



OTTO-FRIEDRICH-UNIVERSITÄT BAMBERG

Angewandte Informatik an der
Fakultät Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik

MASTERARBEIT

Entwicklung eines interaktiven Werkzeugs zur Kuratierung von Umweltdaten einer bürgerinitiierten Crowdsensing-Kampagne

VON

Samet Murat Akcabay

Betreuerin:

Prof. Dr. Daniela Nicklas

Lehrstuhl für Informatik, insbesondere Mobile Softwaresysteme/Mobilität

15. November 2023

Zusammenfassung

Inhaltsverzeichnis

KAPITEL 1	Einleitung	3
KAPITEL 2	Hintergrund	5
2.1	Crowdsensing vs. Crowdsourcing	5
2.2	Verwandte Arbeiten	7
KAPITEL 3	Konzept	9
3.1	Methodologie zum Aufstellen der Anforderungen	9
3.2	Erfassung der notwendigen Komponenten der Software	9
3.3	Umsetzung	9
KAPITEL 4	Anforderungsanalyse	11
4.1	Ausgangslage in Bamberg	11
4.2	Definition der Anforderungen	11
4.3	Entwurf	11
4.4	Use Cases	11
KAPITEL 5	User Stories	13
KAPITEL 6	Implementierung und Design	15
6.1	Architektur für das Front-End	15
6.2	Architektur für das Back-End	15
KAPITEL 7	Diskussion und Evaluation	17
7.1	Analyse der Anforderungen	17
7.2	Evaluation auf Grundlage der Literatur	17
7.3	Evaluation auf Grundlage der Stakeholder	17
7.4	Limitationen der Arbeit	17
KAPITEL 8	Fazit und Ausblick	19
	Literaturverzeichnis	21
	Eidesstattliche Erklärung	23

Abkürzung Dies ist eine Abkürzung

1 | Einleitung

Umwelt immer wichtiger, Klimawandel, Erderwärmung... Politik, aber auch Unternehmen setzt immer mehr darauf (Statistik hier zB), umso wichtiger ist es, das Thema Umwelt/Nachhaltigkeit in immer mehr Bereiche zu integrieren, unter anderem in die Softwareentwicklung. Allerdings fühlen sich immer mehr Bürger von Politik abgehängt, oder nicht respektiert/berücksichtigt, also braucht man Hard Facts/Statistik, um vorweisen zu können, was abgeht und welche Maßnahmen erforderlich sind. Was muss beim Städtebau berücksichtigt werden, wo sind die wärmsten Bereiche in einer Stadt und warum? Um dies aufzuzeigen, mein Tool als Lösung. Zwei Fliegen mit einer Klappe, da der Aspekt des Crowdsensings in die Softwareentwicklung miteinfließt und so nachgewiesen werden kann, wie sich das auf die Softwareentwicklung auswirkt und ob das überhaupt sinnvoll ist, das zu berücksichtigen. Wenn ja, eventuell in der Zukunft viel größerer Fokus darauf?

Dies ist eine Abkürzung ([Abkürzung](#)) Bürgerverein Mitte mit dem Klimamessnetz in Bamberg, initiiert durch Prof. Foken. Regelmäßige Analysen und Auswertungen, z.T. sogar veröffentlicht, um aufzuzeigen, was falsch läuft in der Stadt. Allgemeines Ziel des BVM ist das Fördern von mehr Grün in der Innenstadt, als auch die Reduzierung des Verkehrs. Analysen und Auswertungen erfolgen dabei aber manuell, und es kommt regelmäßig zu Anomalien/Fehlern. Hier kann man natürlich irgendwelche qualitätssteigernde Algorithmen drüber laufen lassen, aber das erwischt natürlich auch nicht alles (Verweis auf Reem) - also Einbinden des Crowdsensing-Aspekts, als zusätzliche Qualitätsschicht.

Mehr grün in der Innenstadt, Reduzierung von Verkehr sind Ziele des BVM. Mein Ziel ist das Schaffen einer Schnittstelle zwischen Stakeholder und Sensordaten, um das Erreichen der Ziele der Stakeholder zu unterstützen. Am Ende möchte ich noch zeigen, ob der Aspekt des Crowdsensings irgendwas bringt in der Softwareentwicklung oder ob das zu vernachlässigen ist, vor allem auf die Langzeit betrachtet. Tool soll Auswertungen unterstützen und bei deren Treffen regelmäßig zum Einsatz kommen.

