

Crowd sourcing/sensing für die verbesserte Messung von subjektivem Sicherheitsempfinden im ÖP(N)V

Hannes Restel¹, Michael Jendreck¹, Frank Fuchs-Kittowski², Ulrich Meissen², Michael Klafft³

¹ Fraunhofer FOKUS, Kaiserin-Augusta-Allee 31, 10589 Berlin, Germany
{hannes.restel, michael.jendreck}@fokus.fraunhofer.de

² HTW Berlin, Wilhelminenhofstr. 75a, 12459 Berlin, Germany
{frank.fuchs-kittowski, ulrich.meissen}@htw-berlin.de

³ Jade Hochschule, Friedrich-Paffrath-Str. 101, 26389 Wilhelmshaven, Germany
Michael.Klafft@jade-hs.de

Abstract. Securing safety in private and public spaces such as for public transport involves considerable costs. However, the effectiveness and benefits for safety are often disputed. The causality between the implementation of security measures and the occurrence of security-relevant events and perceived safety is not always obvious. A major contribution to improving this situation is to develop tools for assessing public safety awareness and the impact of security measures on this perception. So far, individual parameters - such as the perception of safety - have been recorded only ex-ante and ex-post in the form of (paper-based) questionnaires and interviews. The research hypothesis of our approach is that the quality of the measurements can be significantly improved by the use of in-situ real-time queries and the inclusion of situational (especially location-dependent) factors. The presented solution combines classical electronic questionnaires with crowd sourcing/sensing approaches into a situational capture tool for subjective perception of safety. In contrast to static questionnaires, the collection of information can be dynamic, active, individual, and situational according to the location of the test person and environmental parameters. The implementation of our approach takes place in various stages of development, starting from a simple location- and time-based solution for controlling questions to the subjects to the final completion of a comprehensive situation detection. It combines a server-based backend with the mobile detection tool: an app installed on smartphones, to which various sensors can be connected.

Keywords: MESM, Crowdsourcing, Crowdsensing, Situative Befragung, Sicherheitsempfinden, ÖP(N)V

1 Einführung

Die Herstellung von Sicherheit im privaten und öffentlichen Raum ist mit einem Kostenaufwand verbunden, dessen Nutzen oft umstritten ist. Die Kausalität zwischen der

Durchführung von Sicherheitsmaßnahmen und dem Auftreten von sicherheitsrelevanten Ereignissen sowie empfundener Sicherheit ist nicht immer offenkundig. Ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung dieser Situation ist es, Werkzeuge und Hilfsmittel zu entwickeln, mit denen das Sicherheitsempfinden im öffentlichen Personennahverkehr und die Wirkung von Sicherheitsmaßnahmen auf dieses Empfinden genauer untersucht werden kann.

Ausgangspunkt des hier vorgestellten Lösungsansatzes ist es, dass Individualparameter - wie beispielsweise das Sicherheitsempfinden - bislang nur ex-ante und ex-post in Form von (papiergebundenen) Fragebögen und Interviews erfasst werden können. Ein Problem hierbei ist die fehlende Unmittelbarkeit: Die Situationsbewertung erfolgt mit zum Teil erheblichem zeitlichen Verzug. Dadurch besteht die Gefahr, dass sich die Erinnerung des Probanden möglicherweise nicht mehr mit der konkreten situativen Wahrnehmung deckt. So können Wahrnehmungen zum Beispiel im Nachhinein durch Diskussionen in den Medien oder mit anderen Betroffenen verzerrt werden, oder aber die Befragten erinnern sich nur noch unvollständig an Details des jeweiligen Vorgangs. Durch die kontinuierliche kognitive Verarbeitung des Erlebten rationalisieren die Befragten zudem das Ereignis, womit die spontane, subjektive Beschreibung der Wahrnehmung nicht mehr möglich ist. Die Forschungshypothese unseres Lösungsansatzes ist, dass die Qualität der Messungen entscheidend durch den Einsatz von in-situ-Echtzeit-Abfragen und den Einbezug von situativen (insbesondere ortsabhängigen) Faktoren verbessert werden kann.

In dieser Arbeit wird zunächst ein allgemeiner Ansatz für eine skalierbare Plattform für situationsbezogene „Echtzeit“-Erfassungen von Individualparametern von Probanden vorgestellt. Im Rahmen des Forschungsprojekts WiSima (**W**irtschaftlichkeit von **S**icherheits**m**aßnahmen im öffentlichen Personenverkehr [20]) wird dieser Ansatz dann als ein Proof-of-Concept realisiert, womit die spezifische Forschungsfrage nach dem subjektivem Sicherheitsempfinden untersucht wird. Der Ansatz verbindet klassische elektronische Fragebögen mit Crowdsourcing- bzw. Crowdsensing-Ansätzen zu einem situativen Erfassungswerkzeug für subjektives Sicherheitsempfinden. Im Gegensatz zu statischen Fragebögen kann die Erfassung von Informationen dynamisch, aktiv, individuell und situativ nach Aufenthaltsort des Probanden und Umgebungsparametern erfolgen. So können beispielsweise Fragen an den Probanden über Geo-Fencing aktiv ausgelöst werden, wenn er einen Bahnhofsbereich betritt oder verlässt, die Auslösung bzw. der Frageinhalt kann zusätzlich nach Parametern wie Uhrzeit, Umgebungsgeräusche und Personendichte eingestellt werden. Die Realisierung dieses Ansatzes erfolgt in verschiedenen Ausbaustufen, ausgehend von einer einfachen orts- und zeitbasierten Lösung zur Steuerung von Fragen an die Probanden bis hin zum Endausbau einer umfassenden situativen Erfassung, welche als eine Plattform realisiert wird. Die Plattform verbindet ein serverbasiertes Backend mit dem mobilen Erfassungsinstrument: Einer auf Smartphones installierten App, an welche diverse Sensoren angebunden werden können. Die Plattform ist skalierbar, da einerseits prinzipiell beliebig viele Teilnehmer über ihre Smartphones an den Befragungen teilnehmen können, und andererseits die Ausarbeitung weiterer Befragungen aufwandsarm realisierbar ist.

In diesem Beitrag werden die Motivation und das mögliche Einsatzgebiet des vorgestellten Werkzeugs dargestellt. Ausgehend von existierenden Werkzeugen zur situativen Befragung und Crowdsourcing-/sensing-Ansätzen (Kapitel 2) wird ein Architekturkonzept vorgestellt (Kapitel 3), das in einem ersten Proof-of-Concept (Kapitel 4) für einen Feldtest mit Probanden im Rahmen des WiSima-Projekts (Kapitel 5) in Form einer Smartphone-App und eines Backends realisiert wurde. In einem Ausblick werden die künftigen Einsatzmöglichkeiten des Werkzeugs und der weitere Forschungsbedarf skizziert (Kapitel 6).

