

Teilautomatisierte Zusammenführung heterogener digitaler Daten aus multiplen Quellen im Rahmen der Tatortdokumentation

Christian Eller¹, Robert Irmeler², Timo Bittner¹ und Steffen Franz²

¹Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen · TU Darmstadt ·
Franziska-Braun-Straße 7 · 64287 Darmstadt ·

E-Mail: insitu@iib.tu-darmstadt.de

²Kriminaltechnisches Institut · Bundeskriminalamt · Äppelallee 45 · 65203 Wiesbaden ·
E-Mail: kt24-insitu@bka.bund.de

Im Zuge des Forschungsvorhabens INSITU wird die Optimierung der Strafverfolgung anhand der Unterstützung bzw. Ergänzung bestehender Prozesse mittels digitaler Methoden untersucht. In Zusammenarbeit mit der Polizei gilt es dabei, Tatorte sowie die zugehörigen Dokumentationsergebnisse anhand von mobilen Endgeräten ganzheitlich zu erfassen und in ein verknüpftes, räumlich-semantisches Tatortmodell zu überführen. Der vorliegende Beitrag betrachtet daher Möglichkeiten für die vollständige digitale Erfassung und Verarbeitung aller Informationen eines Tatorts. Hierfür wird unter anderem die Eignung der von Google entwickelten ARCore-Plattform untersucht, um per Mobilcomputer vor Ort Bereiche und Spuren zu erfassen und räumlich zu referenzieren. Ziel ist es, unter Einbeziehung einer solchen Technologie verschiedenste digitale Daten aus unterschiedlichen Quellen in einem ganzheitlichen und vollumfassenden Tatortmodell (teil-)automatisiert zusammenzuführen.

Keywords: Tatortdokumentation, Datenverarbeitung, Augmented Reality, Prozessoptimierung

1 Einleitung

Nach einem Anschlag, Einbruch oder anderweitigen Verbrechen wird im Rahmen der polizeilichen Tätigkeiten der Tatort erfasst und dokumentiert. Die Anforderungen an diese Arbeit sind hoch, es gilt generelle Belange der Strafverfolgung, einen möglichst zeitnahen Abschluss ohne Qualitäts- und Informationsverlust sowie individuelle Aspekte einer jeden Auffindesituation zu beachten. Während digitale Technologien bereits für bestimmte Arbeitsschritte eingesetzt werden, sind die derzeitigen Systeme meist auf die Bedürfnisse einzelner Akteure oder bestimmter Anwender spezialisiert und damit nicht universell für die allgemeine Tatortbefundaufnahme nutzbar. Hier setzt das Forschungsvorhaben INSITU an: In Zusammenarbeit mit der Polizei wird erforscht, wie Vorgänge bei der Tatortdokumentation sowie die zugehörigen Ergebnisse anhand von mobilen Endgeräten ganzheitlich erfasst und in ein vernetztes, räumlich-semantisches Tatortmodell überführt werden können. Hierbei gilt es, an bestehende Prozesse anzuknüpfen, um die Strafverfolgung zu optimieren und um zusätzliche Möglichkeiten zu erweitern. So sollen für bislang analog zu erhebende Daten bzw. Vorgänge, bspw. mit Stift und Papier händisch angefertigte Skizzen zur räumlichen Dokumentation vor Ort, Alternativen geschaffen werden. Dies geschieht mit mobilen Endgeräten

wie Smartphones und Tablets. Die auf diese Weise erfassten Daten sollen anschließend (teil-)automatisiert aufgearbeitet und mit anderen Informationen zusammengeführt werden. Als Resultat entsteht ein räumlich-semantisches Tatortmodell, das als zentrales Element der weiteren Bearbeitung des Strafverfolgungsverfahrens dient. Um hier eine systemunabhängige und vernetzte Arbeitsweise zu ermöglichen, sollen die vor Ort erfassten Daten in einer Webapplikation für die Auswertung zugänglich gemacht werden. Die Umsetzung dieser in Abbildung 1 dargestellten Zusammenhänge wird in diesem Beitrag in Verbindung mit Technologien wie ARCore und WebGL hinsichtlich der generellen Machbarkeit einer solchen Herangehensweise untersucht.