2 | Hintergrund

In diesem Abschnitt der Arbeit geht es darum, eine Grundlinie des theoretischen Hintergrunds zu schaffen. Dieser Aspekt wird dadurch umgesetzt, indem zunächst der Begriff des „Crowdsensings“ mit dem in der Literatur weitverbreiteten Begriff des „Crowdsourcings“ abgegrenzt wird. Infolgedessen ist es somit in den folgenden Kapiteln möglich, den Begriff des Crowdsensings in den Kontext der Arbeit zu setzen. Im Anschluss werden verwandte Arbeiten vorgestellt, welche sich mit dem Thema des Crowdsensings und der Umsetzung von Plattformen mit diesem Hintergrund beschäftigen.

2.1 Crowdsensing vs. Crowdsourcing

In der Literatur wird der Begriff des (mobilen) Crowdsensings durch das Vorhandensein einer großen Anzahl an Teilnehmenden für eine großflächige Überwachung der Umwelt beschrieben, welche rohe Daten mithilfe von in smarte Geräte eingebettete Sensoren messen [Ray+22]. Um an den Begriff des Crowdsensings heranzutreten, wird aber zunächst zwischen zwei Arten des Messens unterschieden: dem sogenannten „personal sensing“, in dessen Anwendung Individuen persönliche Informationen aus eigenem Interesse oder Bedarf (z.B. Messungen zum Überwachen der eigenen Gesundheit, aber auch zum Nachverfolgen von persönlichen Rekorden oder dem ökologischen Fußabdruck) messen und dem „community sensing“, bei welchem großflächige Phänomene, welche durch einzelne Individuen nicht gemessen werden können, untersucht werden [GYL11].

Als Beispiele können hierfür sämtliche Anwendungsfälle genannt werden, in denen die Teilnahme von mehreren Individuen (unter Umständen zur selben Zeit) unabdingbar ist, wie beim Messen der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit oder der Luftqualität an verschiedenen Orten. Der Begriff des „community sensing“ kann hierbei weiterhin in zwei Kategorien unterteilt werden, dem sogenannten „participatory sensing“ [Bur+06] und dem „opportunistic sensing“ [Lan+10]:

Während bei Ersterem eine aktive Teilnahme, verbunden mit eigenmotiviertem Aufwand (z.B. Aufnahme von Fotos, Eingabe und Übermittlung von Information), notwendig ist, wird bei Letzterem eher ein minimaler Aufwand durch eine selbstständige Messung der Sensoren (z.B. kontinuierliche Temperaturmessung der Sensoren in Abhängigkeit vom Standort, ohne Eingaben der Nutzenden) betrieben [GYL11]. Aus diesem Grund

bildet der Begriff des Crowdsensing in der Literatur keine eindeutige Art der Messung, sondern vielmehr eine Domäne der genannten Arten an Messungen durch eine Gruppe von Individuen [GYL11].

Das mobile Crowdsensing kann dabei in drei Schritte unterteilt werden: der Datenerhebung, der Datensammlung und dem Datenupload [Ray+22]. Die Datenerhebung erfolgt dabei sowohl durch die User, als auch durch „mobile sensing devices“ (z.B. Thermometer, Smartphones etc.), welche auf einem Server gesammelt werden um im Anschluss hochgeladen werden können, um sich z.B. einer Qualitätskontrolle zu unterziehen [Ray+22]. Die Vorteile des mobilen Crowdsensing erstrecken sich dabei von schneller Erhebung von vielfältigeren Daten mit erhöhter Qualität der Ergebnisse, bis hin zu akzeptableren Ergebnissen und das Auslagern von Rechenleistung von einer zentralen Plattform zu bspw. den mobilen Geräten [Ray+22]. Auf der anderen Seite kann man jedoch beobachten, dass die erhobenen Daten geprägt von Redundanzen und Duplikaten sind, was zur Folge hat, dass eine anschließende Qualitätskontrolle und die Notwendigkeit von mehr Speicherplatz unabdingbar sind [Ray+22]. Es lassen sich häufig Smartphones als Messgeräte des mobilen Crowdsensing in der Literatur finden, da diese mit einer Vielzahl an Sensoren (Temperatur-, Gyroskop-, Umgebungslichtsensoren etc.) ausgestattet sind - das mobile Crowdsensing ist aber nicht auf diese limitiert und beinhaltet auch Geräte wie mobile Wetterstationen, Bewegungssensoren, Kameras o.Ä.

