt werden, während das Display unbedeckt war.

Ein weiterer großer Unterschied ergibt sich bei der Betrachtung von Messungen zu verschiedenen Tageszeiten. In der Zeit von 22 - 6 Uhr wurden nur 178 manuelle Messungen durchgeführt, allerdings fast 6 mal so viele automatische Messungen (1037). Im direkten Vergleich dazu wurden tagsüber 908 manuelle Messungen getätigt, wogegen nur noch ca. 2,4 mal so viele automatische Messungen (2160) existieren. Auffällig sind vor allem die Spitzenwerte bei der automatischen Messung zwischen 0 - 2 Uhr

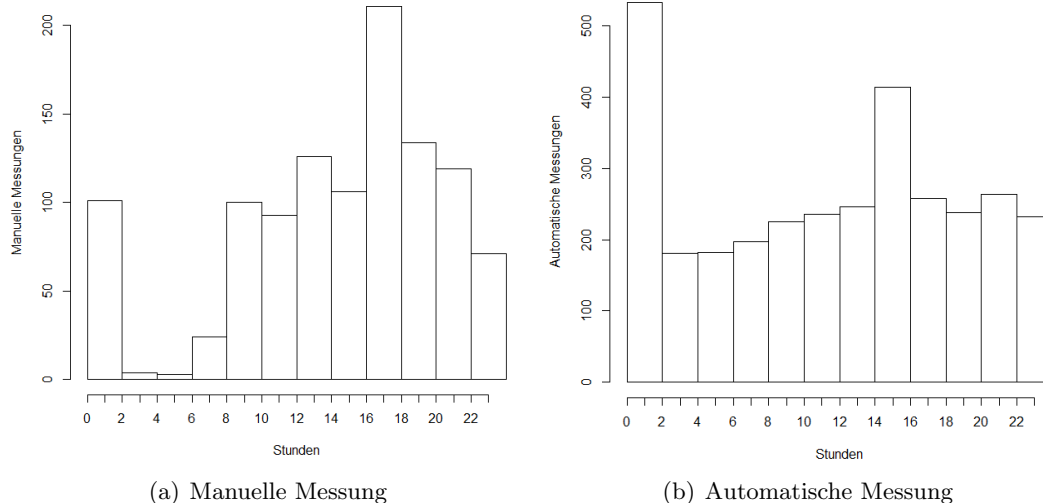


Abbildung 5: Histogramme der absoluten Häufigkeiten der Messungen verteilt auf die Tageszeit

und zwischen 14 - 16 Uhr (s. Abb. 5) sowie die enorme Häufigkeit bei der manuellen Messung zwischen 16 - 18 Uhr. Die nächtlichen Messungen wurden fast ausschließlich stationär an einem Ort ausgeführt, wodurch sehr gut Lautstärke-Unterschiede zwischen verschiedenen Uhrzeiten festgestellt werden können. Abbildung 6 zeigt Beispielsweise die deutliche Abnahme der Lautstärke über Nacht. Die Messungen hierfür wurden von einem Nutzer (P15) über 24 Stunden hinweg an einem einzigen Ort mit Hilfe der automatischen Messung aufgezeichnet. Mit Hilfe der Eingabe per Hand konnten für einzelne Orte keine ähnliche Messfrequenz aufgezeichnet werden.

Verteilt wurden die Messungen insgesamt auf 255 verschiedene Cluster, woraus sich eine mittlere Quantität von je 16,8 Messungen pro Cluster ergibt. Für den Anwendungsfall wurde wie bereits erwähnt (s. Kapitel 3.2.1) ein Abstand von 20 m definiert ab welchem Messungen als zusammengehörig deklariert wurden. Der Puffer wurde hierfür so gewählt, dass auch bei kleineren GPS-Ungenauigkeiten, Messungen nur einem Cluster zugeordnet werden. Durch die Bildung von Mittelwerten ist weiterhin auch bei einer größeren Anzahl von Messungen an einem Ort ein Überblick über die Lautstärke möglich.