2 Stand der Technik

2.1 Werkzeuge zur situativen Befragung

Die Mächtigkeit und der Nutzen des situativen Erfassungswerkzeugs sind wesentlich von der Befähigung abhängig, dass das von Probanden genutzte mobile Endgerät in der Lage ist, den situativen Bezug des Probanden zu erkennen und ihm in-situ („an Ort und Stelle“) einen entsprechenden – ebenfalls situationsbezogenen – Fragebogen bereitzustellen. Die zugrundeliegende Methodik eines mobilen Erfassungswerkzeugs fußt auf der „Mobile Experience Sampling Method“ [10] (MESM). Im Gegensatz zum klassischen Experience Sampling erfolgt die Fragebogen-Erfassung nicht mehr papiergebunden, sondern die Fragebögen und deren Auslöser werden in die Smartphones der Studienteilnehmer integriert. Je nach Ausprägung kann dies über eine Website oder eine eigenständige App implementiert sein.

In der folgenden Tabelle 1 sind die Merkmale einer Auswahl existierender MESM-Umfragesysteme zusammengefasst. Die Befähigung eines Umfragesystems zum „mobile experience sampling“ wird an dieser Stelle generisch definiert als ein System, das in der Lage ist, dem Probanden einen elektronischen Umfragebogen auf einem mobilen Endgerät (Smartphone) bereitzustellen zu können. Die Systeme wurden entlang der folgenden Merkmalen evaluiert:

- **Lizenz:** Gibt an, ob es sich um ein kommerzielles („Closed Source“) oder frei verfügbares Produkt („Open Source“) handelt
- **Situationserkennung:** Gibt an, ob das System in der Lage ist, Situations-basiert eine Umfrage auslösen zu können.
- **Benachrichtigungsart und Trigger:** Gibt an, wie der Proband über einen neuen Fragebogen benachrichtigt wird, und welcher Mechanismus eine neue Benachrichtigung auslöst.
- **Medium:** Gibt an, über welches Medium das System den Fragebogen bereitstellt. Dies erfolgt zumeist als App oder als mobil verfügbare Website.
- **Datenhaltung:** Gibt an, wie die ausgefüllten Fragebögen gespeichert und den Umfrageleitern zur Verfügung gestellt werden.
- **Verbreitung:** Gibt den Verbreitungsgrad des Umfragesystems an.
- **Fragebogenstruktur:** Gibt an, in welchen Komplexitätsgraden und mit welchen Funktionalitäten ein Fragebogen strukturiert werden kann.

Tabelle 1. Tabellarische Darstellung existierender MESM-Umfragesysteme

Name	Situations-erkennung	Automatisches Push?	Medium	Datenhaltung	Verbreitung	Aktualität	Fragebogenstruktur	Zufallselemente möglich?
PIEL Survey [15] (Closed Source, kostenfrei)	-	Lokales Push (zeitgesteuert)	iOS	Lokal	mittel	Aktuell (Sep. 2017)	Branching	nein
Experience Sampler [4] (Open Source)	-	Lokale Push-Benachrichtigungen	iOS Android	Lokal; Sync zu Server	eher gering	Aktuell (Okt. 2017)	Skip Logic Question Branching	nein
XS Movisens [13] (kommerziell)	-	Lokale Push-Benachrichtigung über Alarm-Trigger	Android Website	Lokal; Sync zu Server	mittel bis hoch	Aktuell (Jan. 2017)	Form Branching	nein
MyExperience [12] (Open Source)	Trigger durch Heart Rate Monitor (theoretisch)	zeitgesteuert	PDAs Windows Phone	Lokal	gering	Veraltet (Aug. 2009)	unbekannt	nein
SoSci Survey [19] (kommerziell, bedingt kostenfrei)	-	SMS in Zufallsintervallen	Website	Server	unbekannt	aktuell	Filtering	nein
Survey JS [17] (Open Source)	-	-	JavaScript-Bibliothek	Server	mittel	aktuell	Branching, Skip Logic	nein
SurveyMonkey [18] (kommerziell)	-	-	Website	Server	hoch	aktuell	Branching, Skip Logic	ja
Limesurvey [11] (Open Source, mit kostenpflichtigen Hosted Services)	-	-	Website	Server	hoch	aktuell	Branching, Skip Logic	nein

Insgesamt bilden die evaluierten MESM-Werkzeuge einen Großteil der definierten Anforderungen in Hinblick auf die Interaktion mit den Probanden ab. Die meisten Werkzeuge sind aus Probandensicht gut bedienbar und verfügen über die benötigten Fragetypen. Auch das geforderte Branching in Skip-Logic wird unterstützt. Die evaluierten existierenden MESM-Werkzeuge teilen sich zunächst unabhängig von ihrer Funktionalität in die beiden technischen Kategorien Website und App. Anforderung an das zu entwickelnde Umfragesystem ist die Offline-Fähigkeit, womit die rein

Website-basierten MESM-Tools für eine mögliche technologische Basis ausscheiden. Insgesamt erfüllen die MESM-Tools insbesondere die zentrale Forderung nach einer individuellen Situationserfassung sowie einer darauf basierten individualisierten Fragebogen-Zustellung nicht. Auch die Möglichkeit, lediglich eine randomisierte Teilmenge des Gesamtfragebogens abzufragen, ist überwiegend nicht gegeben. Es konnte keine existierende Lösung gefunden werden, welche die zentralen definierten Kernaspekte umsetzen konnte, weshalb eine Eigenentwicklung initiiert wurde.

2.2 Mobiles Crowdsourcing und Crowdsensing

Crowdsourcing wird allgemein als eine innovative, interaktive Form der Wertschöpfung verstanden, bei der eine große, unbestimmte Anzahl beliebiger Personen zur Beteiligung an der Wertschöpfung einer Organisation aktiviert wird [9]. In den letzten Jahren hat sich eine vielfältige Crowdsourcing-Landschaft im Web herausgebildet. Diese reicht von Online-Enzyklopädien (z.B. Wikipedia) und Online-Datensammelplattformen (z.B. OSM), über Crowdsourcing-Kampagnen von bekannten Unternehmen (z.B. Tchibo, Fiat) bis hin zu Plattformen, auf denen Auftraggeber gezielt nach den passenden Spezialisten für ihr Projekt suchen können [1].

Ein aktueller Trend im Crowdsourcing ist der Einsatz mobiler Endgeräte (wie Smartphones oder Tablets). Die Kernidee bei diesem **mobilen Crowdsourcing** ist, dass sich eine Menge (crowd) von normalen Bürgern mit den eigenen, handelsüblichen mobilen Endgeräten (Smartphones, Tablets etc.) an einer Crowdsourcing-Kampagne freiwillig beteiligt und Aufgaben ausführt, z.B. Daten über sich und die sie umgebende Umwelt sammeln und zu teilen. Dies umfasst neben der (Echtzeit-) Aufgabenausführung auch die Koordination einer u.U. großen Anzahl von Freiwilligen [5]. Da mobile Endgeräte nicht nur immer leistungsfähiger werden (u.a. in Hinblick auf ihre Prozessorleistung, Arbeitsspeicher, Bildschirm, Datenverbindung, eingebauter Sensorik etc.), sondern inzwischen auch relativ kostengünstig, intuitiv bedienbar und dadurch massenhaft verbreitet sind, besteht ein riesiges Potenzial für den Einsatz mobiler Anwendungen für das Crowdsourcing [16].