Das mobile Crowdsourcing ermöglicht das Lösen einer komplexen Aufgabe durch die Auf- und Verteilung von Aufgaben an eine Gruppe von freiwilligen Nutzenden, hier über das Internet [Wan+19]. Die Komposition „Crowdsourcing“ besteht dabei aus den beiden einzelnen Begriffen *crowd* für die (Menschen-)Menge und *sourcing* für die Beschaffung (hier: von Informationen). Erstmals wurde der Begriff 2006 vom Journalisten Jeff Howe in einem Artikel verwendet, welcher das Crowdsourcing als kostengünstigere Alternative des *Outsourcing*¹ beschreibt, um Akteure aus unterschiedlichen Wissensständen und Domänen in die Softwareentwicklung miteinzubinden [How+06]. Im weiteren Verlauf der Verwendung des Begriffs spielen die Charakteristiken ebenfalls eine Rolle: Die Lösung eines Problems wird insofern erreicht, dass die Aufgaben (und unter Umständen auch Unteraufgaben, abhängig von Problemstellung) an eine (Menschen-)Menge übertragen werden, welche interessiert an der Lösung des Problems sind [Ray+22]. Weiterhin wird die Verteilung der Menge und die Existenz von variierender Menschenlogik genutzt, um Probleme an jenen Computer scheitern, zu lösen [Ray+22]. Der Unterschied zum Crowdsensing ist hierbei, dass die verrichtete Arbeit nicht auf die Interaktion mit Geräten und den entsprechenden Sensoren ist, sondern dass Arbeit im Allgemeinen verrichtet wird (vergleiche Parallele zwischen Crowdsourcing und Outsourcing). Beim Einsatz vom mobilen Crowdsensing ist vorteilhaft, dass Kosten durch nicht-benötigte Arbeitskräfte basierend auf einer expliziten Arbeitszeit verringert sind, der Einsatz einer Menge als Folge davon eine vielfältigere und qualitativ hochwertigere Datensammlung nach sich zieht und die Verfügbarkeit von vielfältigen Parametern zum Testen in Summe in eine hohe Zeitersparnis resultieren [Ray+22].

1: zu deutsch: Auslagerung, „mittel- bis langfristige Übertragung von Aufgaben der Informationsverarbeitung eines Unternehmens an ein spezialisiertes Unternehmen“ [HHR04]

Aus den Definitionen der beiden Begriffe wird deutlich, dass diese viele Gemeinsamkeiten aufweisen, was der Grund dafür ist, dass in der Umgangssprache, aber auch in der Literatur eine Verwechslung beider Begriffe auftreten kann. Aufgrund dessen ist es erforderlich, die Abgrenzung der Begriffe voneinander hervorzuheben, welche sich in der Bearbeitung der Aufgaben und der Notwendigkeit von menschlicher Intelligenz findet: Während das mobile Crowdsensing die Aufgaben auf das Erfassen von Rohdaten begrenzt, erstrecken sich Aufgaben beim Crowdsourcing über die Erfassung von Rohdaten bis zu anderen, von der Plattform zugewiesenen (allgemeinen) Aufgaben hinaus [Ray+22]. Für eben diese Aufgaben wird dementsprechend auch eine bestimmte menschliche Intelligenz vorausgesetzt, die mit der Rechenleistung zusammenarbeiten soll, um eine Lösung zu finden [Ray+22].

2.2 Verwandte Arbeiten

Der Aspekt des Crowdsensing lässt sich sowohl in der Literatur, als auch in der Praxis durch bereits existierende Projekte und Anwendungen vorfinden. Um ein grundlegendes Verständnis über das Thema und zur Definition eines theoretischen Rahmens zu schaffen, wurden diese verwandten Arbeiten herangezogen, welche in diesem Kapitel vorgestellt werden.

Bei der ersten Arbeit handelt es sich um „Crowdsensing für Bodensee Online“, ein von der ISB AG, vom Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung und der Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH im Februar 2020 initiiertes Projekt zur Messung der Wassertemperatur des Bodensees durch Bootsbesitzer*innen mithilfe von mobilen Sensoren und Karten [Min21]. Dabei geht es primär darum, die bereits vorhandenen Kenntnisse über die Verhältnisse am Bodensee durch einen citizen-science Ansatz zu erweitern und auf die Durchführbarkeit zu messen [IFI21].

3 | Konzept

In diesem Abschnitt der Arbeit geht es darum, das grundlegende Konzept hinter der Entwicklung eines interaktiven Werkzeuges zur Kuratierung von Umweltdaten aufzubauen und zu erläutern. Dabei ist es zunächst erforderlich, die allgemeine Umsetzung von Crowdsensing in einer solchen Software zu analysieren, um darauffolgend Parallelen zu „Bamberg messen 2.0“ auffinden zu können.