Die durchschnittliche Anzahl der Messungen innerhalb eines Clusters zeigt, dass Testkandidaten öfters an den gleichen Orten Messungen durchgeführt haben. Die Messwerte machen deutlich, dass dies auf drei Gründe zurückzuführen ist. Die Benutzer haben entweder eine längere Zeit an einem Ort verweilt, wobei z.B. bei einem Intervall von 15 Minuten, vier Stunden ausreichen, um 16 automatisierte Messungen durchzuführen. Bei (gleichzeitiger) Nutzung der manuellen Methode, kann für die gleiche Quantität bereits ein kürzer Zeitraum ausreichen. Alternativ waren mehrere Tester an den gleichen Orten (ggf. zu unterschiedlichen Zeiten) unterwegs und/oder

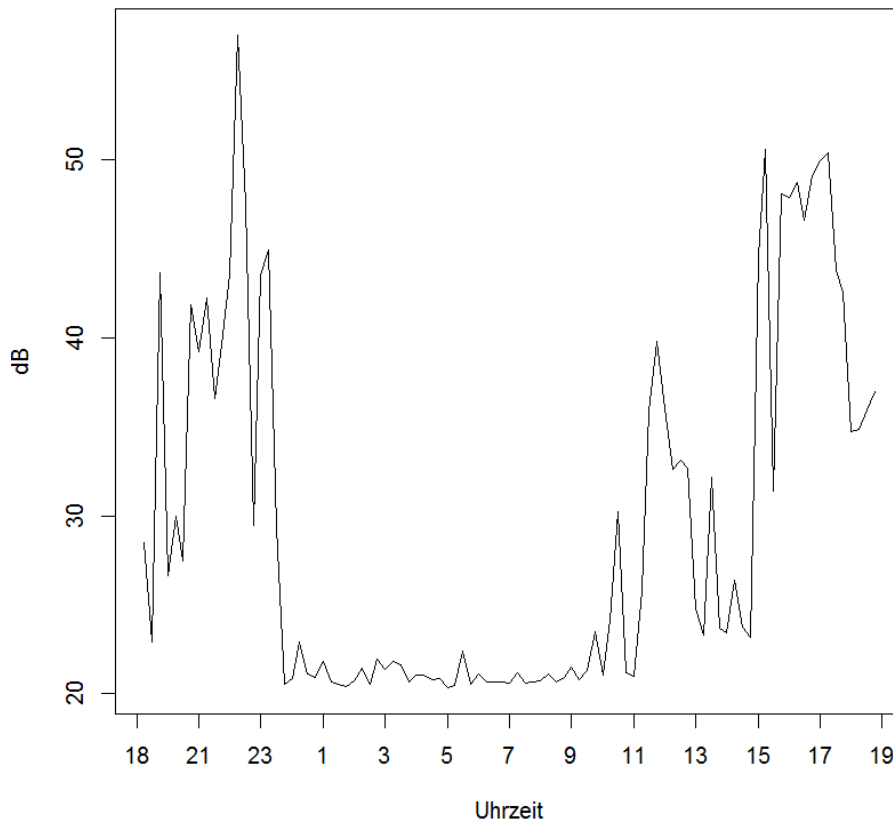


Abbildung 6: Lautstärke Tagesverlauf an einem Ort

besuchten den gegebenen Ort mehrfach.

Betrachtet man die Messungen der einzelnen Nutzer auf einer Karte, lässt sich sehr deutlich erkennen, wo die meisten Aktionen getätigt wurden. Die größten Ansammlungen der Messwerte ergaben sich sowohl bei den manuellen, als auch bei den automatischen Messungen in der Umgebung der Wohnung und des Arbeitsplatzes (oder der Ausbildungsstätte) der jeweiligen Testpersonen. An dritter Stelle der Häufigkeiten stehen Restaurants und Mensen.

Im direkten Vergleich zeigen die automatisierten Messungen auf der Karte häufiger die Wege zwischen Zuhause und Arbeit. Manuelle Messungen hingegen wurden eher selten während des Weges getätigt.

Da zu jeder manuellen Messung auch eine automatische Messung im Hintergrund ausgeführt wurde (s. Kapitel 3.2.2), kann ein direkter Vergleich versucht werden. Die durchschnittliche Differenz (in absoluten Werten) zwischen den jeweiligen Messungen betrug 11,29 dB bei einer Standardabweichung von 6,9. Eine genauere Betrachtung der Messwerte zeigt, dass die Einschätzung der Testpersonen in sehr vielen Fällen sehr gut mit der Messung des Mikrofones übereinstimmen. Es gab jedoch auch einige starke Ausreißer (Maximaler Unterschied sogar von 42 dB), wobei die Aussage des Nutzers jeweils sehr stark von der Mikrofonomessung divergierte.

