

3D-Vermessung mit Smartphone Apps

Dank den immer leistungsfähigeren mobilen Endgeräten, wie Smartphones oder Tablets, wird es möglich, mit deren internen Sensoren in Echtzeit 3D-Vermessungen durchzuführen. Es existieren bereits für verschiedene alltägliche Anwendungen 3D-Vermessungsapps, welche auf AR-Frameworks als Basistechnologie aufbauen. Für diverse Anwender steht hiermit eine weitere Messmethode zur Verfügung, wofür lediglich ein mobiles Device benötigt wird. Im Rahmen einer Zertifikatsarbeit im CAS 3D Geo an der Fachhochschule Nordwestschweiz wurden einige Apps auf ihre Verwendbarkeit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit untersucht. Die Resultate zeigen eine starke Abhängigkeit des Verfahrens von diversen umweltbedingten Einflüssen. Dies betrifft insbesondere die Lichtverhältnisse und die strukturelle Umgebungsbeschaffenheit, da die AR-Frameworks auf optischen Messverfahren aufbauen. Bei gegebenen Verhältnissen stellt die Verwendung eines 3D-Vermessungsapps, insbesondere für die Messung kurzer Distanzen, eine interessante Alternative zum Messband oder Doppelmeter dar.

Grâce aux terminaux mobiles toujours plus performants tels que smartphones ou tablettes il devient possible avec leurs capteurs internes de procéder à des mensurations 3D en temps réel. Pour diverses tâches journalières il existe déjà des applications pour des mensurations 3D basées sur la technologie du framework AR. Pour divers utilisateurs une méthode de mensuration supplémentaire est ainsi à disposition pour laquelle on a uniquement besoin d'un dispositif mobile. Dans le cadre d'un travail de certificat du CAS 3D Geo à la HES du nord-ouest de la Suisse quelques applications ont été examinées quant à leur utilisation pratique, leur précision et fiabilité. Les résultats montrent une forte dépendance du procédé en fonction d'influences environnementales. Ceci concerne notamment les conditions de luminosité et la qualité structurelle environnante parce que les frameworks se basent sur des méthodes de mesures optiques. Dans des conditions données l'utilisation d'une application de mensuration 3D constitue une alternative intéressante par rapport au double-mètre ou à la chevillère notamment pour la mesure de courtes distances.

Grazie alle apparecchiature terminali mobili sempre più potenti – come smartphones o tablet – è possibile effettuare, con i loro sensori interni, misurazioni 3D in tempo reale. Per le applicazioni quotidiane esistono già delle app 3D di misurazione strutturate sulla tecnologia di base ARFrameworks. Per le svariate tipologie di utenti si dispone quindi di un ulteriore metodo di misurazione che presuppone solo di disporre di un apparecchio mobile. Nell'ambito di un lavoro di diploma di CAS 3D Geo presso la Scuola universitaria professionale della Svizzera nordoccidentale (FHNW) sono state testate diverse app a livello di utilizzabilità, precisione e affidabilità. I risultati evidenziano una forte dipendenza del processo da vari fattori ambientali. Questo riguarda in particolare la luminosità e le caratteristiche strutturali dell'ambiente circostante poiché gli AR-Frameworks sono improntati su processi ottici di misurazione. In circostanze particolari, specialmente per misurare piccole distanze, l'utilizzo di una app di misurazione 3D rappresenta un'alternativa interessante.