Abbildung 1: Kernbereiche des INSITU-Systems

2 Stand der Wissenschaft und Technik

Für eine multimodale Vor-Ort-Beschreibung von räumlich-semantischen Daten und dem daraus resultierenden Tatortmodell sind mobile Lösungen gefordert. Weiterhin müssen die Verarbeitung bzw. Aufbereitung im Zuge der Strafverfolgung über eine Anbindung an bestehende Prozesse und Arbeitsweisen gewährleistet sein. Entsprechend wird zunächst die Verwendung mobiler Endgeräte wie Smartphones im Bereich der Aufnahme untersucht. Die so erfassten Informationen gilt es anschließend mit anderen Daten zusammenzuführen. Für einige ausgewählte Bereiche sind bereits heute (Mobil-)Computer und verschiedene forensische bzw. verwaltende Softwareprogramme im Einsatz. Für die anschließende Auswertung soll außerdem die bestehende Infrastruktur berücksichtigt werden, ohne dabei zu viele Anforderungen an Hardwarekomponenten oder Betriebssysteme zu stellen, wodurch es sich im Rahmen des Vorhabens anbot, eine Webanwendung zu entwickeln.

Bezüglich der Mobilcomputer und der Tatortdokumentation vor Ort ist eine eigene App angedacht, welche die Beamten unter anderem bei der Erfassung der Tatortgeometrie, der räumlichen Dokumentation sowie der multimodalen Beschreibung, aber auch bei der Zusammenarbeit und Datensynchronisation unterstützt. Gezielte Elemente sollen weiterhin über Möglichkeiten für die Auswertung und Feedback vor Ort optimiert werden. Bereits Ramabhadran (2007) zeigte Wege, auf mobilen Endgeräten schriftliche Notizen direkt in digitaler Form zu erstellen und anschließend als digitales Dokument (z.B. PDF) weiterhin zu nutzen. Ziel war es, einzelne Prozesse zu beschleunigen, maschinenverständlich zu arbeiten und Probleme wie unleserliche Handschrift zu umgehen. Zudem konnten Informationen wie GPS-Daten automatisch mit aufgenommen werden.