Die Erfassung von Daten durch die Nutzer muss aber nicht zwangsläufig über die manuelle Eingabe der Daten in das mobile Endgerät erfolgen, z.B. in ein Formular, sondern ist auch automatisiert über in das Gerät bereits eingebaute Sensoren möglich. Für die Erfassung und Erzeugung von Daten durch die Nutzer mit den in ihren eigenen mobilen Geräten eingebauten oder verbundenen Sensoren hat sich der Begriff **Mobiles Crowdsensing** etabliert [5]. Die neue Generation mobiler Geräte verfügt bereits über mehrere eingebaute Sensoren, z.B. Beschleunigungssensor (accelerometer), Gyroskop (gyroscope), Lichtsensor, Kamera (Foto, Video), Mikrofon (Audio) etc. und kann unkompliziert mit externen Sensoren über eingebaute Schnittstellen kommunizieren, wie Bluetooth, Infrarot, WLAN/WiFi etc. Die Nutzer können dabei ihre mobilen Endgeräte während ihrer gewöhnlichen, alltäglichen Aktivitäten nutzen, um Daten über die Umwelt und sich selbst zu erfassen, z.B. Beobachtung der Luftqualität an vielen Orten während eines Tages, Daten über den Straßenverkehr oder Öffentlichen Nahverkehr sowie Informationen über den aktuellen Gesundheitszustand des Nutzers. Das macht Smartphones zu einer geeigneten Plattform für die Erfassung und Beobachtung der

Nutzer und ihrer Umwelt (inkl. des urbanen Raums und des persönlichen Zustands und Verhaltens) in einer bisher beispiellosen raumzeitlichen Granularität [8].

Inzwischen existiert für das mobile Crowdsensing eine große Anzahl mobiler Anwendungen. Diese lassen sich in Personen- und Umwelt-zentrierte Anwendungen unterscheiden [2]: **Personen-zentrierte Anwendungen** nutzen die integrierten oder externen Sensoren, um Daten über den Nutzer zu sammeln und auszuwerten. Sie unterstützen die Information über den aktuellen Gesundheitszustand des Nutzers (z.B. physische Anstrengung), die Dokumentation von Aktivitäten (z.B. Sporterfahrungen) und das Verständnis des Verhaltens (z.B. Essstörungen) von Individuen. Bei **umwelt-zentrierten Anwendungen** erfassen die eingebauten oder angeschlossenen Sensoren der mobilen Geräte der Nutzer Informationen über die Umgebung des Nutzers, z.B. um die Entwicklung von Umweltparametern zu überwachen (wie Luftqualität, Luftdruck, Thermik, Lärm), Infrastrukturen zu überwachen bzw. Mängel oder Schäden an Infrastrukturen zu melden (z.B. Straßen- und Verkehrszustand in Städten) oder gesellschaftlich interessante Begebenheiten zu entdecken und zu bewerten (wie Unfälle, Katastrophen) [7].

Die **Erfassung** (Sensing) der Daten kann automatisch, manuell oder kontextbezogen erfolgen [3]: Im **manuellen** Fall ist der Freiwillige persönlich beteiligt und löst die Datenerfassung selbständig aus (z.B. Ein- und Ausschalten der Sensoren), wenn relevante Ereignisse erkannt werden (z.B. eine gefährliche Wettersituation). Bei einer **automatischen** Erfassung ist der freiwillige Teilnehmer nicht direkt beteiligt und muss nach der Einwilligung zur Beteiligung nicht weiter aktiv werden, da die Anwendung im Hintergrund läuft und Daten automatisch über die eingebauten Sensoren erfasst (z.B. Lärm und Routen). Im **Kontext-bezogenen** Modus überwachen die eingebauten Sensoren die Umgebung und aktivieren die Erfassungsfunktion, wenn zuvor gesetzte Schwellwerte überschritten werden.

Das in diesem Beitrag vorgestellte Konzept verwendet Kontext-bezogenes mobiles Sensing zur situativen Befragung. Dabei werden über das Sensing sowohl Daten über die Umwelt als auch über die Person selbst erfasst und verwendet. Der Anwendungsbereich von **Mobile Sensing für situative Befragungen** ist bisher nicht bekannt. Zudem kann das Konzept als **hybride Sensing-Anwendung** verstanden werden, da sie Komponenten sowohl des Personen-bezogenen als auch des Umwelt-bezogenen Sensing aufweist. Auch die Kombination von Umwelt-zentriertem und Personen-zentriertem Sensing ist kaum bekannt. Insofern ist der in diesem Beitrag vorgestellte Ansatz einzigartig und stellt eine Neuheit dar.

3 Konzeption

Das hier vorgestellte Erfassungswerkzeug für die in-situ Befragungen orientiert sich an der Mobile Experience Sampling Method (MESM) [10]. Das Prinzip der MESM, Umfragen direkt bei den Probanden möglichst in Echtzeit (bzw. zeitnah) und am Ort des Geschehens durch ein mobiles Endgerät zu befragen, wird umfangreich erweitert. Der Proband muss nicht selbst aktiv werden, sondern wird zum Ausfüllen des Fragebogens

genau dann aufgefordert, wenn das Erfassungswerkzeug anhand umweltbezogener Parameter eine für das Umfrageziel relevante Situation erkennt („in-situ“). Dies reduziert die Wahrscheinlichkeit und Anzahl unnötig ausgefüllter Fragebögen („false positives“), welche sich über den Umfragezeitraum hinweg negativ auf die Einstellung des Probanden den Fragebogen auszufüllen auswirken könnten. Durch diese präzisen Aufforderungen wird das wissenschaftliche Umfragesystem nicht so sehr verfälscht, da es sich wenig invasiv auf den Alltag des Probanden auswirkt. Ziel ist es, dass das Ausfüllen eines Fragebogens nur wenige Minuten (ca. 2-5 Minuten) in Anspruch nimmt.

Weiterhin wird ein ausgefüllter Fragebogen automatisch um die vom Erfassungswerkzeug erfassten situativen Parameter (Zeit, Ort, Umgebungsparameter wie Geräuschkulisse, Verkehrsmittel, ...) angereichert. Diese müssen also nicht vom Probanden zeitaufwändig/repetitiv angegeben werden.