P. Lenherr, S. Blaser

1. Einleitung und Problemstellung

Die Entwicklung von immer leistungsfähigeren Smartphones mit entsprechenden integrierten Sensoren, wie Kamera, IMU, Kompass, Barometer etc., ermöglicht es Vermessungsexperten sowie auch fachfremden Personen, Innen- und Aussenräume dreidimensional zu vermessen. Es existieren bereits Applikationen, die aus den erfassten Daten direkt Grundrisspläne ableiten können, die sich anschliessend auf einfache Art und Weise weiterverwenden lassen. AR-Frameworks als Basistechnologie bezwecken das «räumliche Verständnis» der Vermessungsapplikationen. Mittels Sensordatenfusion erfolgt eine relative Positionierung zur realen, physischen Umwelt, wobei sowohl die Lage, als auch die Bewegung und die Geschwindigkeit im Raum erfasst und aufgezeichnet werden. Zeitgleich wird die Umgebung kartiert. Dank der in Echtzeit bekannten Lage und Ausrichtung ist das Smartphone nun fähig, die durch die Kamera erfassten Bilder mit virtuell generierten Objekten zu überlagern und eine Verknüpfung zu Punkten in der realen, physischen Welt zu generieren. (Caminiani, et al., 2011)

Im Rahmen der durchgeführten Arbeit wurden nun mehrere Applikationen auf den mobilen Betriebssystemen Android und iOS untersucht. Anhand von verschiedenen Versuchsaufbauten wurden unter anderem die Leistungsfähigkeit, Einsatzmöglichkeit und auch die Grenzen der frei verfügbaren Technologie aufgezeigt. Weiter wurde auch der Einfluss der Hardware untersucht, indem die Apps der gleichen Anbieter auf verschiedenen Geräten getestet wurden.

2. Grundlagen der Augmented Reality (AR)

Wie in der Einleitung erwähnt, benötigt ein AR System einige Komponenten. Hardwareseitig sind insbesondere die Kamera und die Inertialmesseinheit (IMU) von grosser Bedeutung. Die IMU ist ein

Verbund von verschiedenen Sensoren, welcher auf dem Prinzip der Koppelnavigation beruht. Dabei werden aufgrund der Massenträgheit fortlaufend die Bewegungsrichtung, die Geschwindigkeit und die seit der letzten Positionsbestimmung vergangene Zeit bestimmt, um daraus über eine Strapdown-Rechnung die absolut genäherte aktuelle Position zu erhalten (Wendel, 2011).

In einer IMU sind meist Gyroskope (Kreiselsystem für die Winkelbestimmung) und Beschleunigungssensoren (Messung der Beschleunigung jeweils entlang der Achsen) verbaut. Durch den technischen Fortschritt können diese beiden Komponenten mit Mikrosystemtechnik (MEMS) günstig und platzsparend erstellt und verbaut werden (Möllmann, 2014).

Applikationsseitig werden so genannte AR-Frameworks genutzt. Das Software-Framework, oft als Software Development Kit (SDK) bezeichnet, ist ein Programmiergerüst, worin die Basisfunktionalität enthalten ist und für die Entwicklung von Applikationen zur Verfügung gestellt wird. Im Framework sind Schnittstellen, Methoden, Klassen und Kontrollflüsse zwischen verschiedenen Software- und/oder Hardwarekomponenten und oft eine Application Programming Interface (API) definiert. Dieser vordefinierte Rahmen erleichtert Softwareentwicklern die Arbeit und gibt ein Entwurfsmuster für die Entwicklung einer Applikation vor (Wikipedia, Framework, 2018).

Die drei am häufigsten verwendeten AR Frameworks sind ARKit von Apple, ARCore von Google und ARToolKit, welches als Open-Source Projekt frei zur Verfügung steht und mit den gängigsten Betriebssystemen kompatibel ist. Thinkmobiles (2019) liefert eine gute Übersicht über die aktuellen AR Frameworks.