Mit der Ausreifung der in Verbindung stehenden Technologien können mittlerweile über die einfache maschinenlesbare Textdokumentation hinaus verschiedene Medienformate (z.B. Fotos, Videos, Sprachaufzeichnungen) genutzt werden. Werden diese Möglichkeiten mit neuartigen Methoden wie z.B. der Augmented Reality (AR) kombiniert, kann neben der umfangreichen semantischen Beschreibung auch eine Verortung der Informationen im dreidimensionalen Raum erfolgen. Hierbei werden unter dem Begriff der Visual Inertial Odometry (VIO) Methoden zusammengeführt, die die Position und Orientierung eines Systems bestimmen. Über die Verbindung visueller Informationen (des Kamerabildes) mit Sensordaten des Smartphones (Inertial Measurement Unit, kurz IMU) können dabei Rückschlüsse auf räumliche Koordinaten und Bezüge zueinander gezogen werden. Mithilfe von Ansätzen wie dem Prinzip des Simultaneous Localization And Mapping (SLAM) können räumliche Datenpunkte aufgenommen und miteinander verknüpft werden. Ähnlich einem 3D-Scan, wie es Marcin et al. (2017) und Dustin et al. (2016) als mobile Lösung im Kontext der Spurensicherung beschreiben, können moderne AR-Technologien somit Punktwolken in geringerer Auflösung verknüpft mit Bilddaten erstellen. Darüber hinaus bietet dort vorgestellte Lösung die Möglichkeit diese Punkte über die Koordinate und RGB-Werte hinaus mit weiteren Daten zu verknüpfen. Dies können im einfachen Fall mit dem mobilen Endgerät aufgenommene Informationen wie Videos, Bilder, Sprachaufnahmen, Textnotizen etc. sein oder auch Aufnahmen, die extern erstellt werden, wie Aufnahmen einer Digitalkamera, 360°-Aufnahmen oder Laserscans. Über die hier erläuterten Ansätze soll die Möglichkeit gegeben werden, heterogene digitale Daten aus multiplen Quellen zusammenzuführen. Dabei unterscheiden sich Art und Umfang der Daten für jeden Tatort und können unter den unterschiedlichsten Umständen in verschiedenen Kombinationen auftreten. Im Folgenden wird daher die räumlich-semantische Spuraufnahmen durch das mobile Endgerät in Verbindung mit ARCore, dem AR-System von Google (Google, 2019a), betrachtet. Dies dient der Erfassung der räumlichen Zusammenhänge und erlaubt die (teil-)automatisierte Zusammenführung der zuvor erwähnten heterogenen Datengrundlage. Diesbezüglich soll z.B. in Verbindung mit der Spuraufnahme an einem Tatort eine Punktwolke angebunden werden, die im weiteren Verlauf der Strafverfolgung geometrische Informationen vorhält und gleichzeitig eine Möglichkeit für die beständige Visualisierung darstellt. Um große Datenmengen performant darzustellen und unterschiedliche Informationen in räumlichen Bezug zu setzen, bieten sich verschiedene Webtechnologien an. Huang und Wang (2017) zeigten, dass mit der Technik der Web Graphics Library (WebGL) auch große 3D-Punktwolken performant im Browser dargestellt werden können. Devaux et al. (2012) demonstrierten die interaktive Visualisierung verschiedener Datenquellen im Browser, indem sie Punktwolken, Bilder und Modelle in ein Ansichtsfenster einfügten. Über die Verwendung von WebGL konnte die Installation zusätzlicher Software vermieden werden. Für die Anbindung an den BIM-Prozess und den Import von 3D-Gebäudemodellen wiesen Xu et al. (2016) einen Weg über das offene Datenformat IFC auf, wodurch die Modelle im Webviewer angezeigt werden können. Das Potenzial, die multimodale Dokumentation in einer Kombination von mobilen Endgeräten mit AR und eine Webanwendung basierend auf WebGL umzusetzen, ist somit grundlegend gegeben.

Gegenwärtig finden bei der Polizeiarbeit in Deutschland wie zuvor erwähnt einige Systeme Anwendung, die als Insellösung für ausgewählte Anwender dienen. Dies reicht von groß angelegter Software für die Fahndung oder auch Vorgangsbearbeitung (Hemmerling and Kendzia, 2018) bis hin zu stark individualisierten und fokussierten Lösungen wie z.B. einer

App für die Unfallaufnahme im Saarland (Kutsche, 2017). Da es jedoch keine einheitlichen, verbindlichen Vorgaben gibt, nicht einmal für die weiter reichenden Fahndungs- und Vorgangsbearbeitungssysteme, verwenden die Polizeien in den unterschiedlichen Bundesländern und in diversen Bereichen eine Vielzahl verschiedener Anwendungen. Aus diesem Grund ist die so entstandene IT-Landschaft von „Eigenentwicklungen, Sonderlösungen, Schnittstellen, unterschiedlichen Dateiformaten und Erhebungsregeln“ (BMI, 2018) geprägt. Einen konsistenten und geregelten Austausch gibt es bislang nicht. Hier soll im Rahmen des Programms „Polizei 2020“ Abhilfe geschaffen werden, indem die polizeiliche Informationsarchitektur neugeordnet wird (BMI, 2018). Einer der Ansatzpunkte ist der XML-basierte Standard „XPolizei“, über den ein einheitlicher Datenaustausch unter Beachtung von Belangen wie Zugriff bzw. Abruf, Datenschutz und Informationsqualität ermöglicht werden soll.

