

## OpenIndoorMap – Erfassung von Innenräumen mittels Smartphone

Frederic Kerber, Florian Daiber, Antonio Krüger

### Zusammenfassung

In den vergangenen Jahren erfreut sich das Projekt OpenStreetMap (OSM) wachsender Beliebtheit sowohl auf Seiten der Anwender wie auch der Mapper. Bislang beziehen sich die erfassten Daten fast ausschließlich auf Gebiete im Freien (z.B. Straßendaten). Allerdings könnte von Anwendungen wie Routenplanung oder Navigation auch in Innenräumen profitiert werden. Da traditionelle Erfassungsmethoden (GPS, Satellitenbilder) in Innenräumen nicht zuverlässig funktionieren, existieren bisher nur wenige Gebäude in OSM, deren innere Strukturen erfasst wurden. Um Erkenntnisse über das Interesse an der Erfassung von Innenräumen zu erlangen, wurde zunächst eine Online-Umfrage durchgeführt, in der das Projekt vorgestellt wurde. Im Zuge dessen wurde unter anderem auch erfragt, ob die Teilnehmer bereit wären, an einem entsprechenden Projekt mitzuarbeiten. Damit dies realisiert werden kann, bedarf es Methoden zur Innenraumerfassung, die intuitiv nutzbar sind. Um eine Vielzahl von Nutzern ansprechen zu können, sollten diese Ansätze ohne spezielle und unter Umständen teure Hardware realisierbar sein.

Moderne Smartphones, die mit einer Vielzahl von Sensoren (z.B. Kompass, Beschleunigungssensor, Kamera) ausgestattet sind, finden zunehmend Verbreitung. Es werden zwei Smartphone-gestützte Verfahren vorgestellt, die eine Erfassung von Innenräumen ermöglichen und so ein OpenIndoorMap (OIM) realisierbar machen. Der erste Ansatz nutzt Sensordaten, um die Bewegungen des Nutzers mitzuverfolgen. Dies erlaubt die Erfassung des Grundrisses einzelner Räume bzw. des gesamten Gebäudes. Dieser kann durch Zusatzeingaben während der Erfassung (z.B. Position von Türen) ergänzt werden. Der zweite Ansatz erlaubt eine Vermessung von Innenräumen mittels Kameraunterstützung und Neigungsbestimmung des Smartphones. Zur Erfassung muss der Nutzer lediglich mit einem Zielkreuz im Kamerabild die Ecken des Raumes anpeilen, um die Raumdimensionen zu ermitteln.

Während der erste Ansatz eine schnelle, aber grobe Erfassung ermöglicht, bietet der zweite Ansatz auch dann gute Ergebnisse, wenn Teile des Raumes verstellt sind (z.B. durch Schränke). Eine höhere Genauigkeit wird erzielt, da die Erfassung mittels Anpeilung der Raumecken an der Decke ermöglicht wird. Die beiden vorgestellten Verfahren ermöglichen so ein Mapping von Innenräumen, ohne auf externe Systeme wie GPS oder eine Instrumentierung der Umgebung angewiesen zu sein.

### Motivation

Das Projekt OpenStreetMap (OSM) erfreut sich speziell in den letzten Jahren immer größerer Beliebtheit. Aktuell (Februar 2012) gibt es über 500.000 registrierte Nutzer, die dazu beitragen, den Datenbestand einerseits zu ergänzen, andererseits bestehende Daten zu pflegen und zu aktualisieren. Die Standard-Verfahren zum Mapping neuer Gebiete vertrauen dabei in erster Linie auf Techniken wie GPS oder das Vorhandensein entsprechender Luftbilder. Bei Verwendung geeigneter GPS-Geräte wird das neu zu erfassende Gebiet abgegangen bzw. abgefahren und die aufgezeichnete Route dann am Computer genutzt, um entsprechende Straßen in den Datenbestand von OSM einfügen zu können. Demgegenüber steht das Mapping ohne direkt vor Ort sein zu müssen, beispielsweise durch das Abzeichnen geeigneter Luftaufnahmen. Somit ist es gelungen, eine sehr große Abdeckung von Straßen, Fußwegen und ähnlichem zu erreichen [4]. Die Daten lassen sich für zahlreiche Zwecke einsetzen: neben Straßenkarten gibt es auch spezielle Karten für Radfahrer oder auch Routing-Applikationen, die eine Routenplanung mit diesen Daten ermöglichen.