3. Verwendete Applikationen und Smartphone Typen

3.1 Smartphone

Um eine mehr oder weniger allgemein fundierte Aussage über die Genauigkeit

Applikation	Beschreibung	Betriebssystem
Massband	Massband ist standardmässig auf allen Apple-Geräten mit dem Betriebssystem iOS 12 oder höher vorhanden. Mit der Applikation können Distanzen und Flächen gemessen werden. Zusätzlich bietet die App noch eine Wasserwaage.	iOS
Measure	Die App Google Measure ist seit Juni 2018 für alle ARCore-fähigen Smartphones verfügbar. Es können Distanzen in der Ebene oder in der Vertikale gemessen werden. Die Applikation gibt als einzige Applikation eine zu erwartende Genauigkeit für die Messungen an. Auch ist die angezeigte Stellenzahl abhängig von der Messdistanz.	Android
ARuler	Die Applikation ARuler von GRIMALA Ltd. ermöglicht das Messen von Punkten, Linien, Winkeln, Höhen und Flächen mit 3 bis n Ecken. Eine Höhenmessung erfolgt immer senkrecht zur erkannten Fläche.	iOS, Android
CamToPlan	Die Applikation CamToPlan von Tasmanic Editions hat das Ziel, Grundrisse zu erfassen. Sie zeichnet aus den zusammengesetzten Distanzmessungen automatisch Grundrisse.	iOS, Android
Magicplan	Die Applikation Magicplan von Sensopia Inc. hat wie CamToPlan die Vermessung von Grundrissen zum Ziel. Mit Hilfe von AR ermöglicht die Applikation unter anderem ein Aufnehmen von Zimmerecken, die über ein manuelles Absetzen von Punkten erfasst werden. Die Distanzen zwischen den abgesetzten Punkten werden gemessen und im Grundrissplan angezeigt.	iOS, Android

Tab. 1: Getestete Applikationen.

und Zuverlässigkeit der aktuellen Applikationen und Systeme machen zu können, wurde darauf geachtet, dass sowohl ein Smartphone mit dem iOS-Betriebssystem (iPhone 7), als auch ein Smartphone mit dem Android-Betriebssystem (Samsung Galaxy S8+) verwendet wird. Zusätzlich wurde für einige Tests noch ein zweites Smartphone (Samsung Galaxy Note 9) mit der gleichen Android-Betriebssystemversion und vom gleichen Hersteller verwendet, um einen allfälligen Unterschied der Generationen feststellen zu können. Gleichzeitig kann durch die beiden Generationen der Smartphones, welche das gleiche Betriebssystem haben, aufgezeigt werden, wie gross die Abhängigkeit des Resultats von den Sensoren ist.

3.2 Applikationen

In Tabelle 1 sind die getesteten Applikationen sichtbar. Es wurde darauf geschaut, dass bei jedem Smartphone die nativen Applikationen getestet werden (Massband bei iOS und Measure bei Android). Also jene, die vom Betriebssystemhersteller zur Verfügung gestellt werden. Weiter wurden mit ARuler, Magicplan

und CamToPlan zwei Applikationen verwendet, welche auf beiden Systemen laufen. Es wurden keine kostenpflichtigen Applikationen verwendet. Die gewählten Apps bilden nur eine Auswahl aus einer grossen Menge an AR Applikationen. Allen Applikationen gemein ist der Grundablauf für das Durchführen einer Messung. Zuerst muss das Smartphone mit der Kamera auf den zu vermessenden Bereich gerichtet und anschliessend durch den Raum bewegt werden, sodass die App die Umgebung analysieren kann. Als Resultat dieser Initialisierung wird anschliessend eine Fläche vorgeschlagen, auf welcher die Messung durchgeführt werden soll. Nach der Bestätigung der Ebene müssen der Start- und Endpunkt der Strecke angezielt werden. Als Beispiel ist eine Messung mit Measure in der Abbildung 1 ersichtlich.

4. Test

4.1 Referenzwerte und Testdurchführung

Um eine klare Aussage über die Genauigkeit machen zu können, müssen Referenz-

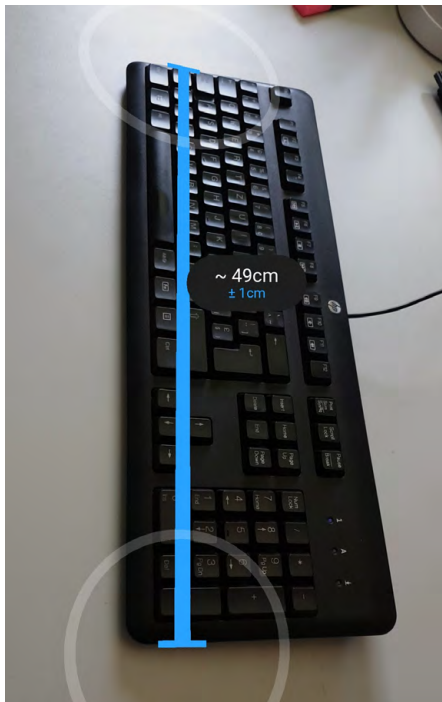


Abb. 1: Messen mit der App Measure von Google.