3 Das räumlich-semantiche Tatortmodell

An dieser Stelle setzt das INSITU-System an. Zunächst sollen im Rahmen der Erfassung (Aufnahme vor Ort per mobiler App) eine multimodale Datenaufnahme und eine räumliche Dokumentation auf dem Mobilcomputer ermöglicht werden. Neben der Dokumentation semantischer Informationen, bspw. der Beschreibung eines gesicherten Objekts inklusive Annotationen per Notiz, Foto oder auch mittels Video- und Audioaufnahme, erfolgt zudem die Aufnahme einer räumlichen Referenz mittels einer x,y,z-Koordinate zu allen erfassten Daten. Zu diesem Zweck wird für jeden Tatort ein lokales Koordinatensystem angelegt, welches anschließend bei der Zusammenführung der Daten für die Erstellung des vernetz-digitalen Tatortmodells genutzt werden kann. Dieses kann später bei der Auswertung (per Webanwendung) im Zuge interaktiver Visualisierungsmöglichkeiten, Such- und Filterfunktionen sowie der Erstellung von Protokollen und Berichten für die Auswertung räumlich-semantiche Zusammenhänge herangezogen werden (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2).

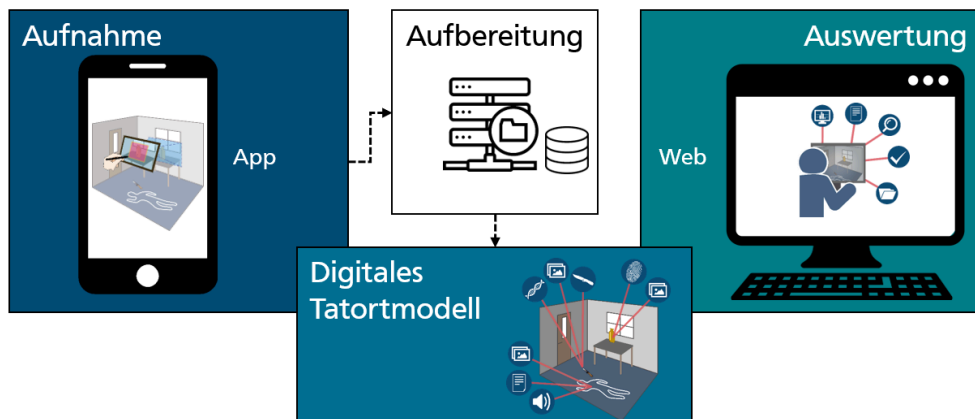


Abbildung 2: Mobile Applikation und Desktopanwendung im Kontext der Kernbereiche

Übergreifendes Ziel ist es dabei, die Vorgänge innerhalb des INSITU-Systems nahtlos in vorhandene Abläufe zu integrieren bzw. diese zu erweitern, um sowohl bereits existierenden als auch künftigen Ansprüchen zu genügen. Dies beginnt mit der Tatortdokumentation, in deren Zuge verschiedenste Aspekte erfasst werden müssen. In der Regel werden die

vorliegenden Zusammenhänge zunächst in einer groben Tatortgeometrie erfasst, die sich dann z.B. bei einem Wohnungseinbruch in die unterschiedlichen Räume und optional in weitere Asservierungsbereiche untergliedert. Schließlich werden Asservate bzw. Spuren aufgenommen. Im Sinne der Unterstützung durch Mobilcomputer kann dabei im Hintergrund automatisch eine Vergabe von Asservierungsnummern nach vorgegebenen Schemata erfolgen. Aufgrund der automatischen Verarbeitung durch das mobile Endgerät können dabei nicht nur Fehler wie bspw. eine doppelte Vergabe von Nummern vermieden werden, sondern es wird auch eine eindeutige Zuordnung von Asservaten und Spuren mittels Universally Unique Identifier (UUID) und eine räumliche Referenzierung in Verbindung mit den zuvor erwähnten Sensoren des Mobilcomputers vorgenommen. Die Menge der aufzunehmenden Daten wird maßgeblich von Art und Größe des Tatorts beeinflusst, bei einem Kfz-Delikt bspw. müssen keine Räume erfasst werden. Ein weiteres Beispiel für die Notwendigkeit flexibler Vorgehensweisen sind Außentatorte.