## OpenIndoorMap – Erfassung von Innenräumen mittels Smartphone

In den letzten Jahren hat die Zahl erfasster Gebäudeumrisse enorm zugenommen [6]. Dies wirft die Frage auf, inwieweit Applikationen auch von detaillierten Daten über das Gebäudeinnere profitieren könnten. Werden komplexe Gebäudestrukturen betrachtet, wie sie beispielsweise in großen Firmen, an Flughäfen oder in Einkaufszentren vorkommen, so wird erkennbar, dass Nutzer hier auch profitieren könnten, wenn sie nicht nur bis zum Gebäudeeingang navigieren können, sondern direkt bis zum gewünschten Büro oder Geschäft. Auch für Rettungskräfte sind unübersichtliche Gebäude ein Problem [19], sodass auch hier ein positiver Effekt erzielt werden könnte. Eines der Hauptprobleme bei der Erfassung von Innenräumen stellt dabei die Tatsache dar, dass etablierte Mapping-Methoden nicht angewandt werden können. GPS-Signale stehen meist nicht in ausreichender Genauigkeit zur Verfügung, ebenso entfällt die Möglichkeit, Luftbildaufnahmen nutzen zu können. Daher müssen Alternativen zur Erfassung von Innenräumen gefunden werden, ohne auf externe Systeme angewiesen zu sein. Dabei sind Lösungen wie das manuelle Abzeichnen von Gebäudeplänen zwar grundsätzlich denkbar, aber einerseits sehr zeitintensiv und andererseits nur schwer umsetzbar, da maßstabsgetreue Gebäudepläne nur selten zur freien Verwendung verfügbar und wenn, meist nur einzelnen Personen zugänglich sind. Dem gegenüber steht der Gedanke des Crowdsourcings, bei dem Freiwillige verteilt Daten erfassen und so schnell einen großen Datenbestand erzeugen können, wie es auch bei OSM der Fall ist. In diesem Zusammenhang spricht man auch von Volunteered Geographic Information (VGI) [8]. Auch Google Maps erweiterte kürzlich das Angebot um Innenraum-Karten<sup>15</sup> und setzt ebenfalls auf einen Crowdsourcing-Ansatz<sup>16</sup>, der es jedem erlaubt, neue Gebäudepläne hinzuzufügen.

Im folgenden Abschnitt werden zunächst verwandte Arbeiten vorgestellt, die sich mit Verfahren beschäftigen, die für eine Innenraumerfassung ohne Instrumentierung oder Verwendung externer Systeme in Frage kommen. Anschließend werden die Ergebnisse einer vorab durchgeführten Umfrage zu den Themenkomplexen OpenStreetMap und OpenIndoorMap präsentiert. Der vierte Abschnitt beschreibt die Implementierung der beiden Smartphone-gestützten Erfassungsverfahren. Abschließend werden erste Ergebnisse präsentiert sowie erläutert, wie das Projekt zukünftig weitergeführt werden kann.

## Verwandte Arbeiten

Es existiert eine Vielzahl von Arbeiten, die sich mit der Positionierung von Nutzern in Innenräumen befassen. Die dort verwendeten Ansätze sind oftmals ebenso verwendbar, wenn es darum geht, die Maße eines Raumes zu erfassen. Dabei gibt es einerseits Systeme, die die Position des Benutzers mittels externer Referenzen (z.B. Infrarot-Baken [2] oder W-Lan [7]) bestimmen. Da dies allerdings eine vorherige Instrumentierung der Umgebung erfordert, die einerseits zeit- und andererseits kostenintensiv sein kann, werden diese Systeme hier nicht weiter betrachtet. Demgegenüber stehen Systeme, die lediglich mit Hilfe von Sensoren wie Beschleunigungssensoren, Gyroskopen oder Magnetfeldsensoren die Nachverfolgung der Nutzer-Position erlauben. Dieser Prozess des Bestimmens der aktuellen Position auf Basis einer bekannten Position sowie Betrachtung von Richtung und Geschwindigkeit wird als Dead-Reckoning bezeichnet [16]. Dieser Ansatz findet sich in zahlreichen Arbeiten wieder:

Cho und Park entwickelten ein System [3] auf Basis eines Schrittzählers. Mit Hilfe der Werte des Beschleunigungssensors, den der Nutzer an seinen Schuhen trägt, werden einzelne Schritte identifiziert und dann mit der Schrittlänge multipliziert um den zurückgelegten Weg zu bestimmen. Dabei ist insbesondere die Bestimmung der Schrittlänge ein kritischer Punkt, der von verschiedenen Faktoren abhängen kann (vergleiche auch [9, 10, 12]). Cho und Park nutzen für ihr System ein neuronales Netzwerk zur Bestimmung der Schrittlänge sowie einen Kalman-Filter zur Korrektur von Fehlern, die beispielsweise durch Störungen des Magnetfeldes auftreten können. In ihrem Personal Odometry System

---

15 <http://googleblog.blogspot.com/2011/11/new-frontier-for-google-maps-mapping.html>, abgerufen am 20.02.2012

16 <http://maps.google.com/help/maps/floorplans/>, abgerufen am 20.02.2012

## OpenIndoorMap – Erfassung von Innenräumen mittels Smartphone

(POS) [14, 15] verfolgen Ojeda und Borenstein einen Ansatz, der sich des sogenannten Zero Velocity Update (ZUPT)-Verfahrens bedient. Dabei wird sich zu Nutze gemacht, dass bei einer Schrittbewegung die Schuhsohle zu einem Zeitpunkt Kontakt mit dem Boden hat. Währenddessen dürften keine Beschleunigungswerte gemessen werden – Abweichungen davon sind das Resultat von Störungen und können so korrigiert werden. Der Nachteil dieser Methode ist, dass ihre Anwendung eine Anbringung der Sensoren an den Schuhen des Nutzers erfordert. Bei anderen Befestigungspunkten wie beispielsweise am Kopf [1] oder an der Hüfte [11] sind daher andere Verfahren notwendig. Dabei wird in vielen Fällen darauf zurückgegriffen, die Messwerte verschiedenartiger Sensor-Typen zu kombinieren, um mit den Vorteilen des einen Typs, Nachteile eines anderen auszugleichen. Da auch handelsübliche Smartphones mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet sind, haben sich verschiedene Arbeiten damit beschäftigt, wie entsprechende Ergebnisse mit diesen Geräten erzielt werden können. Das DRec-System [5] von Dekel und Schiller zeigt eine Implementierung des Dead-Reckoning-Ansatzes auf einem iPhone 3GS. Dabei konnten erste vielversprechende Ergebnisse (Fehlerrate  $\leq 6.3\%$ ) erzielt werden. Das PINwl-System von Löchtefeld et al. [13] zeigt ebenfalls mit einem iPhone 3GS, dass es unter Verwendung der Messwerte von Beschleunigungs- und Magnetfeld-Sensor möglich ist, die Positions- und Richtungsveränderungen eines Nutzers auf einer zugrundeliegenden Karte eines Stockwerks zu visualisieren. Auch das Indoor Pedestrian Navigation System [17] von Serra et al. zeigt, dass sowohl Veränderungen der Nutzer-Position wie auch seiner Orientierung für Strecken bis zu 100 Metern in Innenräumen zuverlässig erkannt werden können.

Neben den angesprochenen Dead-Reckoning-Ansätzen besteht auch die Möglichkeit, die Orientierung eines Smartphones zu nutzen, um damit die Maße eines Raumes bestimmen zu können, ohne ihn abgehen zu müssen. Unserer Kenntnis nach existieren in diesem Bereich keine wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Allerdings gibt es eine App für iOS (iPhone 4/4S, iPod (4. Generation) und iPad 2), die diesen Ansatz umsetzt: MagicPlan<sup>17</sup> erlaubt das Vermessen eines Raumes indem Bilder der Ecken des Raumes (mit oder gegen den Uhrzeigersinn) angefertigt werden. Hierzu werden die Werte des Gyroskops genutzt. Mehrere Videos auf der Herstellerseite zeigen den Funktionsreichtum der App sowie die grundsätzliche Funktionalität. Die zahlreichen Nutzerkommentare zeigen das große Interesse an einer solchen Anwendung. Für das Android-Betriebssystem existiert bislang keine Anwendung, die das direkte Vermessen eines Raumes erlaubt. Allerdings gibt es mehrere Anwendungen (z.B. SmartMeasure<sup>18</sup> oder Camera Arc Calculation<sup>19</sup>), die das Ausmessen einzelner Gegenstände ermöglichen. Somit ist es theoretisch möglich, einzelne Wände zu vermessen. Allerdings muss dabei auf das automatische Zeichnen eines Raumplanes verzichtet werden.