Folgende Kernanforderungen an das Erfassungswerkzeug wurden definiert:

- **Langer dynamischer Umfragezeitraum:** Umfragezeiträume sind hoch dynamisch und können sich ohne umfassenden Betreuungsaufwand auch über einen langen Umfragezeitraum erstrecken.
- **Minimal-invasiv:** Auch bei langer Laufzeit wenig invasiv, da nur in speziell selektierten Situationen ein Fragebogen ausgelöst wird.
- **Selektiv:** Fragebogen wird nur dann ausgelöst, wenn es die Situation bzgl. des Umfrageziels erfordert.
- **Automatische Anreicherung:** um die identifizierten situativen Parameter (Zeit, Ort, Umgebungsparameter wie Geräuschkulisse, Verkehrsmittel, ...)
- **Offline-Nutzbarkeit:** Die Ergebnisse sind durch automatisierte Übermittlung an Server zeitnah verfügbar, sobald das mobile Endgerät des Probanden wieder Internetzugang herstellen kann.
- **Hochgradig skalierbar:** Ohne Mehraufwand kann auch eine hohe Anzahl an Probanden an den Umfragen teilnehmen, die darüber hinaus beliebig auf die Umfrageorte/-Fläche verteilt werden können. Neue Umfrageorte können beliebig dynamisch hinzugefügt werden, da viele Lokalisierungsmechanismen weltweit funktionieren.
- **Dezentralität/Autonomie:** Nach Erstkonfiguration arbeiten die mobilen Endgeräte des Erfassungswerkzeugs vollständig unabhängig von der Server-Infrastruktur. Daten werden synchronisiert, sobald das mobile Endgerät wieder eine Verbindung zum Server herstellen kann. Bei Bedarf können ad-hoc-Umfragen an die mobilen Endgeräte geschickt werden, sofern diese erreichbar sind („break-the-glass“-Policy).
- **Standards-basiert** (HTTP/S, JSON, SSL) mit verschlüsselter Kommunikation
- **Convenience:** Durch eine ansprechende User Experience/User Design sind Probanden eher gewillt, das Werkzeug regelmäßig und über einen längeren Zeitraum hinweg zu verwenden. Durch selektives Auslösen von Fragebögen wird der Aufwand für Probanden geringgehalten, was die Qualität der ausgefüllten Fragebögen steigert.

Im Kontext des WiSima-Projekts wurde eine spezielle Ausprägung des Erfassungswerkzeugs - als ein Proof-of-Concept - realisiert, welche orts- und zeitbezogen individuelle Umfragen an die Probanden auslöst.

Während eines Umfragezeitraums von mehreren Wochen werden den vorab ausgewählten Probanden je nach Nutzung des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs (ÖPV) bis

zu vier Umfragen täglich zugestellt, welche diese möglichst zeitnah nach Erhalt ausfüllen sollen. Der Zeitaufwand zum Ausfüllen einer Umfrage wird auf ca. 1-2 Minuten pro Umfrage beschränkt. Bedingt durch die hohe Frequenz an ausgelösten Fragebogen-Ereignissen pro Proband ist das WiSima-Projekt in der Lage, im Gegensatz zu Einmal-Fragebögen, umfassende Erkenntnisse über jeden Probanden zu gewinnen.

Fragebogen-Ereignisse sind individualisiert: Jeder an einen Probanden zugestellte Fragebogen enthält eine zufällig angeordnete Teilmenge an Fragen aus dem Gesamt-Fragenkatalog. Abhängig vom Aufenthaltsort des Probanden zum Zeitpunkt der Zustellung des Fragebogens (an der Haltestelle, im Fahrzeug, auf dem Weg vom/zur Haltestelle) werden unterschiedliche, randomisierte Fragen gestellt. Hat der Proband mittlerweile den ursprünglichen Ort verlassen, so werden die Fragen in der Vergangenheitsform gestellt, ansonsten in der Gegenwartsform.

Zusätzlich zu diesem Orts- und Zeitbezug enthält der Fragebogen die Konzepte von Skip Logic und Branch Logic: Die Folgefragen richten sich nach der Ausprägung der Beantwortung einer oder mehrerer vorhergehender Fragen. Jeder ausgefüllte Fragebogen kann automatisch um die vom Ereignissystem identifizierten Umgebungsparameter ergänzt werden (Zeit, Ort).

3.1 Situation Awareness-Parameter

Zur korrekten Bewertung der Situation des Betroffenen sind die zu erhebenden Parameter entscheidend. Das hierzu verwendete Situationsmodell [14] basiert auf einem Ansatz, der Kontextparameter innerhalb von Zeitintervallen betrachtet und dazu auch eine entsprechende Verarbeitungslogik (Situationsalgebra) anbietet. Dementsprechend spielt der Parameter *Zeit* in unserer Betrachtung eine zentrale Rolle. Über diesen Parameter sollen Befragungen nur zu definierten Zeiten und in definierten Zeitintervallen sowie Totzeiten ausgelöst werden. Beispielsweise wird eine neue Umfrage erst ausgelöst, wenn seit Ausfüllen des vorangehenden Fragebogens mindestens zwei Stunden vergangen sind. Zusätzlich lassen sich – mit entsprechendem Metawissen, beispielsweise aus Statistiken – aus dem Parameter weitere Situationsparameter wie Lichtverhältnisse ableiten.

Neben der *Zeit* ist der Parameter *Ort* in mehreren Hinsichten von Bedeutung. Neben der ortsgebundenen Auslösung von Befragungen kann der Parameter zusätzlich genutzt werden, um weitere Umgebungsparameter wie *auf dem Bahnsteig* oder *auf der Zufahrt zum Bahnhof* abgeleitet werden. In Kombination mit der Nutzung des Parameters *Zeit* lassen sich auch weitere Parameter wie geschätzte *Personendichte* ableiten. Die Methodik zur Erfassung des Ortparameters kann klassisch über GPS/Funkzellen/WLAN-Ortung des Endgeräts erfolgen. Durch Nutzung erweiterter Location-based Services des Betriebssystems können auch Wahrscheinlichkeiten für Trajektorien (z.B. regelmäßiger Weg zur Arbeit) adressiert werden. Für eine genauere Ortung innerhalb von Gebäuden oder im Untergrund sind die Nutzung von Beacons an den Bahnhöfen, entweder direkt bereitgestellt vom ÖPNV-Anbieter oder von Smart-Panels der Werbetreibenden oder die Nutzung von RFID-Säulen bei Bezahlung des Tickets via Smartphone denkbar. In der Konzeption der Plattform ist aus Gründen des Datenschutzes und der Reduzierung der Datenmengen der Einsatz von Geo Fencing vorgesehen. Das heißt, dass

eine Ortung bzw. Ortsänderungen nur in bestimmten – für die Anwendung relevanten – Bereichen aktiviert bzw. in ihrer Genauigkeit erhöht wird.