Im nächsten Schritt ist es dann erforderlich, den Entwurf näher zu untersuchen damit die Nachvollziehbarkeit der Methodologie der Entwicklung gewährleistet ist. Im Anschluss können somit Use Cases aufgestellt werden, um Parallelen zu alltäglichen Ereignissen schlagen zu können, sodass die Verwendbarkeit eines solchen Werkzeuges greifbarer wird.

3.1 Methodologie zum Aufstellen der Anforderungen

3.2 Erfassung der notwendigen Komponenten der Software

3.3 Umsetzung

4 | Anforderungsanalyse

Bevor mit der eigentlichen Implementierung begonnen werden kann, ist es notwendig gewesen, die Frage nach den Anforderungen zu klären. Der erste Schritt hierzu besteht daraus, die Ausgangslage in Bamberg zu untersuchen, um darauf aufbauend die Stakeholder zu identifizieren, da diese den Ursprung der Anforderungen darstellen. Nachdem das Aufstellen der Anforderungen erfolgreich gewesen ist, können diese im Anschluss analysiert, also priorisiert, auf ihre Validität und im Anschluss auf ihre Realisierbarkeit überprüft werden.

4.1 Ausgangslage in Bamberg

Die Stadt Bamberg

4.1.1 Identifikation der Stakeholder

4.1.2 Das Bamberger Klimamessnetz als Grundlage der Sensordaten

4.1.3 Die Netatmo API - eine Schnittstelle zwischen Sensordaten und Stakeholder

4.2 Definition der Anforderungen

4.2.1 User Story #1

4.2.2 User Story #2

4.3 Entwurf

4.4 Use Cases

5 | User Stories

6 | Implementierung und Design

6.1 Architektur für das Front-End

6.2 Architektur für das Back-End

7 | Diskussion und Evaluation

7.1 Analyse der Anforderungen

7.2 Evaluation auf Grundlage der Literatur

7.3 Evaluation auf Grundlage der Stakeholder

7.4 Limitationen der Arbeit

8 | **Fazit und Ausblick**

Literaturverzeichnis

- [Bur+06] JA Burke u. a. Participatory sensing. In: (2006) (siehe S. 5).
- [GYL11] RK Ganti, F Ye und H Lei. Mobile Crowdsensing: Current State and Future Challenges. In: *The Internet of Things*: (2011) (siehe S. 5, 6).
- [HHR04] L Heinrich, A Heinzl und F Roithmayr. *Wirtschaftsinformatik-Lexikon*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2004 (siehe S. 6).
- [How+06] J Howe u. a. The rise of crowdsourcing. In: *Wired magazine* 14(6): (2006), 176–183 (siehe S. 6).
- [IFI21] ISB AG, Fraunhofer-Institut für Optoelektronik, Systemtechnik und Bildauswertung und Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH. *Das Projekt „CrowdSensing für Bodensee Online“*. Erfahrungsbericht der Projektbeteiligten. Juli 2021. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Nachhaltigkeit_und_Umweltbildung/Digitalisierung/CrowdSensing-fuer-Bodensee-Online-Zusammenfassung.pdf (besucht am 04. 10. 2023) (siehe S. 7).
- [Lan+10] ND Lane u. a. A survey of mobile phone sensing. In: *IEEE Communications magazine* 48(9): (2010), 140–150 (siehe S. 5).
- [Min21] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. *Projekt „Crowdsensing“ für Bodensee Online*. Nov. 2021. <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/nachhaltigkeit/nachhaltige-digitalisierung/projekte/crowdsensing-bodensee/> (besucht am 04. 10. 2023) (siehe S. 7).
- [Ray+22] A Ray u. a. A survey of mobile crowdsensing and crowdsourcing strategies for smart mobile device users. In: *CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction*: (2022) (siehe S. 5–7).
- [Wan+19] Y Wang u. a. An Optimization and Auction-Based Incentive Mechanism to Maximize Social Welfare for Mobile Crowdsourcing. In: *IEEE Transactions on Computational Social Systems* 6(3): (2019), 414–429 (siehe S. 6).

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit gemäß § 9 Abs. 12 APO, dass ich die vorstehende Masterarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Des Weiteren erkläre ich, dass die digitale Fassung der gedruckten Ausfertigung der Masterarbeit ausnahmslos in Inhalt und Wortlaut entspricht und zur Kenntnis genommen wurde, dass diese digitale Fassung einer durch Software unterstützten, anonymisierten Prüfung auf Plagiate unterzogen werden kann.

Bamberg, den _____

Samet Murat Akcabay