## Ergebnisse einer Vorab-Umfrage zu OSM/OIM

Wie im ersten Abschnitt angesprochen, hängt der Erfolg eines Projektes wie OSM oder auch OIM sehr davon ab, dass sich viele Freiwillige an der Erfassung und Pflege der Daten beteiligen. Daher sollte im Vorfeld untersucht werden, inwieweit ein Interesse für OIM besteht und auf welche Aspekte bei der Umsetzung besonders Wert gelegt werden sollte. Die dazu erstellte Online-Umfrage wurde dabei zunächst über soziale Netzwerke verbreitet, um eine breite Teilnehmerschicht ansprechen zu können. Dabei zeigte sich, dass bislang nur etwa die Hälfte der Teilnehmer das OSM-Projekt kannte. Lediglich 23 % der Teilnehmer hatten bereits eigene Erfahrungen mit OSM gesammelt. Daher wurde die gleiche Umfrage nochmals gezielt über die deutsche OSM-Mailingliste talk-de publiziert. Die Ergebnisse werden im Folgenden betrachtet. Dabei wird zwischen den Internet-Nutzern unterschieden, die die Umfrage bei der ersten Verteilung beantworten haben, und den OSM-Experten, die über die Mailingliste erreicht wurden.

---

17 <http://www.sensopia.com>, abgerufen am 20.02.2012

18 <https://market.android.com/details?id=kr.sira.measure>, abgerufen am 20.02.2012

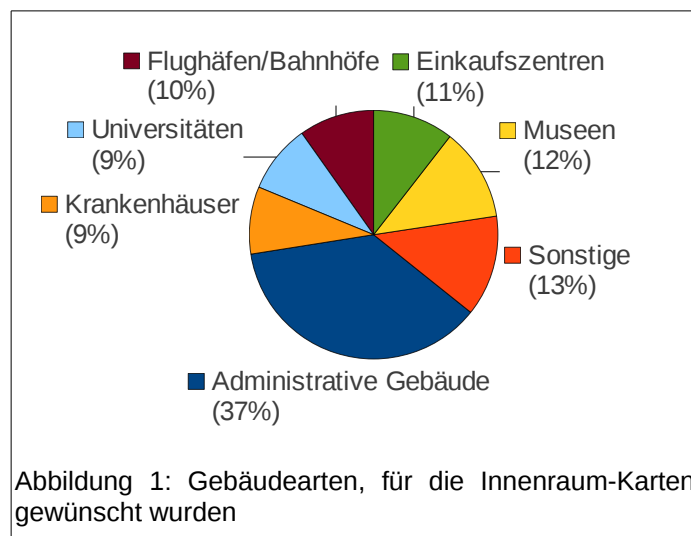
19 <https://market.android.com/details?id=de.javaresearch.android.camCalc>, abgerufen am 20.02.12

## Ergebnisse der Umfrage unter Standard-Nutzern

Über einen Zeitraum von 14 Wochen haben sich insgesamt 765 Teilnehmer an der Umfrage beteiligt, wobei 256 Teilnehmer (33,4 %) die Umfrage vorzeitig abgebrochen haben. Die verbliebenen 509 Teilnehmer (381 männliche, 127 weibliche) wurden zunächst danach befragt, welche der zur Auswahl stehenden Kartenanbieter (Google Maps, Bing Maps, Yahoo Maps, OpenStreetMap) sie kennen. Während 98,4 % angaben, Google Maps zu kennen, kannten nur 53 % auch OpenStreetMap.

Lediglich 27 Teilnehmer äußerten, bereits Daten in OpenStreetMap editiert oder ergänzt zu haben. Im Folgenden wurden diesen Teilnehmern spezifische Fragen bezüglich der OpenIndoorMap-Idee gestellt. Zwei Drittel von ihnen fanden die Idee OpenIndoorMap sinnvoll oder sehr sinnvoll. 18 Teilnehmer gaben an, auch an dem Projekt mitarbeiten zu wollen. Die Mehrheit wäre bereit zur Erfassung von neuen Karten ein mobiles Endgerät (Tablet-PC oder Smartphone) zu nutzen. 19 Teilnehmer, die bislang nichts zum Datenbestand von OpenStreetMap beigetragen haben, äußerten, dass sie lieber an OpenIndoorMap mitarbeiten würden.