Zur weiteren Situationsparametererfassung kann zusätzliche Sensorik des verwendeten Endgeräts eingesetzt werden. So gibt es Ansätze, bestimmte Situationskontexte über das Mikrofon des Endgeräts zu bestimmen (z.B. Erkennung von U-Bahn-Geräuschen innerhalb und außerhalb des Wagens [6]). Ähnlich kann ein Gyro-Sensor genutzt werden, um signifikante Erschütterungsmuster von Bahn, U-Bahn, Bus, Tram zu erkennen. Durch Anbindung von Wearables können weitere relevante Parameter, wie beispielsweise das *Umgebungslicht*, durch den Helligkeitssensor einer Smartwatch erkannt werden.

Es ist davon auszugehen, dass in Zukunft durch erweiterte Sensorik und Kontextinformationen, noch viele weitere Situationsparameter erfasst und genutzt werden können. Der Forschungsschwerpunkt des vorgestellten Ansatzes liegt nicht in der Entwicklung dieser Verfahren. Vielmehr soll die Lösung für bestehende und künftige Quellen von Situationsparametern eine geeignete Schnittstelle bereitstellen und intern eine weitreichende und effiziente Verarbeitungsmöglichkeit bieten, über die Situationen aus verschiedenen Eingangsparametern abgeleitet werden können.

3.2 Kontinuierliche situative Parametererkennung

Das Konzept der kontinuierlichen und situativen Parametererkennung sieht die Bündelung mehrerer Sensoren, die Filterung sowie das Matching derer Daten vor. Ziel dieser Verarbeitungskette ist es, das Erfassungswerkzeug zu befähigen, auf Grundlage eines bestehenden Regelwerkes, den Probanden in Abhängigkeit zu dessen Situation zielgerichtet im Sinne der Mobile Experience Sampling Method zu aktivieren, um an einer Befragung teilzunehmen.

Den Ausgangspunkt bilden die unterschiedlichen Sensoren, auf die das Smartphone Zugriff haben kann. Das können cloudbasierte Sensoren sein, die bspw. Auskunft über das aktuelle Wetter geben, aber auch Sensoren, die direkt im Smartphone (Ortungssensor, Mikrofon etc.) verbaut sind. Eine dritte Gruppe der Sensoren stellen die sogenannten Wearables dar, die u.a. den Puls oder den Hautleitwert messen können (siehe Abbildung 1).

Im ersten Schritt sieht dieses Konzept vor, dass die erhobenen Sensordaten selbst, gemäß dem Regelwerk, gefiltert werden. So werden bspw. nur Daten, die sich in einem definierten Wertebereich befinden oder eine definierte Qualität vorweisen, der Verarbeitungskette zugeführt. Im nächsten Schritt werden die gefilterten Sensordaten auf mögliche Matches zueinander, die wiederum im Regelwerk definiert sind, geprüft. Als möglicher Match könnte bspw. die Kombination aus Hautleitwert, Puls und Position hinterlegt werden. Konkret könnte mit diesem Match jeder Proband, der sich auf einem Berliner Bahnhof befindet (Position) und eine gewisse Nervosität aufweist (Puls und Hautleitwert) für eine Befragung aktiviert werden. Im letzten Filterschritt können sensorunabhängige Kausalitäten entsprechend der hinterlegten Regeln überprüft werden. Hier können u.a. systeminterne Zustände berücksichtigt werden.

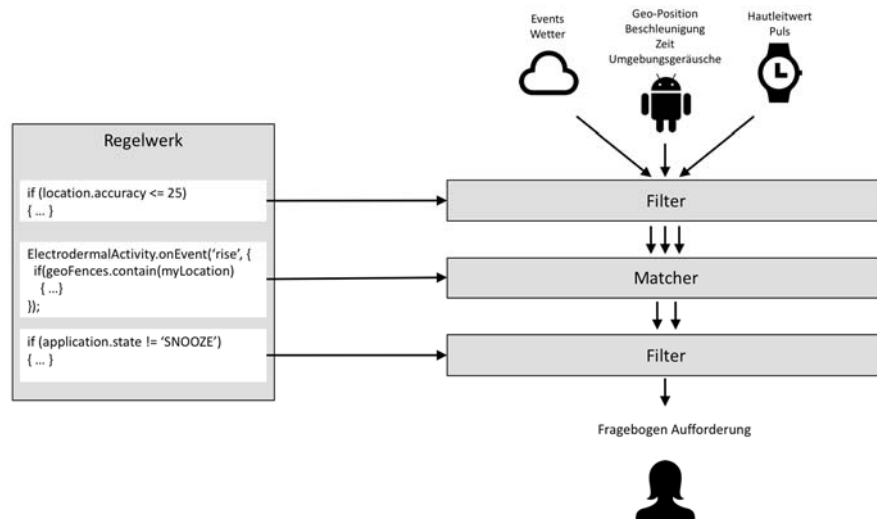


Abbildung 1. Regelwerk-basierte Verarbeitung der Eingangsparameter

4 Proof-of-Concept

Im Rahmen des Forschungsprojektes WiSima wird die zuvor vorgestellte Konzeption des Erfassungswerkzeuges in einem Proof-of-Concept (PoC) realisiert, um so spezifische Forschungsfragen nach dem subjektiven Sicherheitsempfinden im öffentlichen Personenverkehr zu untersuchen.

4.1 Anwendungsfälle

Die Realisierung dieser speziellen Umsetzungsvariante ist gleichbedeutend mit der ersten Ausbaustufe des Gesamtkonzeptes, in der zur Erfassung lediglich die aktuelle Position bzw. die erkannte Positionsveränderung, unter Berücksichtigung zeitlicher Restriktionen, genutzt wird. Im Zuge der Projektarbeiten wurden folgende App-seitige Anwendungsfälle entwickelt, die als Grundlage zur Entwicklung des PoCs dienen.

(Erst-)Start der App: Der Erststart bzw. der Start der App (ohne Aufforderung, an einer Befragung teilzunehmen) stellen Anwendungsfälle dar, die für die eigentliche Kernfunktionalität (Erfassung des subjektiven Sicherheitsempfindens) als Voraussetzung sowie als Ergänzung dienen. Bei Erststart der App ist es zwingend notwendig, dass nutzerseitig eine Zustimmung der Datenschutzerklärung sowie die Teilnahmebestätigung erfolgt, um die Funktionalitäten der App überhaupt nutzen zu können. Bei einem weiteren Start der App können dann News sowie Statistiken zu bereits durchgeführten Befragungen eingesehen werden (siehe Abbildung 2).