Gleichzeitig mit der Verarbeitung der direkt zu hinterlegenden Informationen erfolgt die weiterführende räumlich-semantische Verknüpfung der einzelnen Datenpunkte. Über die aus Translation und Rotation ermittelte Position des mobilen Endgerätes erfolgt unter Verwendung von ARCore eine Eintragung in das lokale kartesische Koordinatensystem des Tatortmodells. Anhand der relativen x,y,z-Werte, die sich auf einen zuvor definierten, gemeinsamen Ursprung beziehen, können außerdem räumliche Beziehungen der Objekte untereinander hergestellt werden. So lassen sich bei der anschließenden Auswertung bspw. alle Objekte eines bestimmten Typs filtern, die im Wohnzimmer aufgenommen wurden. Gleichmaßen kann aus den Koordinaten, die im Zuge der Erfassung eines Raumes angelegt wurden, ein Grundriss und ein einfaches 3D-Modell generiert werden. Dies dient insbesondere der interaktiven Visualisierung, könnte später aber auch für zusätzliche Funktionen wie z.B. einen IFC-Export genutzt werden. Darüber hinaus können aber auch semantische Zusammenhänge automatisch hergestellt und beim Zusammenführen der Informationen im Rahmen der weiteren Arbeit genutzt werden. Dies reicht von einfachen direkten Verknüpfungen (Foto X zeigt Asservat Y) bis hin zu komplexen Verbindungen, die detaillierte Auswertungsmöglichkeiten in Form von Such- und Filterfunktionen mit sich bringen (Erstellen einer Lichtbild-mappe aller Fotos, die von einer bestimmten Person in einem Zeitraum von Spuren eines spezifischen Typs gemacht wurden). Derartige automatisierte Vorgänge bedeuten eine im-mense Zeitersparnis und reduzieren das Risiko, Fehler zu machen oder etwas zu übersehen.

Die räumlich-semantische Vernetzung des Tatortmodells erfolgt somit über die mit ARCore erfassten Koordinaten, den von der App vergebenen zuvor erwähnten UUID sowie weitere Abläufe, die bei der Tatortdokumentation durchgeführt und durch den Mobilcomputer unterstützt werden. Hierzu zählen unter anderem ein automatisch erstellter Verlauf des gesamten Verfahrens, der für sämtliche Aktionen einen Zeitstempel sowie den jeweiligen Benutzer hinterlegt. Dies schafft zum einen Nachvollziehbarkeit hinsichtlich der Beweismittelkette (Chain of Custody) und ermöglicht zum anderen eine konsistente und einheitliche Datenerfassung und -haltung. Dies ist insbesondere beim Mehrbenutzerbetrieb, dem kollaborativen Arbeiten mit mehreren Endgeräten für eine adäquate Datensynchronisation unabdinglich. Ferner können damit personenbezogene oder zeitabhängige Such- und Filterfunktionen verwendet werden. Auch hier ist durch die entsprechende Übertragung der Daten an die Desktopanwendung der Vorteil der digitalen Vorgehensweise unmittelbar ersichtlich: Über die räumlichen und semantischen Informationen können alle Objekte zueinander in Beziehung gesetzt werden. In dem daraus resultierenden vernetzten Tatortmodell kann aber nicht nur

