

Beitrag B: Frank Fuchs-Kittowski, Simon Burkard

Mobile Erweiterte Realität im Katastrophenschutz

Frank Fuchs-Kittowski¹, Simon Burkard²

¹HTW Berlin, frank.fuchs-kittowski@htw-berlin.de

²HTW Berlin, s.burkard@htw-berlin.de

Abstract

In this paper, location-based mAR applications covering different domains of risk and crisis communication in disaster management are presented. The applications discussed are already in use in the context of flood management and urban disaster and safety management. Benefits as well as challenges of these applications regarding risk and crisis communication in disaster management are discussed.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden geobasierte mAR-Anwendungen vorgestellt, die verschiedene Anwendungsbereiche des Katastrophenschutzes umfassen. Die beschriebenen Anwendungen werden bereits im Kontext des Hochwasserschutzes und der Sicherheit in Smart Cities eingesetzt. Die Vorteile und Nutzen dieser Anwendungen sowie bestehende Probleme und Herausforderungen für die Risiko- und Gefahrenkommunikation im Katastrophenschutz werden diskutiert.

1 Einleitung

Die massenhafte Verbreitung leistungsfähiger und intuitiv benutzbarer mobiler Endgeräte (Smartphones, Tablets etc.) hat diese zu einem wichtigen Medium für die Verbreitung und Kommunikation von Risiko- und Gefahreninformationen im Katastrophenschutz werden lassen. Während Informationen auf mobilen Endgeräten oftmals auf Karten oder in Listenform dargestellt werden, besteht eine innovative Benutzerschnittstelle in der Darstellung der Information als Erweiterte Realität (Augmented Reality, oder kurz AR) im Kamerabild des mobilen Endgeräts.

Der Begriff Erweiterte Realität bezeichnet die visuelle Ergänzung der optischen menschlichen Wahrnehmung der Realität mit digitalen, kontextabhängigen Informationen [Azuma 1997]. Bei der mobilen Augmented Reality (mAR) wird das

Kamerabild mobiler Endgeräte dazu genutzt, um die reale, örtliche Umgebung des Nutzers durch die Darstellung von digitalen Zusatzinformationen in Echtzeit zu erweitern [Höllner 1999]. Grundsätzlich kann dabei anhand des Tracking-Verfahrens zur Erfassung von Position und Blickrichtung des Nutzers (Pose) zwischen zwei Formen der mAR differenziert werden: Beim geo- bzw. ortsbasierten Ansatz (auch Location-based AR oder kurz: GeoAR) wird die Pose anhand der in das Smartphone eingebauten GPS- und IMU-Sensoren bestimmt. Beim bildbasierten Ansatz (Image-based AR) werden anhand von optischen Tracking-Verfahren die Nutzerpose bzw. Objekte in der Umgebung identifiziert [Fuchs-Kittowski 2012].

Diese innovative Benutzerschnittstelle hat ein großes Potenzial für die Risiko- und Gefahrenkommunikation im Katastrophenschutz. Die digitalen Risiko- und Gefahreninformationen werden in ihren realen, räumlichen Kontext gesetzt und die Sicht auf die Realität wird durch deren Darstellung angereichert. Diese Darstellung von Gefahren- und Risiko-Informationen aus der Vergangenheit, der Gegenwart und der Zukunft in der realen Umgebung vor Ort ermöglicht neue Wege der Wahrnehmung der dortigen Risiken und Gefahren. Dies ermöglicht eine bessere Analyse und besseres Verständnis der Risiken und Gefahren vor Ort und unterstützt damit eine bessere Orientierung und Entscheidungsfindung.

In diesem Beitrag werden nach einer kurzen Einführung in geobasierte Mobile Erweiterte Realität (Kapitel 2) mehrere geobasierte mAR-Anwendungen vorgestellt, die verschiedene Anwendungsbereiche des Katastrophenschutzes umfassen (Kapitel 3). Die beschriebenen Anwendungen werden bereits im Kontext des Hochwasserschutzes und der Sicherheit in Smart Cities eingesetzt. Die Vorteile und der Nutzen dieser Anwendungen (Kapitel 4) sowie bestehende Probleme und Herausforderungen (Kapitel 5) für die Risiko- und Gefahrenkommunikation im Katastrophenschutz werden diskutiert. Der Beitrag endet mit einer Zusammenfassung und gibt einen Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen (Kapitel 6).