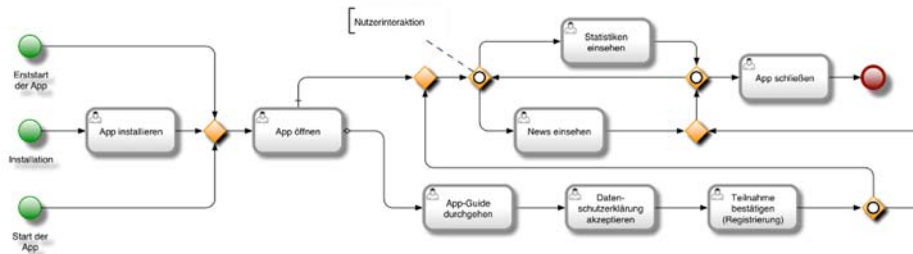


Abbildung 2. Funktionalitäten nach Start der WiSima-App

Befragung durch die App: In der nachstehenden Abbildung ist die Kernfunktionalität der WiSima-App dargestellt. Ziel dieses Anwendungsfalls ist es, den App-Nutzer während der Nutzung des ÖPVs (in situ) zum subjektiven Sicherheitsempfinden zu befragen. Dabei wird der Zeitpunkt der Befragung von der App selbst getriggert und nicht vom Nutzer bestimmt werden.

Die Realisierung dieses Anwendungsfalls erfolgt auf Basis der Positionsverfolgung des mobilen Endgeräts. Sobald eine signifikante Positionsänderung des Smartphones von der App selbst erkannt wird, erfolgt eine In-App-Benachrichtigung mit der Aufforderung an einer nun zugänglichen Befragung teilzunehmen. Aufgrund der in-situ-Charakteristik steht der Fragebogen nur in einem festzulegenden Zeitfenster zur Verfügung. Wird die Befragung korrekt durchgeführt, kann die App durch den Nutzer geschlossen werden. Der Prozess der Positionsverfolgung startet automatisch, jedoch zeitlich versetzt.

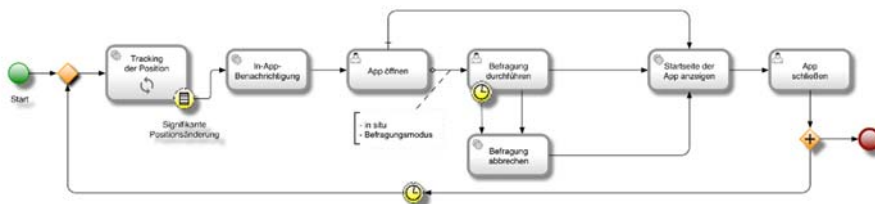


Abbildung 3. Vorgehen der App zum Auslösen einer Befragung

4.2 Endliche Zustandsmaschine

Das Verhalten des WiSima-Erfassungswerkzeuges in Abhängigkeit von den jeweiligen Einflussfaktoren wird mit Hilfe der nachstehenden endlichen Zustandsmaschine abstrahiert (siehe **Abbildung 4**).

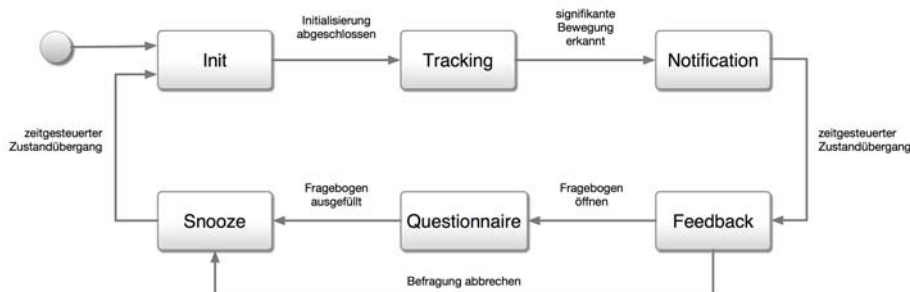


Abbildung 4. Endlicher Zustandsautomat für internen Zustand der WiSima-App

Grundsätzlich befindet sich die App stets in einem wohldefinierten Zustand, unabhängig davon, ob diese aktuell im Vorder- oder Hintergrund läuft:

Der „**Init**“-Zustand stellt den Startpunkt des endlichen Automaten dar. In diesem Zustand wird u.a. die Referenzposition in Bezug auf die Positionsverfolgung ermittelt.

Im „**Tracking**“-Modus detektiert die App signifikante Änderungen der Position (in Relation zur Referenzposition) des mobilen Endgerätes. Sobald eine signifikante Änderung (Entfernung, die als signifikant zu betrachten ist, kann konfiguriert werden) eintritt, etwa weil der Nutzer seine Wohnung verlassen hat und sich bewegt hat, oder weil die App erstmalig in diesem Zustand ein WLAN-Signal einer U-Bahn-Station empfangen hat, wechselt sie in den „**Notification**“-Modus.

In diesem Zustand fordert die App den Probanden mittels einer Push-Benachrichtigung auf, einen nun zur Verfügung gestellten Fragenbogen auszufüllen. Dabei handelt es sich um eine In-App-Benachrichtigung, die zufällig in einem definierten Zeitfenster auf dem Endgerät ausgelöst wird. Sobald der Proband benachrichtigt wurde, wechselt die App in den „**Feedback**“-Modus.

Der Nutzer kann dann innerhalb einer gewissen Frist (z.B. 30 min) auf die Push-Benachrichtigung reagieren und die App öffnen („**Questionnaire**“-Modus).

In diesem beantworten die Probanden die eigentliche Umfrage. Nach erfolgreicher Beantwortung verfällt die App für eine fest definierte Zeitdauer von z.B. 2 Stunden in den „**Schlummer**“-Modus („**Snooze**“-Modus), um die Quantität der Umfragen pro Tag auf ein für den Probanden sinnhaftes Maß zu halten.

Eine Umfrage kann auch unterbrochen und später an derselben Stelle wiederaufgenommen werden, z.B. weil das Telefon gesperrt wird oder ein Anruf getätigt wird.

Als eine weitere mögliche Antwort auf die Push-Benachrichtigung kann der Proband auch angeben, für einen gewissen Zeitraum nicht mehr über neue Fragebögen benachrichtigt zu werden, also faktisch das Erfassungssystem in den Schlummermodus zu versetzen. Innerhalb des Schlummermodus erfasst die App keinerlei Informationen mehr, wodurch die Privatsphäre des Probanden sichergestellt ist.

Da die sensiblen Zustandsübergänge zeitlich gesteuert sind, werden dem Nutzer vor Ablauf der Beantwortungsfrist Erinnerungen per In-App-Benachrichtigung gesendet.

4.3 Architektur

Die in Abbildung 5 dargestellte Grobarchitektur (Komponentensicht) gibt eine ganzheitliche Übersicht über die realisierte Implementierung des Erfassungswerkzeugs. Insbesondere die Kommunikation zwischen dem mobilen Endgerät der Probanden und der Server-/Backend-Infrastruktur wird hervorgehoben.

Für die Umsetzung der Server-/Backend-Infrastruktur wird eine Mirco-Service-Architektur verwendet. Dadurch wird die komplexe Funktionalität der Gesamtanwendung in kleine unabhängige Prozesse unterteilt. Für die Architektur des WiSima-Erfassungswerkzeuges bedeutet das, dass die Kommunikation zwischen der WiSima-App und dem Backend auf mehrere Endpoints verteilt wird, die jeweils einen funktional gebündelten Teil der Gesamtfunktionalität übernehmen. Neben den Vorteilen im Entwicklungsprozess waren es vor allem Aspekte, wie die Möglichkeit einzelne Services unabhängig voneinander zu skalieren, die Erhöhung der Robustheit durch die Unabhängigkeit und die relative Einfachheit der einzelnen Services sowie die Flexibilität in Bezug auf die Weiterentwicklung des Gesamtsystems, die zur Auswahl dieses Architekturmodells führten.