die multimodale Beschreibung aus dem Endgerät, sondern auch heterogene Daten aus anderen Quellen verarbeitet und dargestellt werden. Dazu zählen bspw. hochauflösende Fotos digitaler Spiegelreflexkameras, meist mit zusätzlichen Geräten aufgenommene Punktwolken bzw. Scans oder auch 360°-Aufnahmen des Tatorts. In Verbindung mit den geometrischen Informationen und den multimodalen Annotationen in Form von Bildern, Videos, Audioaufnahmen und Texten entsteht so ein ganzheitliches, semantisch angereichertes Tatortmodell, welches vollumfänglich die relevanten Zusammenhänge der Tatortarbeit nachvollziehbar darstellt. Verschiedene Visualisierungsmöglichkeiten wie Grundrisse, Ansichten und Schnitte sowie der WebGL-Viewer mit einer vollwertigen dreidimensionalen und interaktiven Darstellung der digitalen Daten bieten nach der Zusammenführung weitreichende Funktionen zum Anzeigen, Suchen und Filtern sowie Auswerten. Um dieses Konzept zu veranschaulichen, wird im folgenden Abschnitt das Vorgehen anhand eines ausgewählten Beispiels im Rahmen einer generellen Machbarkeitsbetrachtung exemplarisch erläutert.

4 Anwendungsbeispiel und Funktionstest

Zur Demonstration und Durchführung eines ersten Funktionstests wurde eine Android-App (Android Version 8.1+, Kompatibilität mit ARCore erforderlich (Google, 2019b)) und eine Webanwendung mittels MEAN-Stack (MongoDB, Express, Angular, Node.js) umgesetzt. Die App wurde auf den Smartphones Google Pixel 2 sowie Samsung Galaxy Note 9 installiert und verwendet, die Webanwendung wurde mit den Browsern Firefox und Chrome getestet. Für das Anwendungsbeispiel wurde exemplarisch ein Tatort in einer Wohnung dokumentiert. Mit den mobilen Endgeräten wurden in Verbindung mit der INSITU-App räumlich-semantische Informationen aufgenommen. Mit Hilfe der AR-Anwendung konnten Räume, Bereiche sowie Datenpunkte erfasst bzw. gesetzt werden. Zu diesen Punkten wurden zudem einige Annotationen in Form von Fotos, Videos, Textnotizen, Zeichnungen und Sprachaufnahmen hinzugefügt. Diese Annotationen wurden dabei erfolgreich direkt mit dem räumlichen Datenpunkt der ausgewählten Spur oder auch automatisiert mit dem Standpunkt des Benutzers verknüpft. Über die Nearby-Technologie von Google (2019c) konnte die Datensynchronisation in Echtzeit ohne Internet-Anbindung über mehrere mobile Endgeräte umgesetzt werden. Mit dem zuvor erläuterten Vorgehen wurde der gesamte Tatort kollaborativ erfasst und in Form einer JSON-Datei exportiert. Importiert in die Datenbank der INSITU-Webanwendung stehen die Daten somit der Webanwendung zur Verfügung, zusätzlich werden Medien wie Bilder und Videos in einer einheitlichen Struktur abgelegt. Als externe Datenquelle wurde eine Punktwolke von einem Raum aufgenommen und im Zuge der Nachbearbeitung mit zwei Referenzpunkten versehen. Analog wurden in der App zwei Passpunkte erzeugt (vgl. Abbildung 3). Mittels Überlagerung und der daraus abgeleiteten Koordinaten-transformation wurden die Daten automatisch zusammengeführt, eine nachträgliche manuelle Feineinstellung ist dank der Funktionen der Anwendung ebenfalls ohne Fachkenntnisse bezüglich der Verarbeitung von Punktwolken möglich. Dieser Ansatz ließe sich zudem auf andere Daten übertragen und könnte künftig mit anhand der automatisierten Erkennung von Fixpunkten (QR-Codes, Spurentafeln o.ä.) erweitert und vereinfacht werden.