werte zur Verfügung stehen. Diese Referenzwerte werden unabhängig mit einem Messband gemessen. Da die Messstrecken kurz sind, erreichen wir für diesen Test mit dem Massband eine genügend hohe Genauigkeit. Die Genauigkeit variiert aus eigener Erfahrung je nach Ausdehnung des Gebietes zwischen 0.1 cm und 0.5 cm, wenn das Band abgestützt ist. Um die Standardabweichung der Applika-

tionen und Plattformen berechnen zu können, wurde jede Streckenmessung fünf Mal wiederholt. Es wurden für jeden Test die Messungen mit jedem Smartphone gemacht, bevor zum nächsten Test übergegangen wurde. So sollten möglichst ähnliche Bedingungen gewährleistet sein.

4.2 Testaufbau und Ziele

In der Tabelle 2 sind die wichtigsten Tests aufgeführt, welche durchgeführt wurden.

4.3 Resultate

Mit der ersten Untersuchung wurde nachgewiesen, dass sich die Messgenauigkeit mit zunehmender Distanz verschlechtert. Sowohl die Hardware wie auch die Applikation beeinflussen die Präzision (Abb. 2) und die Messgenauigkeit (Abb. 3). Insbesondere sticht bei allen drei mit dem iPhone getesteten Apps die geringere Messgenauigkeit ins Auge. Jedoch trat keine Applikation hervor, welche, über sämtliche Distanzen hinweg, der jeweils anderen überlegen war. Die Beträge der Differenzen der Mittelwerte zu den Referenzmessungen (Abb. 3) sind teilweise signifikant höher als die zugehörigen empirischen Standardabweichungen (Abb. 2). Dies deutet auf systematische Messabweichungen hin, welche man allenfalls kalibrieren könnte.

Die zweite Untersuchung konnte nur noch mit den in Abbildung 4 aufgeführ-

ten Geräten und Applikationen durchgeführt werden. Mit dem iPhone waren nur Messungen im Abstand unter 5 m zum Objekt möglich. Bei Messungen mit grossem Objektabstand sind die jeweiligen Zielpunkte auf dem Smartphone-Bildschirm so gering aufgelöst, dass dadurch die Messgenauigkeit stark beeinflusst wird.

Bei der dritten Untersuchung, der Messung von 60 cm langen Distanzen mit unterschiedlichem Winkel zur Ebene, konnten keine signifikanten Einflüsse des Winkels zur Ebene auf die Distanz festgestellt werden.

Eine wichtige Erkenntnis der vierten Untersuchung ist, dass keine App in der Lage ist, eine Glasfläche zu detektieren. Somit sind auch keine Messungen möglich.

Im Rahmen diverser Untersuchungen zeigte sich, dass eintönige Flächen oder Flächen mit sich wiederholenden Mustern die robuste Ebenendetektion erschweren oder gar verunmöglichen.

Die in Test 5 simulierte Störung mit einer Person, welche sich kurzzeitig durch den Messbereich bewegte, brachte unterschiedliche Resultate. Während beim iPhone 7 die Ebene sofort verloren ging, konnte beim Samsung Galaxy S8+ keine Störung oder Messungenauigkeit festgestellt werden.