Die Befragten haben 18 verschiedene Gebäudearten angegeben, für die es Innenraum-Karten geben sollte (siehe Abbildung 1). Am häufigsten genannt wurden dabei administrative Gebäude wie Rathäuser (210 Nennungen), Museen (69 Nennungen), Einkaufszentren (60 Nennungen), Flughäfen und Bahnhöfe (56 Nennungen) sowie Universitäten (51 Nennungen), dicht gefolgt von Krankenhäusern (50 Nennungen). Insgesamt 28,5 % der Befragten hatten auch bereits mindestens einmal den Wunsch, solche Karten nutzen zu können.



## Ergebnisse der Umfrage unter Experten

Durch die zielgerichtete Verteilung der Umfrage konnten 149 erfolgreich abgeschlossene Teilnahmen (69,6% der begonnenen 214 Teilnahmen) von Mitgliedern aus der OSM-Community verzeichnet werden. Im Gegensatz zu anderen Umfragen im Kontext von OSM (beispielsweise [18]) zeigt sich die stärkste Altersgruppe im Bereich der 20- bis 29-Jährigen. Dieser Effekt könnte durch die hauptsächliche Verbreitung über die Mailingliste hervorgerufen sein. Lediglich 3,4% der Befragten haben bislang noch keine Veränderungen am Datenbestand von OSM durchgeführt.

Mehr als 63% der Teilnehmer fanden dabei die Idee von OpenIndoorMap sinnvoll oder sehr sinnvoll. Eine große Zahl der Befragten (26,1%) gab an, noch unentschieden zu sein wohingegen nur 7,3% äußerten, die Idee weniger sinnvoll oder unnötig zu finden. Knapp 64% der Umfrageteilnehmer erklärten, auch Daten zum Bestand von OpenIndoorMap hinzufügen beziehungsweise vorhandene pflegen zu wollen. Dabei wären sie im Schnitt bereit, 45 Minuten pro Woche an diesem Projekt zu arbeiten. Die 74 Befragten (51%), die sich schon einmal Karten für Innenräume gewünscht hatten, gaben ähnliche Anwendungsbereiche an, wie sie auch schon in Abschnitt 3.1 genannt wurden. Lediglich 40,2% der Teilnehmer (60 Personen) gaben an, ein Smartphone oder ein Tablet zu besitzen. 45% von ihnen würden dabei das Erfassen neuer Innenräume ausschließlich oder zumindest überwiegend mit Hilfe einer PC-Applikation erledigen wollen. Demgegenüber stehen weitere 45%, die sowohl eine PC-Applikation als auch eine mobile Anwendung nutzen würden sowie weitere 10%, die eine Erfassung mit einem mobilen Endgerät vorziehen würden. Hierbei sollte erwähnt werden, dass einige Teilnehmer Bedenken geäußert haben, eine Vor-Ort-Erfassung sei aufgrund mangelnder GPS-Signale nicht möglich. Diese

## **OpenIndoorMap – Erfassung von Innenräumen mittels Smartphone**

Befürchtungen könnten mit ein Grund dafür sein, dass eine mobile Erfassung direkt im Objekt nicht als bevorzugte Lösung angesehen wird.

Aus den Ergebnissen der beiden Umfragen lassen sich einige Schlüsse ziehen. Zum Einen hat sich gezeigt, dass die Idee von OIM bei aktiven OSM-Nutzern grundsätzlich Anklang findet und die Umfrageteilnehmer bereit wären, auch an diesem Projekt mitzuwirken beziehungsweise erstmalig sich an einem solchen Projekt zu beteiligen. Ebenso hat sich gezeigt, dass sich viele Teilnehmer bereits Karten für Innenräume gewünscht haben, gerade in Bereichen wie der öffentlichen Verwaltung, Museen oder Einkaufszentren. Zum Anderen hat sich aber auch gezeigt, dass eine häufiger angesprochene Hürde die Erfassung vor Ort darstellt.

Im Folgenden werden daher zwei Verfahren vorgestellt, mit denen eine Erfassung mittels Smartphone direkt vor Ort erfolgen kann, ohne dass hierbei auf externe Systeme wie GPS zurückgegriffen werden muss und ohne, dass eine vorherige Instrumentierung der zu erfassenden Umgebung erforderlich ist.

## **Erfassungsmethoden für Innenräume mittels Smartphone**

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei verschiedene Verfahren entwickelt, die jeweils in unterschiedlichen Situationen ihre Vorteile ausspielen können. Auf beide Verfahren wird in den folgenden Abschnitten näher eingegangen.