Nach der Zusammenführung konnte das räumlich-semantische Tatortmodell im Webviewer betrachtet und aufgrund der interaktiven Visualisierung für die Auswertung genutzt werden. Im in Abbildung 3 gezeigten Anwendungsfall wurde eine Gegenstandsspur ausgewählt. Diese wird dann farblich hervorgehoben, der Fundort sowie umliegende Bereiche im

Grundriss näher angezeigt und im Zusammenhang stehende Informationen wie Fotos und Sprachaufnahmen in der Detailansicht (s. Abbildung 3 rechts unten) aufgelistet. Mit üblichen Interaktionen wie dem Bewegen der Kameraperspektive, dem Ein- bzw. Ausblenden von bestimmten Datenpunkten oder Objekten sowie Detailansicht eines ausgewählten Elements wurden vorerst alle Anforderungen an den ersten Test erfüllt. Filter- und Suchfunktionen sind in Teilen umgesetzt und werden im weiteren Verlauf des Vorhabens um die Bedürfnisse der Endanwender ergänzt. Die zusammengeführten Daten konnten in der Webanwendung systemunabhängig und ohne Installation zugänglich gemacht werden.

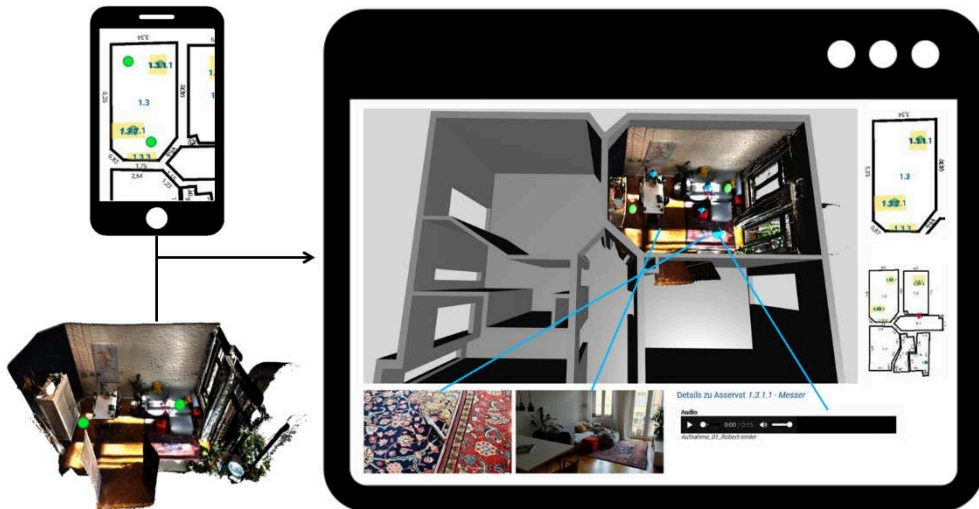


Abbildung 3: Visualisierung des räumlich-semantischen Tatortmodells im Webviewer

5 Fazit und Ausblick

Es konnte jeweils eine Demonstrationsanwendung für die App- und Web-Komponenten des INSITU-Systems umgesetzt werden, welche die grundsätzlichen Funktionalitäten aufzeigt und das (teil-)automatisierte Zusammenführen von heterogenen Daten aus multiplen Quellen im Rahmen der Tatordokumentation ermöglicht. Die Datenaufnahme in Verbindung mit ARCore sowie den Standardfunktionen des mobilen Endgeräts und der Datenaustausch über die Nearby-API konnten erfolgreich implementiert und in Echtzeit kollaborativ vor Ort eingesetzt werden. Dabei werden automatisiert Teile des räumlich-semantischen Tatortmodells direkt vor Ort erzeugt, welches im Nachgang durch die Einbindung weiterer Daten um zusätzliche Elemente angereichert wird. Diese Erkenntnisse können dank der Entwicklung eines performanten Viewers mithilfe von WebGL für die Auswertung genutzt werden. Die Webanwendung ermöglicht Interaktionen in Form von Filter- und Suchfunktionen und stellt die zusammengeführten Informationen eines Tatorts vollumfänglich dar. In einem einfachen Anwendungsfall konnte das Zusammenspiel von App und Web und der Nutzen in den relevanten Bereichen der Strafverfolgung veranschaulicht und erfolgreich getestet werden.