4.4 Interpretation der Ergebnisse

Anhand der Anzahl der Messungen durch die verschiedenen Methoden, lässt sich bereits sehr gut einer der größten Vorteile der automatischen Messung erkennen. Dadurch, dass die Benutzer selbst keinen Arbeitsaufwand aufbringen müssen und standardmäßig ein relativ kurzes Zeitintervall gewählt wurde, ergaben sich hier wesentlich mehr Messwerte als durch die anderen Methoden. Zusätzlich ergaben die Fragebögen, dass die automatisierte Methode sowohl vor, als auch während der Studie den anderen Methoden vorgezogen wurde. Dies ergibt sich laut Aussagen der Benutzer vor allem auch dadurch, dass die entstehenden Daten als sinnvoller eingestuft wurden und der Aufwand weniger störend war.

Trotz allem ergaben sich erstaunlich viele Messungen durch die manuellen Eingabemethoden (normal, sowie mit Erinnerungen). Da fast die Hälfte aller manuellen Messungen mit Hilfe der Erinnerungsfunktion entstanden sind, wird der starke Einfluss dieser Funktionalität sehr deutlich. Anhand der Messdaten lässt sich jedoch nicht erkennen, ob Nutzer zu dem jeweiligen Zeitpunkt nicht auch ohne die Erinnerung eine Messung getätigt hätten. Unklar ist auch, ob durch die Erinnerungen dafür zu anderen Zeitpunkten weniger Messungen entstanden sind. Die Aussagen der Nutzer in dem zweiten Fragebogen zeigen allerdings, dass die Erinnerungsfunktion die Anzahl der Messungen zumindest gefühlt bei den Nutzern erhöht hat. Insgesamt wurden jedoch laut Fragebögen von allen Methoden die Messung mit Erinnerungen als am meisten störend empfunden. Die explizite Aufforderung zur Messung hat die Anzahl der Messungen also im Bezug auf die Quantität positiv beeinflusst, nicht jedoch in Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit. Aufgrund der genannten Probleme, ist es daher fraglich, ob die Methode auch über einen längeren Zeitraum hinweg einen positiven Effekt auf die Anzahl der Messungen ausüben würde.

Auffällig bei der Analyse der Messdaten war ebenfalls die Tatsache, dass die Anzahl der getätigten Messungen gegen Ende abnahm. Wie bereits erwähnt ergaben sich kleinere Abweichungen durch unterschiedliche Startzeiten der Teilnehmer. Trotzdem lässt erkennen, dass die größte Aktivität erreicht wurde, nachdem die Testphase ca. zu 2/3 abgeschlossen wurde. Deutlich wird auch, dass die Nutzung der manuellen Messung gegen Ende stärker stagnierte als die automatische Messung. Insgesamt verloren die Testpersonen zum Ende hin scheinbar an Motivation. Eine Person (P2) gab im Fragebogen beispielsweise an, dass die Nutzung uninteressant wird, solange man nichts außergewöhnliches unternimmt. Ein möglicher Grund für die Abnahme der Aktivitäten ist also, dass die Benutzer bereits an den meisten Orten Messungen getätigt hatten, welche in ihrem Alltag regelmäßig besucht wurden. Zeitliche Unterschiede konnten jedoch auch zu verschiedenen Tageszeiten (s. Abbildung 5) festgestellt werden. Wie zu erwarten, wurden nachts fast keine manuellen Messungen ausgeführt. Die größte Aktivität dieser Methode lag zwischen 16 und

18 Uhr. Es lässt sich vermuten, dass zu dieser Uhrzeit die Testpersonen durch den beginnenden Feierabend mehr Zeit für die App-Nutzung aufbringen konnten. Im Vergleich zu der manuellen Eingabe gab es bei der automatischen Messung nachts nur einen geringen Einbruch der Aktivität. Erstaunlicherweise war die größte Aktivität am Nachmittag um ca. 2 Stunden früher an ihrem Höhepunkt. Interessant war weiterhin, dass in der Zeit von 0 - 2 Uhr fast doppelt so viele automatische Messungen getätigt wurden als zu den anderen Stunden (mit Ausnahme des Nachmittags). Gründe hierfür lassen sich durch die Messdaten und Fragebögen nur sehr schwierig ausmachen. Ein möglicher Grund könnte jedoch sein, dass die Benutzer vor dem Schlafengehen stets noch einmal die App verwendet hatten.