Die in Abbildung 5 genannten Komponenten werden bezüglich ihrer Funktion nachfolgend kurz beschrieben:

- Der **mobile Client** ist das Kernstück des Erfassungswerkzeugs und dient der Befragung der App-Nutzer. Die situative Ortung erfolgt vollständig durch die App auf dem mobilen Endgerät.
- Die serverseitigen **Endpoints** sind für die Entgegennahme und Verarbeitung der vom mobilen Client erhobenen Daten (insbesondere die beantworteten Fragebögen) verantwortlich. Auch die Auslieferung von Daten (u.a. Konfigurationsparametern) wird durch die Endpoints realisiert.
- Die **Datenhaltung** übernimmt die Persistierung der durch die Endpoints vorverarbeiteten Daten. Der Abruf der Rohdaten zur weitergehenden Analyse/Verarbeitung erfolgt über diese Instanz.
- Das **Logging- und Monitoring-System** dient der Visualisierung der Client-Serverkommunikation und der Einsichtnahme in das aktuelle Verhalten des Gesamtsystems.
- Der **Web-Browser** stellt eine grafische Schnittstelle für die Übungsleiter auf das Logging- und Monitoring-System bereit. Somit dient es der Prävisualisierung der eingegangenen Rohdaten.

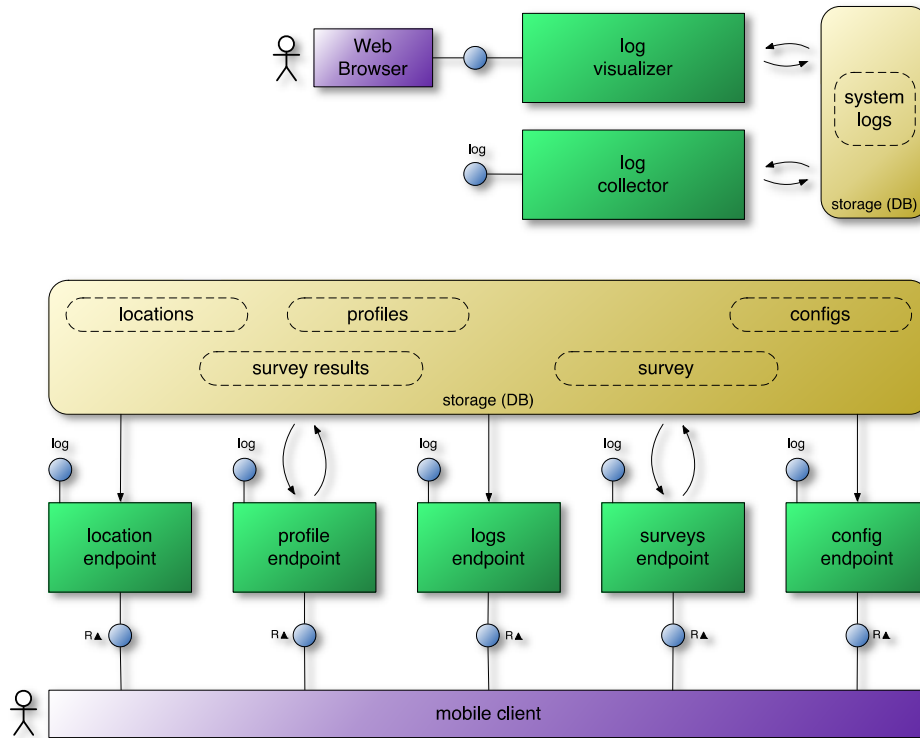


Abbildung 5. Grobarchitektur der MESM-Umfrageplattform des PoC

5 Evaluationsmethodik

Das Erfassungswerkzeug wurde speziell für die Methode des Mobile Experience Sampling (MESM) entwickelt. Diese Methode stellt eine Anpassung der ursprünglichen Experience Sampling Method an die aktuell zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten dar. Kernidee ist die in-situ-Erfassung der zu erhebenden Daten – also möglichst zeitnah und am Ort des Geschehens sowie ohne auf Rekonstruktionen oder Erinnerungsleistungen der Befragten angewiesen zu sein [10].

Aus technischer Sicht werden sämtliche Aspekte der ausgewählten Methode durch das entwickelte Erfassungswerkzeug übernommen und unterstützt. So müssen die Probanden keine weiteren Geräte oder Utensilien (bspw. einen Pager oder einen Papierfragebogen) mit sich führen, denn sowohl die Aufforderung der Probanden zur Teilnahme an einer Befragung als auch die Befragung selbst werden durch die App gesteuert bzw. sind Bestandteil der App. Ein weiterer wichtiger methodischer Aspekt der die „in-situ“-Charakteristik des Erfassungswerkzeuges fördert, ist die automatische Kontrolle des Zeitfensters, in der die Befragung nach Eingang der Aufforderung beendet werden muss. Weiterhin stellt die sensorbasierte (Ortung) Auslösung einer Befragung sowie die lokale aber auch serverseitige Speicherung der Umfrageergebnisse weitere Vorteile

dieser speziellen Umsetzung der MESM per Smartphone-App dar. Auch wurden bei der Konzeption und Entwicklung die zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten berücksichtigt, um die Befragung möglichst komfortabel zu gestalten. So können längere Texteingaben per Spracheingabe getätigt werden. Dagegen wurde auf die Aufzeichnung von Videos und Fotos aufgrund fehlender Einsatzfelder im Rahmen des WiSima-Projektes verzichtet.

Neben diesen eher technisch geprägten Aspekten bietet der Fragebogen selbst wichtige Eigenschaften, die die ausgewählte Methodik unterstützen. Grundsätzlich ist der Fragebogen als ein Graph realisiert. Jede Frage stellt in diesem Graphen einen Knotenpunkt dar. Die Beantwortung eines Fragebogens ist gleichbedeutend mit einem Pfad in diesem Graphen, der stets nur eine Teilmenge aller Knoten (Fragen) beinhaltet.