Die abschliessende sechste Untersuchung bestand aus der Erstellung eines Grund-

Nr.	Testziel/Fragestellung	Testaufbau
1	Besteht bei der Genauigkeit eine Abhängigkeit von der zu messenden Distanz?	<ul style="list-style-type: none"> Messstrecke mit identischem Startpunkt und abgesteckten Endpunkten bei 5 m, 10 m und 15 m. Initialisierung der Ebene findet immer auf demselben Startpunkt statt. Für die Messung wird das Smartphone vom Start- zum Endpunkt bewegt.
2	Wie weit und mit welcher Genauigkeit kann gemessen werden, wenn das Smartphone den Endpunkt nur aus der Distanz anzielt.	<ul style="list-style-type: none"> Messstrecke mit identischem Startpunkt und abgesteckten Endpunkten bei je 5 m, 10 m und 15 m. Initialisierung der Ebene findet immer auf dem Startpunkt statt. Für die Messung bleibt das Smartphone auf dem Startpunkt und zielt den Endpunkt aus der Ferne an.
3	Besteht eine Abhängigkeit vom Winkel zur zu messenden Strecke?	<ul style="list-style-type: none"> Gleichlange parallele Teststrecken (60 cm) übereinander an einer Wand angeordnet, wobei das Smartphone an Ort und Stelle bleibt.
4	Kann eine Messung auf durchsichtigen oder kontrastarmen Flächen durchgeführt werden?	<ul style="list-style-type: none"> Glasscheibe mit zwei Messmarken als Start- und Endpunkte Kontrastarme Fläche mit zwei Messmarken als Start- und Endpunkte
5	Welche Einflüsse treten auf, wenn während der Messung Personen durch das Bild gehen?	<ul style="list-style-type: none"> Definierte Messstrecke, bei welcher eine Person ununterbrochen durchs Bild und über die Messpunkte läuft.
6	Mit welcher Genauigkeit kann Magicplan einen Grundrissplan erstellen?	<ul style="list-style-type: none"> Messung eines bekannten Raumes

Tab. 2: Testziele und Aufbau.

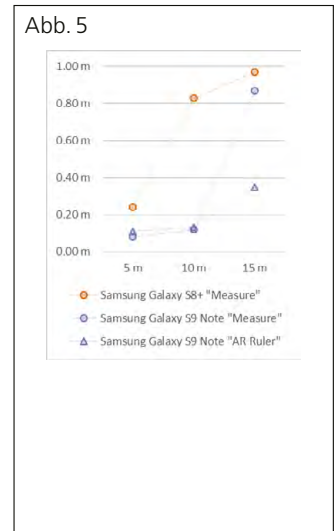
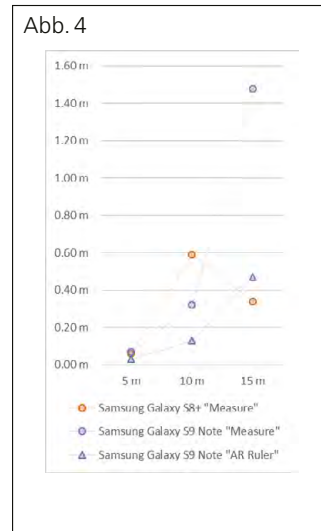
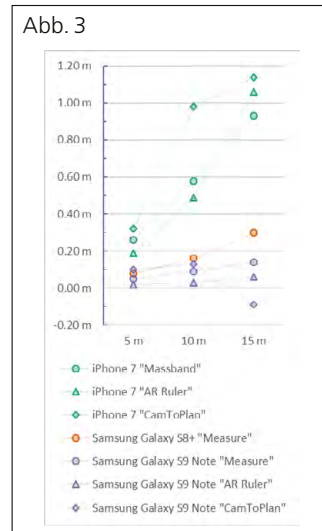
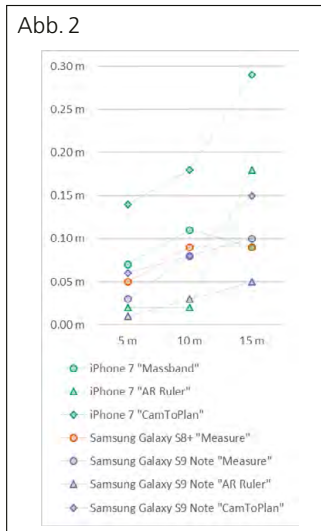