Der Vergleich der Messwerte zwischen der manuellen und der automatischen Methode zeigte jedoch nicht nur quantitative Unterschiede auf. Durch die nicht geeichten Mikrofone, wurden die Ergebnisse bereits beeinträchtigt (s. Kapitel 2.3). Die Analyse der Daten auf Grundlage des Proximity-Sensors zeigte weiterhin, dass die meisten automatischen Messungen durchgeführt wurden, während das jeweilige Mikrofon bedeckt wurde. Durch den direkten Vergleich von manuellen Messungen mit den dazugehörigen Hintergrundmessungen machte deutlich, dass die subjektive Schätzung der Testpersonen in vielen Fällen mit der Messung des Mikrofones relativ gut übereinstimmte. Die Tatsache, dass es allerdings auch ohne offensichtliche Beeinträchtigung eines Mikrofones in manchen Fällen zu enormen Abweichungen kam, mindert jedoch auch die qualitative Einschätzung der manuellen Messungen. Insgesamt kann man sagen, dass die Testpersonen durch zusätzliche Kontextinformationen, sowie die Subjektivität in manchen Situationen zu komplett anderen Ergebnissen kommen können. Die Möglichkeit von Fehlern durch den Nutzer kann jedoch nie ausgeschlossen werden. Eine definitive Aussage über die Qualität der verschiedenen Methoden ist daher nicht möglich.

Um zu klären, warum die Nutzer die verschiedenen Methoden verwenden, wurden diverse Fragen zu motivierenden Faktoren gestellt. Ein sehr starker Einfluss ist durch die Nutzung eines Punktesystemes gegeben. Von den sechs aktivsten Nutzern gab hierbei nur eine Person an, nicht durch das Punktesystem beeinflusst worden zu sein. Dieser Faktor ist insbesondere für die Nutzung der manuellen Messung von Relevanz, da diese auf Grund des höheren Aufwandes mit mehr Punkten vergütet wurde. Benutzer die also eine starke Beeinflussung durch das Punktesystem erfahren haben, waren hier besonders einfach zu motivieren. Der größte Faktor gegen die Nutzung der automatischen Messung sowie gegen die Verwendung der Erinnerungsfunktion wurde durch den erhöhte Akkuverbrauch angegeben. Insgesamt konnte über die Fragebögen auch ermittelt werden, dass sowohl die jeweilige Thematik, als auch eine Bezahlung als grundlegende Motivationsfaktoren für Crowdsourcing-Projekte dienen.

5 Diskussion

In der Arbeit wurden diverse Ergebnisse zu dem Nutzerverhalten bezogen auf verschiedene Eingabemethoden bei mobilem Crowdsourcing ermittelt. Im folgenden sollen die verwendeten Methoden, sowie die Ergebnisse diskutiert werden.

Mit Hilfe der Kombination aus zwei Fragebögen und einer Nutzerstudie konnten erfolgreich verschiedene Präferenzen im Nutzerverhalten analysiert werden. Die Verwendung von zwei Fragebögen machte insbesondere die Ermittlung von Meinungsänderungen während der Testzeit möglich. Um einige Aspekte des Nutzerverhaltens genauer analysieren zu können, wäre jedoch ein noch breiter gefächertes Logging-System hilfreich gewesen. In diesem Zusammenhang hätte beispielsweise für jeden Nutzer gespeichert werden können, wann und wie oft z.B. die automatische Messung gestartet und beendet wurde. Hierdurch hätten weitere Informationen wie die Anzahl der Messungen pro Messvorgang ermittelt werden können. Durch die Analyse der Messdaten sind diese Informationen nur ungenau und mit großem Zeitaufwand herauszufinden.

Während der Evaluation der Fragebögen und Messwerte hat sich weiterhin herausgestellt, dass nicht alle Fragen für die Auswertung eine Verwendung fanden. Die geplante Verwendung konnte entweder durch andere Informationen besser abgedeckt werden, oder es ergaben sich keine aussagekräftigen Ergebnisse.