Da die Aufforderung zur Beantwortung eines Fragebogens den Probanden in einer zufälligen Situation (u.a. Ort oder soziales Umfeld) bei der Nutzung des ÖPVs erreicht, sofern sich der Nutzer per ÖPV fortbewegt, wurden bei der Konzeption Mechanismen entworfen, die den Inhalt und Aufbau des Fragebogens durch die Wahl eines entsprechenden Pfades situativ anpassen. Somit ist jeder gestellte Fragebogen, in Abhängigkeit vom situativen Kontext des Nutzers, individualisiert. Diese Individualisierung umfasst bspw. in einfachster Form die Formulierung einzelner Fragen in Abhängigkeit der Nutzungsphase (u.a.: auf dem Weg zur Haltestelle, im Verkehrsmittel, am Zielort) des Probanden im ÖPV. Weitere Aspekte der Individualisierung sind die auf Wahrscheinlichkeit basierte Randomisierung von Fragen bzw. Frageblöcken sowie die Verwendung einer im Fragebogen hinterlegten Skip-Logik, die anhand getätigter Antworten nachfolgende Fragen oder ganze Frageblöcke nicht berücksichtigt.

Neben der situativen Individualisierung des Fragebogens unterstützen diese Mechanismen auch die mögliche Vielfalt der Ausprägungen der Befragung und schaffen somit über einen längeren Befragungszeitraum eine gewisse Abwechslung für den Probanden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde ein Ansatz für eine skalierbare Plattform für situationsbezogene „Echtzeit“-Erfassungen von Individualparametern von Probanden vorgestellt, der im Kontext einer Erfassung des subjektiven Sicherheitsempfindens im ÖPV realisiert wurde. Der Ansatz verbindet klassische elektronische Fragebögen mit Crowd sourcing/sensing-Ansätzen zu einem situativen Erfassungswerkzeug. Im Gegensatz zu statischen Fragebögen kann die Erfassung von Informationen dynamisch, aktiv, individuell und situativ nach Aufenthaltsort des Probanden und Umgebungsparametern erfolgen. Die entwickelte Plattform ist skalierbar, da einerseits prinzipiell beliebig viele Teilnehmer über ihre Smartphones an den Befragungen teilnehmen können, und andererseits die Ausarbeitung weiterer Befragungen aufwandsarm realisierbar ist.

Damit ergibt sich über den vorgestellten Nutzungskontext hinaus noch ein viel breiteres Einsatzspektrum des Systems. Grundsätzlich kann der Ansatz für alle Umfrage- und Erhebungsziele in Betracht gezogen werden, in denen die ortsbasierte Situation der Teilnehmer von entscheidender Bedeutung für die Befragung ist. Neben einem – wie

hier vorgestellten – Einsatz in einem Feldtest mit Probanden kann das System auch dauerhaft beispielsweise als Erweiterungsmodul einer ÖP(N)V-App zur Messung von Sicherheits-, Zufriedenheits- und Bedarfsparametern der Kunden eingesetzt werden, da Befragungsrhythmus und -umfang so eingestellt werden können, dass sie in der jeweiligen Situation möglichst kaum als disruptiv und zeitintensiv empfunden werden. Derartige breite Nutzungskontexte werden auch dadurch unterstützt, da das System auch für hohe Teilnehmerzahlen, welche auf eine große Fläche verteilt sind, außerordentlich gut skaliert.

Grundsätzlich müssen in den anstehenden Feldtests neben der technischen Eignung des Systems auch interdisziplinäre Forschungsfragen wie die Akzeptanz und die Verbesserung der Ergebnisgüte durch die situativen Befragungen tiefer untersucht werden. Weitere offene Forschungsfragen verbleiben vor allem im Bereich der möglichst offenen Anbindung und Verarbeitung von Situationsparametern aus verschiedenen Quellen wie Wearables, Hotspots (Beacons/WLANs) und weiterer Sensorik der Endgeräte (z.B. Licht-, Geräusch- oder Erschütterungserkennung).

Literatur

1. BITKOM (2014) Crowdsourcing für Unternehmen, Leitfaden. <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2014/Leitfaden/Crowdsourcing/140917-Crowdsourcing.pdf>
2. Christin D, Reinhardt A, Kanhere S and Hollick M (2011) A survey on privacy in mobile participatory sensing applications. *Journal of Systems and Software*, 84/11:1928-1946. doi=<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbr.2011.03.031> (2011)
3. Estrin D (2010) Participatory Sensing: Applications and Architecture. In: *Proceedings of the 8th ACM International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys)*, pp 3-4
4. ExperienceSampler. <http://www.experiencesampler.com/>
5. Fuchs-Kittowski F (2014) Mobiles Crowdsourcing und Sensing. In: *WISU – Das Wirtschaftsstudium - Zeitschrift für Ausbildung, Prüfung, Berufseinstieg und Fortbildung 2014*, pp 1031-1038.
6. Fuchs-Kittowski F, Faust D, Gruner C, Kärner R, Tash S (2015) mUvi – A Mobile Sensing-based Underground Navigation System. In: *Proceedings of Location Based Services (LBS)*, Augsburg, pp 50-53.
7. Fuchs-Kittowski F (2018) Mobiles Crowdsourcing zur Einbindung freiwilliger Helfer in den Katastrophenschutz. In: Reuter Christian (Hrsg.), *Sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion - Interaktive Technologien und Soziale Medien im Krisen- und Sicherheitsmanagement*, Berlin, Springer Verlag, pp 553-574 (im Erscheinen).
8. Ganti R, Ye F, Lei H (2011) Mobile Crowdsensing: Current State and Future Challenges. In: *IEEE Commun. Mag.* 49/11:32–39.
9. Howe J (2008) *Crowdsourcing. Why the Power of the Crowd is Driving the Future of Business*. Crown Business Publishing, New York.
10. Karnowski V (2013) Befragung in situ: Die Mobile Experience Sampling Method (MESM). In: *Handbuch standardisierte Erhebungsverfahren in der Kommunikationswissenschaft*, Springer VS, Wiesbaden, pp 235–247.
11. LimeSurvey: the online survey tool - open source surveys. <https://www.limesurvey.org/de/>.
12. The MyExperience tool. <http://myexperience.sourceforge.net/>.

13. movisensXS - eXperience Sampling for Android!. <https://xs.movisens.com/>.
14. Meissen U, Pfennigschmidt S, Voisard A, Wahnfried T (2004) Context and situation-awareness in information logistics. In: Current Trends in Database Technology – EDBT 2004 Workshops: PhD, DataX, PIM, P2P&DB, and ClustWeb, Heraklion, Greece, Revised Selected Papers, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2004, volume 3268 of LNCS, pp 335–344,
15. PIEL Survey | Experience Sampling Method (ESM) | Ecological Momentary Assessment (EMA) | Survey Software. <https://pielsurvey.org/>.
16. Shen X (2015), Mobile Crowdsourcing. In: IEEE Network, vol. 29/3:2–3.
17. SurveyJS Library. <https://surveyjs.io/Overview/Library/>.
18. SurveyMonkey: Das weltweit beliebteste kostenlose Tool für Online-Umfragen <https://www.surveymonkey.de/>.
19. SoSci Survey (oFb - der onlineFragebogen) → Fragebogen online erstellen, Befragung im Internet durchführen. <https://www.soscisurvey.de/>.
20. WiSima Projekt Webseite. <http://www.WiSima-projekt.de/>.