Abb. 2: Standardabweichungen aus je fünf Messungen pro Gerät und Applikation von Test 1 «Distanzabhängigkeit». **Abb. 3:** Differenzen der Mittelwerte aus je fünf Messungen zur Referenz pro Gerät und Applikation von Test 1 «Distanzabhängigkeit». **Abb. 4:** Standardabweichungen aus je drei Messungen pro Gerät und Applikation von Test 2 «entfernter Zielpunkt». **Abb. 5:** Differenz der Mittelwerte aus je drei Messungen zur Referenz pro Gerät und Applikation von Test 2 «entfernter Zielpunkt».

risses mit der Magicplan-App und dessen Vergleich mit den Referenzmassen. Das Testfeld bestand aus einem Raum mit sechs Wänden, welche rechtwinklig zueinander stehen. Die einzelnen Seiten wichen zwischen 20 und 50 cm vom Referenzgrundriss ab. Es wird vermutet, dass die applikationsinterne Ausgleiche jeweils eine Skalierung des Grundrisses bewirkt haben könnte, welche durch eine einzelne fehlerhafte Distanzmessung verursacht wurde.

5. Fazit

Um die Möglichkeiten und Grenzen von verfügbaren 3D-Vermessungsapplikationen für Smartphones aufzuzeigen, wurden sechs unterschiedliche Versuche durchgeführt. Mit sämtlichen getesteten Smartphones und Vermessungsapplikationen wurden bei der Messung von kurzen Distanzen Zentimetergenauigkeiten erreicht. Des Weiteren wurde nachgewiesen, dass sich die Genauigkeit mit zunehmender Distanz verschlechtert. Bei Distanzen ab 5 m Länge lagen die Genauigkeiten im (Sub-) Dezimeterbereich und darüber. Kommen zusätzlich erschwerende Bedingungen, wie z.B. fehlender Kontrast der

Ebenen, nicht optimale Lichtverhältnisse oder sich bewegende Hindernisse hinzu, so werden Messungen verfälscht oder gar verunmöglicht. Aufgrund dessen empfiehlt es sich, Messungen jeweils mehrfach durchzuführen und auf ihre Plausibilität zu überprüfen. Als abschliessendes Fazit kann gesagt werden, dass 3D-Vermessungsapps für vereinzelte lokale Messungen eine interessante Alternative zu anderen Messmethoden darstellen, sich aber für den flächenhaften und grossräumigen Einsatz, wie beispielsweise die Aufnahme von Gebäudegrundrissen, noch nicht eignen.

Literaturverzeichnis:

- Caminiani, J., Furth, B., Anisetti, M., Ceravol, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. Möllmann, S. (2014). Integration einer Inertial Measurement Unit in die autonome Fahrzeugplattform CampusBot. Hamburg: Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. Wendel, J. (2011). Integrierte Navigationssysteme: Sensordatenfusion, GPS, Inertiale Navigation. München: De Gruyter Oldenbourg. Thinkmobiles (2019). Best AR SDK for development for iOS and Android in 2019. <https://thinkmobiles.com/blog/best-ar-sdk-review/> (Abgerufen am 19.08.2019).

Wikipedia. (2018). Framework. <https://de.wikipedia.org/wiki/Framework> (Abgerufen am 15.12.2018).

Dieser Artikel entstand im Rahmen des Zertifikatslehrgangs 3D-Geoinformation (CAS 3D GEO) der Fachhochschule Nordwestschweiz. Der nächste interessante CAS (GeoBIM) startet Anfang Februar 2020 und fokussiert auf das Zusammenspiel und die Schnittstellen zwischen BIM und Geoinformation. <https://www.fhnw.ch/de/weiterbildung/architektur-bau-geomatik/geomatik/cas-geo-bim>

Patrick Lenherr
Amt für Geoinformation Kanton
Basel-Landschaft
Mühlemattstrasse 36
CH-4410 Liestal
patrick.lenherr@bl.ch

Stefan Blaser
Institut Geomatik
Hochschule für Architektur
Bau und Geomatik, Fachhochschule
Nordwestschweiz
Hofackerstrasse 30
CH-4132 Muttenz
stefan.blaser@fhnw.ch