Durch die Lärmmessung mittels Android-Smartphone wurde ein relativ spezieller Anwendungsfall für die Nutzerstudie gewählt. Die gewonnenen Ergebnisse waren hierbei teilweise sehr eindeutig. Es bleibt jedoch die Frage, ob die Verwendung von anderen Anwendungsfällen zu ähnlichen Resultaten kommen würden. Ein weiteres Problem, welches in der Studie nicht berücksichtigt werden konnte ist der Einfluss des jeweiligen Initiator eines Crowdsourcing-Projektes. Da alle Testpersonen persönlich bekannt waren, wurden mögliche Hemmungen vor dem Tätigen von Messungen gegebenenfalls vermindert.

Ein Faktor, welcher von vielen Nutzern bemängelt wurde, war weiterhin die starke Beeinträchtigung der Akkulaufzeit. Prinzipiell kann man sagen, dass die verwendeten Smartphone Elemente wie Mikrofon, GPS sowie das W-Lan und UMTS Modul alle einen sehr hohen Strombedarf aufweisen. Verbesserungsmöglichkeiten wären jedoch primär an zwei Stellen möglich gewesen.

Zum einen wurden die Daten jeweils direkt nach dem Messvorgang auf den Server hochgeladen. Alternativ könnte man die Daten sammeln und z.B. nur nach jeder zweiten Messung oder sogar nur einmal am Tag hochladen.

Der größte Akkuverbrauch kam jedoch durch die Intervalle der automatischen Messung, sowie der Messung mit Erinnerungsfunktion zustande. Wurde die jeweilige

Messung beispielsweise an einem Ort ohne GPS-Empfang gestartet, so entzog die erfolglose Suche nach einem Signal dem Akku große Mengen an Energie. Im schlimmsten Fall mit mehreren Wiederholungen nach jeweils 15 Minuten. Ein Ansatz zur Verbesserung wäre ein früherer Abbruch der Signalsuche, sowie die Erhöhung des Zeitintervalls bei einem wiederholten Fehlschlag.

6 Fazit und Ausblick

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass Benutzer prinzipiell bereit sind Informationen für Crowdsourcing-Projekte sowohl durch die Eingabe per Hand, als auch durch die Verwendung automatisierter Methoden bereitzustellen.

Speziell auf die in Kapitel 1.2 vorgestellten Ziele, lässt sich sagen, dass die automatisierte Eingabemethode überwiegend bevorzugt wurde. Dies war vor allem dadurch begründet, dass die Testpersonen mit dieser Eingabeart sinnvollere Ergebnisse erwarteten, was jedoch nicht immer der Fall sein muss. Weiterhin wurde die automatisierte Messung als weniger aufwändig und weniger störend empfunden. Quantitativ konnte festgestellt werden, dass durch manuelle Eingaben des Nutzers wesentlich weniger Daten zustande kamen. Das Punktesystem spielte als Motivationsfaktor für die Anzahl der Messungen jedoch eine große Rolle.

Die Qualität der jeweiligen Methoden ließ sich nur sehr schwierig bis gar nicht ermitteln, da beide Methoden unterschiedliche Probleme mit sich bringen. Diese waren auf der einen Seite die große Subjektivität der Nutzer bei der Eingabe per Hand, sowie unzureichende Messbedingungen bei der automatisierten Methode z.B. durch das Messen, während sich das Smartphone in der Hosentasche befand.

Die Nutzerstudie zeigte weiterhin, dass die Erinnerungsfunktion die Anzahl der manuellen Messungen stark gesteigert hat. Gleichzeitig wurden die Erinnerungen von den Nutzern jedoch als störend aufgefasst.

Für zukünftige Arbeiten wäre es sinnvoll, die Forschungsfragen auch für andere Anwendungsfälle zu evaluieren um herauszufinden, ob ähnliche Ergebnisse zustande kommen würden. Weiterhin wäre es interessant zu beobachten, wie sich das Nutzerverhalten über einen längeren Zeitraum verändern würde.

Der starke Einfluss des Punktesystemes auf das Nutzerverhalten zeigt, dass auch hier weitere Arbeiten sinnvoll wären. Sowohl die Erstellung als auch die Auswirkungen eines Achievement-Systems stellen interessante Themen dar, welche enorme Einflüsse auf das Verhalten der Nutzer mit sich bringen können. Auf der technischen Seite wäre vor allem eine Verbesserung der Akkulaufzeit durch eine sinnvollere Ressourcenverwaltung anzustreben.