Beim ersten Ansatz übernimmt das Smartphone einerseits die Aufgabe eines Schrittzählers, ermittelt aber andererseits auch die Richtung, in die der Nutzer sich bewegt. Dieser Ansatz erlaubt eher eine Erfassung von freien Räumen wie Fluren oder Hallen, da es erforderlich ist, die Außenwände des zu erfassenden Raumes abzugehen. Gleichzeitig bietet der Ansatz auch die Möglichkeit, Details wie die Anzahl der Treppenstufen einer Treppe leicht zu erfassen. Der zweite, kameragestützte, Ansatz ist eher für kleinere Räume geeignet, da er dort sehr präzise Ergebnisse liefern kann. Er eignet sich beispielsweise gut für Büroräume, in denen ein Abgehen der Außenwände aufgrund von Möbeln oftmals gar nicht möglich ist und somit eine Anwendung des ersten Ansatzes ausscheidet.

## **Innenraumerfassung mit Schrittzähleransatz**

Bei initial durchgeführten Tests mit einem Smartphone und drei Testpersonen hat sich gezeigt, dass sich insbesondere die Werte des Beschleunigungssensors auf der Z-Achse des Smartphones eignen, um einzelne Schritte identifizieren zu können. Wie in Abschnitt 2 angesprochen ist die korrekte Bestimmung der Schrittlänge ein mit entscheidender Faktor für die Qualität des Gesamtergebnisses. Da für den hier betrachteten Fall einige Annahmen getroffen werden können, wird zunächst von einer konstanten Schrittlänge ausgegangen. Zu diesen Annahmen zählt insbesondere die Tatsache, dass die Erfasser die Aufgabe gezielt durchführen, also auch bewusst auf eine entsprechend gleichmäßige Schrittgeschwindigkeit und -länge achten können. Faktoren wie unterschiedliche Laufgeschwindigkeiten oder Gangarten (zum Beispiel schleichen oder geduckt gehen) sind daher nicht zu berücksichtigen. Eine anschließende Evaluation wird zeigen müssen, inwieweit diese Annahmen zutreffend sind und ob die daraus geschlossene Betrachtung einer konstanten Schrittlänge haltbar ist. Zur Bestimmung der zurückgelegten Wegstrecke ist unter dieser Annahme also lediglich die vorherige Kalibrierung des Endgerätes auf die Schrittlänge des Erfassers erforderlich.

Zur Bestimmung der Orientierung stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung. Zunächst können die Werte des Magnetfeld-Sensors betrachtet werden, der jeweils eine absolute Orientierung des Gerätes angibt. Die Differenz zweier aufeinander folgender Messungen beschreibt dabei dann die Drehung, die der Nutzer zurückgelegt hat. Bei ersten Versuchen hat sich allerdings gezeigt, dass die Messungen, zumindest in Innenräumen, unzuverlässig sind. Oftmals kommt es bereits bei ruhendem Smartphone zu Abweichungen von bis zu 10° durch Störungen in der Umgebung, beispielsweise durch elektrische Geräte. Daher wurde für Geräte, die über ein Gyroskop verfügen, darüber hinaus eine Erkennung implementiert, die die Orientierung des Nutzers mittels dieser beiden Sensor-Typen

## OpenIndoorMap – Erfassung von Innenräumen mittels Smartphone

bestimmt. Da das Gyroskop die Drehgeschwindigkeit misst, ist es erforderlich, die gemessenen Werte zu integrieren, um den zurückgelegten Winkel zu ermitteln. Dies ist problematisch, da Störungen in den Messungen durch das fortwährende Integrieren zu einem unbegrenzt wachsenden Fehleranteil führen. Daher ist es nicht möglich, über einen längeren Zeitraum alleine auf die Messungen des Gyroskops zu vertrauen. Stattdessen müssen auch die Messwerte des Magnetfeld-Sensors einbezogen werden, um eine über längere Zeit stabile Orientierungsbestimmung zu gewährleisten. Für diese sogenannte Sensor-Fusion gibt es verschiedene Verfahren: beispielsweise wird in [11] ein Kalman-Filter eingesetzt. Da dessen Anwendung allerdings mit rechnerischem Aufwand einhergeht und somit für ein mobiles Endgerät problematisch sein könnte, wird zunächst ein einfacherer, komplementärer Filter eingesetzt. Bei dessen Anwendung werden die integrierten Messwerte des Gyroskops zu einem großen Anteil einbezogen, um schnell auf Änderungen reagieren zu können. Die geringere Einbeziehung der Magnetfeld-Messungen garantiert langfristig stabile Messungen, ohne dass kurzfristige Störungen im lokalen Magnetfeld zu verfälschten Ergebnissen führen. Auch in diesem Fall wird die Evaluation zeigen müssen, ob die Verwendung eines solchen, einfach gehaltenen Filters, in der praktischen Anwendung hinreichend gute Ergebnisse liefern kann.