Im weiteren Verlauf des Projekts werden zusätzliche (teil-)automatisierte Möglichkeiten zur Anbindung von heterogenen Daten untersucht, z.B. mithilfe von KI/ML-Methoden. Im Bereich der Aufnahme werden weitere maschinengestützte Verfahren evaluiert, z.B. die Aufnahme und semantische Anreicherung von Punktwolken direkt auf dem mobilen Endgerät. Perspektivisch können derartige Innovationen in der Praxis einen erheblichen Mehrwert für die Polizeiarbeit darstellen, da alle benötigten Informationen multimodal und vernetzt erhoben werden, wodurch sie exakt auf bestimmte Fragestellungen zugeschnitten verarbeitet und extrahiert werden können. In Absprache mit den Endanwendern wird in Zukunft die Funktionalität angepasst und erweitert.

Literatur

- BMI, 2018. Programm "Polizei 2020". Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat. URL <http://www.bmi.bund.de/DE/themen/sicherheit/nationale-und-internationale-zusammenarbeit/polizei-2020/polizei-2020-artikel.html?nn=10391826>
- Devaux, A., Brédif, M., Paparoditis, N., 2012. A web-based 3D mapping application using WebGL allowing interaction with images, point clouds and models, in: Proceedings of the 20th International Conference on Advances in Geographic Information Systems - SIGSPATIAL '12, Redondo Beach, California, p. 586. <https://doi.org/10.1145/2424321.2424422>
- Dustin, D., Liscio, E., Eng, P., 2016. Accuracy and Repeatability of the Laser Scanner and Total Station for Crime and Accident Scene Documentation. ACSR Journal.
- Google, 2019a. ARCore Overview - ARCore. Google Developers. URL <https://developers.google.com/ar/discover/>
- Google, 2019b. Supported Devices - ARCore - Google Developers. URL <https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices>
- Google, 2019c. Nearby - Google Developers. URL <https://developers.google.com/nearby/>
- Hemmerling, A., Kendzia, L., 2018. Millionen Datensätze und Millionen Kosten: Thüringer Polizei führt neue Software ein | MDR.DE. URL <https://www.mdr.de/thueringen/neue-polizei-software-comvor-100.html>
- Huang, J., Wang, J., 2017. 3D Visualization of Point Clouds Using HTML5 and WebGL, in: Proceedings of The 7th International Conference on Computer Engineering and Networks — PoS(CENet2017), Sissa Medialab, Shanghai, China, p. 64. <https://doi.org/10.22323/1.299.0064>
- Kutsche, K., 2017. Nur noch einmal eingeben - App für Unfallaufnahme, Interview mit Professor Peter Loos. Süddeutsche Zeitung. URL <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/app-fuer-unfallaufnahme-nur-noch-einmal-eingeben-1.3700563>
- Marcin, A., Maciej, S., Robert, S., Adam, W., 2017. Hierarchical, Three-Dimensional Measurement System for Crime Scene Scanning. J. Forensic Sci. 62, 889–899. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13382>
- Ramabhadran, A., 2015. Forensic Investigation Process Model For Windows Mobile Devices. Security Group - Tata Elxsi.
- Xu, Z., Zhang, Y., Xu, X., 2016. 3D visualization for building information models based upon IFC and WebGL integration. Multimed. Tools Appl. 75, 17421–17441. <https://doi.org/10.1007/s11042-016-4104-9>