Literatur

- [1] S. S. Yau and F. Karim, “Context-sensitive middleware for real-time software in ubiquitous computing environments,” in *Fourth IEEE International Symposium on Object-Oriented Real-Time Distributed Computing. ISORC 2001*. IEEE Comput. Soc, 2001, pp. 163–170. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/ISORC.2001.922833>
- [2] S. Ladstätter, A. Almer, P. M. Luley, G. Riegler, and L. Paletta, “Multisensorgestützte Verhaltensanalysen in urbanen Umgebungen,” *AGIT-Symposium*, vol. 23, 2011. [Online]. Available: <http://www.vde-verlag.de/proceedings-en/537508087.html>
- [3] G. Mckerron, “Happiness and environmental quality,” Ph.D. dissertation, London School of Economics and Political, London, 2012.
- [4] P. Mohan, V. N. Padmanabhan, and R. Ramjee, “Nericell: rich monitoring of road and traffic conditions using mobile smartphones,” in *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems*, ser. SenSys ’08. New York, NY, USA: ACM, 2008, pp. 323–336. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1145/1460412.1460444>
- [5] S. Nowak and S. Rüger, “How reliable are annotations via crowdsourcing: a study about inter-annotator agreement for multi-label image annotation,” in *Proceedings of the international conference on Multimedia information retrieval*, ser. MIR ’10. New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 557–566. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1145/1743384.1743478>
- [6] E. Miluzzo, N. D. Lane, K. Fodor, R. Peterson, H. Lu, M. Musolesi, S. B. Eisenman, X. Zheng, and A. T. Campbell, “Sensing meets mobile social networks: the design, implementation and evaluation of the CenceMe application,” in *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems*, ser. SenSys ’08. New York, NY, USA: ACM, 2008, pp. 337–350. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1145/1460412.1460445>
- [7] S. Pawlowicz, D. Leibovici, R. Haines-Young, R. Saull, and M. Jackson, “Dynamic Surveying Adjustments for Crowd-sourced Data Observations,” in *EnviroInfo 2011 Conference Proceedings*, Oct. 2011. [Online]. Available: <http://elogeo.nottingham.ac.uk/xmlui/bitstream/handle/url/114/EnviroInfo2011-Serge-Pawlowicz-et-al.pdf>
- [8] J. Howe, “The rise of crowdsourcing,” *Wired Magazine*, Jun. 2006.
- [9] (2012) Wikipedia (abgerufen am 15.07.2012). [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia>
- [10] J. A. Burke, D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, and S. Reddy, “Participatory Sensing,” *ACM Sensys*, May 2006. [Online]. Available: <http://escholarship.org/uc/item/19h777qd>
- [11] A. Doan, R. Ramakrishnan, and A. Y. Halevy, “Crowdsourcing systems on the World-Wide Web,” *Commun. ACM*, vol. 54, no. 4, pp. 86–96, Apr. 2011. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1145/1924421.1924442>

- [12] T. Yan, M. Marzilli, R. Holmes, D. Ganesan, and M. Corner, “mCrowd: a platform for mobile crowdsourcing,” in *Proceedings of the 7th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, ser. SenSys '09. New York, NY, USA: ACM, 2009, pp. 347–348. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1145/1644038.1644094>
- [13] I. Borst, *Understanding Crowdsourcing: Effects of Motivation and Rewards on Participation and Performance in Voluntary Online Activities*. ERIM PhD Series Research in Management, Dec. 2010. [Online]. Available: <http://repub.eur.nl/res/pub/21914/EPS2010221LIS9789058922625.pdf>
- [14] D. Christin, A. Reinhardt, S. S. Kanhere, and M. Hollick, “A survey on privacy in mobile participatory sensing applications,” *Journal of Systems and Software*, vol. 84, no. 11, pp. 1928–1946, Nov. 2011. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2011.06.073>
- [15] M. P. Scipioni and M. Langheinrich, “I’m here! privacy challenges in mobile location sharing,” *Second International Workshop on Security and Privacy in Spontaneous Interaction and Mobile Phone Use (IWSSI/SPMU 2010)*, 2010.
- [16] J. Krumm, “Inference Attacks on Location Tracks Pervasive Computing,” in *Pervasive Computing*, ser. Lecture Notes in Computer Science, A. LaMarca, M. Langheinrich, and K. N. Truong, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg, 2007, vol. 4480, ch. 8, pp. 127–143. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72037-9_8
- [17] S. S. Kanhere, “Participatory Sensing: Crowdsourcing Data from Mobile Smartphones in Urban Spaces,” in *2011 IEEE 12th International Conference on Mobile Data Management*. IEEE, Jun. 2011, pp. 3–6. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/MDM.2011.16>
- [18] Bundesministerium d. Justiz, “Bundes-Immissionsschutzgesetz,” Feb. 2012. [Online]. Available: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimSchg/gesamt.pdf>
- [19] Europäisches Parlament, “Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates,” Jul. 2002. [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/200249EG.pdf>
- [20] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, “Lärmmessung und Lärmberechnung,” Apr. 2008. [Online]. Available: <http://www.bmu.de/laermSchutz/ueberblick/laermmessung/laermBerechnung/doc/41235.php>
- [21] J. R. Röttges, “Die Geräuschqualität von modifizierten PKW-Vorbeifahrgeräuschen im Urteil von Versuchspersonen,” Ph.D. dissertation, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2008.
- [22] F. Alt, A. S. Shirazi, A. Schmidt, U. Kramer, and Z. Nawaz, “Location-based crowdsourcing: extending crowdsourcing to the real world,” in *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, ser. NordiCHI '10. New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 13–22. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1145/1868914.1868921>