## Kameragestützte Innenraumerfassung

Der in Abschnitt 4.1 vorgestellte Ansatz ist nicht mehr anwendbar, wenn ein Raum beispielsweise durch Schränke oder Tische so zugestellt ist, dass seine Außenwände nicht mehr abgegangen werden können. Daher wurde ein zweiter Ansatz entwickelt, der auch in diesen Situationen eine zuverlässige Bestimmung der Raumdimensionen ermöglicht. Hierbei wird das Smartphone mit Hilfe eines Zielkreuzes im Kamerabild vom Erfasser so ausgerichtet, dass mittels trigonometrischer Berechnungen die Maße von Wänden oder Türen bestimmt werden können. Hierzu ist es lediglich erforderlich, im Vorfeld der Messungen die Anwendung einmalig auf den Nutzer zu kalibrieren, indem die Höhe eingegeben wird, in der der Erfasser das Gerät hält. Mit Hilfe dieser Information sowie den Winkeln, in denen das Smartphone gehalten beziehungsweise gedreht wird, können dann die Größen der Wände und Türen bestimmt werden. Dabei muss der Nutzer nur die Ecken des Raumes bzw. der Türen wahlweise im oder gegen den Uhrzeigersinn anvisieren und eine Messung ausführen. Dabei bietet die Applikation zusätzlich die Möglichkeit, den Messmodus so umzuschalten, dass die Ecken nicht auf Bodenniveau vermessen werden müssen, sondern dies auch in Deckenhöhe geschehen kann. So können auch Ecken vermessen werden, in denen sich beispielsweise Schränke befinden, was ein Anvisieren der tatsächlichen Raumecke erschwert. Zusätzlich bietet dieses Verfahren dementsprechend auch die Möglichkeit, die Raumhöhe zu bestimmen. Auch bei diesem Ansatz ist es von großer Bedeutung, die Ausrichtung des Smartphones exakt bestimmen zu können. Daher wird hier ebenfalls, wenn verfügbar, auf die Messwerte des Gyroskops zurückgegriffen, um so ungenaue Messungen durch Störungen im lokalen Magnetfeld auszuschließen.

Erste Tests bei der Vermessung dreier Innenräume (Fläche ca. 12-30m<sup>2</sup>) haben vielversprechende Ergebnisse geliefert, aber auch hier wird eine größer angelegte Evaluation mit mehreren Testpersonen zeigen müssen, ob der Ansatz unter verschiedenen Bedingungen zuverlässige Ergebnisse erzielen kann.

## Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit diskutiert die Möglichkeiten digitaler Karten für Innenräume und deren Erfassung mittels eines Smartphone-gestützten Ansatzes. Die durchgeführte Online-Umfrage hat gezeigt, dass die Erfassung von Innenräumen als problematisch eingestuft wird, da klassische Hilfsmittel wie GPS oder Satellitenbilder nicht zur Verfügung stehen. Um die Idee des Crowdsourcings, welche bei OSM gut funktioniert, auch auf OIM anwenden zu können, müssen daher andere Erfassungsmethoden gefunden werden, die ohne großen Aufwand und Kosten für eine Vielzahl von Nutzern anwendbar sind. Die beiden vorgestellten Methoden erfüllen diese Anforderungen und haben in ersten Tests vielversprechende Ergebnisse geliefert. Trotzdem wird erst eine systematische Evaluation zeigen können, wie

## OpenIndoorMap – Erfassung von Innenräumen mittels Smartphone

zuverlässig die Ansätze in der Praxis funktionieren. Insbesondere Faktoren wie Störungen durch Metall in der Umgebung oder unterschiedliche Schrittverhalten können die Ergebnisse negativ beeinflussen. Wie bereits angesprochen muss auch untersucht werden, ob der verwendete Algorithmus zur Sensor-Fusion ausreichend gute Ergebnisse liefert oder ob eventuell andere Verfahren bessere Ergebnisse liefern können und trotzdem noch für die Verwendung auf einem Smartphone geeignet sind.

Kontakt zu den Autoren:

Frederic Kerber, Florian Daiber, Antonio Krüger  
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH  
Stuhlsatzenhausweg 3  
D-66123 Saarbrücken

Email: {Frederic.Kerber, Florian.Daiber, krueger}@dfki.de

## Literatur

- [1] *Beauregard, S.*: A Helmet-Mounted Pedestrian Dead Reckoning System. In: Proceedings of the 3rd International Forum on Applied Wearable Computing (IFAWC), 2006, S. 1–11
- [2] *Butz, A.; Baus, J. und Krüger, A.*: Augmenting Buildings with Infrared Information. In: Information Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality ISAR 2000, S. 93–96
- [3] *Cho, S. Y. und Park, C. G.*: MEMS Based Pedestrian Navigation System. The Journal of Navigation 59, 01, 2006, S. 135–163
- [4] *Ciepluch, B.; Jacob, R.; Mooney, P. und Winstanley, A.*: Comparison of the accuracy of OpenStreetMap for Ireland with Google Maps and Bing Maps. In: Proceedings of the Ninth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences 2010, S. 337–340
- [5] *Dekel, A. und Schiller, E.*: DRec: exploring indoor navigation with an un-augmented smart phone. In: Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, MobileHCI, 2010, S. 393–394
- [6] *Götz, M. und Zipf, A.*: Extending OpenStreetMap to Indoor Environments: Bringing Volunteered Geographic Information to the Next Level. In: Urban and Regional Data Management: Udms Annual 2011, S. 47–58
- [7] *Golden, S. A. und Bateman, S. S.*: Sensor Measurements for Wi-Fi Location with Emphasis on Time-of-Arrival Ranging. Mobile Computing, IEEE Transactions on 6, 10, 2007, S. 1185–1198
- [8] *Goodchild, M. F.*: Citizens as sensors: the world of volunteered geography. In: GeoJournal, 2007, S. 211–221
- [9] *Käppi, J.; Saarinen, J. und Syrjirinne, J.*: Mems-IMU Based Pedestrian Navigator for Handheld devices. In: Proceedings of the 14th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS), 2001, S. 1369–1373
- [10] *Ladetto, Q.*: On foot navigation: continuous step calibration using both complementary recursive prediction and adaptive Kalman filtering. In: Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS), 2000, S. 1735–1740

## OpenIndoorMap – Erfassung von Innenräumen mittels Smartphone

- [11] *Ladetto, Q. und Merminod, B.*: In Step with INS – Navigation for the Blind, Tracking Emergency Crews. *GPS World*, 10, 2002, S. 30–38
- [12] *Lee, S. W. und Mase, K.*: Recognition of walking behaviors for pedestrian navigation. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Control Applications, 2001, S. 1152–1155
- [13] *Löchtefeld, M.; Gehring, S.; Schöning, J. und Krüger, A.*: PINwl: pedestrian indoor navigation without infrastructure. In: Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries, NordiCHI, 2010, S. 731–734.
- [14] *Ojeda, L. und Borenstein, J.*: Non-GPS Navigation for Emergency Responders. In: International Joint Topical Meeting: "Sharing Solutions for Emergencies and Hazardous Environments", 2006
- [15] *Ojeda, L. und Borenstein, J.*: Non-GPS navigation with the personal dead-reckoning system. In: Unmanned Systems Technology IX, Vol. 6561 of Proceedings of Spie, 2007
- [16] *Randell, C.; Djallis, C. und Muller, H. L.*: Personal Position Measurement Using Dead Reckoning. In: Proceedings of the Seventh International Symposium on Wearable Computers, 2003, S. 166–173
- [17] *Serra, A.; Carboni, D. und Marotto, V.*: Indoor pedestrian navigation system using a modern smartphone. In: Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, MobileHCI, 2010, S. 397–398
- [18] *Stark, H.-J.*: Umfrage zur Motivation von Freiwilligen im Engagement in Open Geo-Data Projekten, In: FOSSGIS Tagungsband, 2010, S. 173–177
- [19] SWAT team blames Gehry architecture for delay in trapping Cleveland shooter. online, [http://greg.org/archive/2003/05/10/swat\\_team\\_blames\\_gehry\\_architecture\\_for\\_delay\\_in\\_trapping\\_cleveland\\_shooter.html](http://greg.org/archive/2003/05/10/swat_team_blames_gehry_architecture_for_delay_in_trapping_cleveland_shooter.html), 2003, zuletzt abgerufen: 20.02.2012