- [23] H. Lu, W. Pan, N. D. Lane, T. Choudhury, and A. T. Campbell, “SoundSense: scalable sound sensing for people-centric applications on mobile phones,” in *Proceedings of the 7th international conference on Mobile systems, applications, and services*, ser. MobiSys '09. New York, NY, USA: ACM, 2009, pp. 165–178. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1145/1555816.1555834>
- [24] E. D. de Leeuw, J. J. Hox, and D. A. Dillman, *International Handbook of Survey Methodology (European Association of Methodology Series)*, 1st ed. Routledge Academic, Jan. 2008. [Online]. Available: <http://www.worldcat.org/isbn/0805857532>
- [25] R. Porst, *Fragebogen. Ein Arbeitsbuch*. Wiesbaden: VS Verlag, 2008. [Online]. Available: <http://www.worldcat.org/isbn/3531151789>

Anhang

CD-Rom:

Inhalt:

- */20120805_ba_dennis_wilhelm.pdf*
PDF Version der Bachelorarbeit
- */Software/*
Eclipse Projekt der Android-App sowie die Serveranwendung
- */Frageboegen/*
Enthält die beiden Fragebögen als Formulare sowie die Antworten der Teilnehmer
- */Screenshots/*
Beinhaltet Screenshots der Android-App

Abbildungsverzeichnis

1	Manuelle Messung mittels Schieberegler	13
2	Bevorzugte Messmethode nach Verwendung der App	18
3	Häufigkeit der Messungen ohne Erinnerungsfunktion	19
4	Häufigkeit der Messungen	21
5	Histogramme der absoluten Häufigkeiten der Messungen verteilt auf die Tageszeit	22
6	Lautstärke Tagesverlauf an einem Ort	23

Alle verwendeten Abbildungen wurden vom Autor erstellt.

Glossar

Accelerometer

Beschleunigungssensor im Smartphone

Android-AlarmManager

Android-Komponente, welche eine zeitgesteuerte Ausführung von Funktionen ermöglicht.

Android-Service

Android Komponente, welche unabhängig von einer Benutzeroberfläche im Hintergrund ausgeführt wird.

Android-WebView

Android Komponente, welche die Darstellung einer HTML-Seite (lokal oder remote) in einer App ermöglicht.

App

Kurzform für Applikation. Beschreibt mittlerweile meistens Anwendungen für Smartphones.

JSON

JavaScript Object Notation ist kompaktes Datenformat zur Übertragung von Informationen zwischen verschiedenen Anwendungen.

Proximity-Sensor

Abstandssensor im Smartphone, welcher Hindernisse vor dem Display erkennt.

REST

Representational State Transfer beschreibt ein Programmierparadigma für Webanwendungen

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel:

Vergleich von automatisierten und manuellen Eingabemethoden bei mobilen Crowdsourcing-Verfahren

selbständig verfasst habe, und dass ich keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe und dass die Stellen der Arbeit, die anderen Werken – auch elektronischen Medien – dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen wurden, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht worden sind.

Münster, 5. August 2012 Dennis Wilhelm