1 Stand der Technik –geobasierte Mobile Erweiterte Realität

In diesem Abschnitt wird ausgehend von einer Einführung in die Mobile Erweiterte Realität (mAR) die Funktionsweise von geobasierter mAR genauer präsentiert.

1.1 Erweiterte Realität

Der Begriff „Erweiterte Realität“ (engl.: Augmented Reality, oder kurz: AR) bezeichnet die Anreicherung der menschlichen Wahrnehmung der Realität mit zusätzlichen, kontext-abhängigen, digitalen Informationen in Echtzeit [Azuma 1997]. Einem Benutzer einer AR-Anwendung werden in seinem Sichtfeld zusätzliche, digitale Informationen präsentiert, die in fester räumlicher Beziehung mit Objekten der realen Welt stehen. Beispielsweise wird eine durch eine Kamera aufgenommene Ansicht der realen Welt durch computergenerierte Inhalte erweitert bzw. überlagert. Diese Idee ist in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens bereits sehr etabliert, z.B. bei TV-Übertragungen von Fußballspielen, wenn virtuelle Abseitslinien oder virtuelle Entfernungsmessungen auf der Ansicht des realen Spielfeldes eingeblendet werden.



Abbildung 1: Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum

Erweiterte Realität definiert ein Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum [Milgram et al. 1994]. An dessen beiden Enden stehen die vollständige Realität bzw. die vollständige Virtualität (Abbildung 1). Dazwischen liegt der Bereich der Gemischten Realität (Mixed Reality), der durch unterschiedliche Grade der Virtualität gekennzeichnet ist. In rein virtuellen Umgebungen, der Virtual Reality (VR), wird die reale Umgebung komplett durch die virtuelle Welt ersetzt und der Benutzer taucht komplett in eine virtuelle Welt ein. Dagegen steht bei der AR die Darstellung zusätzlicher Informationen im Vordergrund, d.h. es handelt sich lediglich um Ergänzungen zur realen Umgebung. Während sich ein Anwender in die virtuelle Welt hineinbegeben („eintauchen“) muss und somit den Kontakt zur realen Umgebung unterbricht, kann er in AR weiterhin die reale Umgebung wahrnehmen. Virtuelle und reale Welt, die gleichzeitig wahrgenommen werden können, bilden für den Nutzer eine Einheit.

1.2 Mobile Erweiterte Realität

In den letzten Jahren wurde die AR-Technologie auch zunehmend im mobilen Kontext relevant und eingesetzt. Bei der mobilen Erweiterten Realität (engl.: Mobile Augmented Reality, kurz: mAR) werden mobile Endgeräte zur Verschmelzung realer und digitaler (virtueller) Welt genutzt, um die gemeinsame Wahrnehmung von realer Welt und digitaler Information im Ortskontext möglich zu machen [Höllerer 1999]. Die reale Welt wird dabei durch die Kamera eines mobilen Endgeräts (z.B. Smartphone) betrachtet und durch ortsabhängige, computergenerierte Inhalte in Echtzeit erweitert. Dadurch werden die digitalen, geokodierten Informationen in ihren räumlichen Kontext gesetzt sowie die Sicht auf die reale Welt durch diese Informationen angereichert.

Lange Zeit war Erweiterte Realität (mAR) Grundlagenforschung mit wenigen teuren Spezialanwendungen für wenige Fachexperten. Heute bilden moderne mobile Endgeräte (Smartphones, Tablets etc.) aufgrund ihrer hohen Leistungsfähigkeit (Rechenleistung, Datenverbindung etc.) eine geeignete Hardware-Plattform für mAR. Insbesondere sind wichtige Sensoren zur Realisierung von mAR in Smartphones bereits integriert. Dazu zählen neben der Kamera zur Bildaufnahme selbst auch die Sensoren des Inertial Measurement Unit (IMU) zur Bestimmung von Orientierung (Rotation) des Gerätes sowie GPS-Empfänger zur Positionsbestimmung. Zudem sind diese leistungsfähigen mobilen Endgeräte weit verbreitet, nutzerfreundlich und kostengünstig, so dass eine massenhafte Nutzung von mAR-Anwendungen durch Jedermann (Mitarbeiter, Bürger etc.) möglich ist.

1.3 Geobasierte (Location-based) und bildbasierte (Image-based) mAR

Bei der Umsetzung von mAR-Anwendung kann - basierend auf der verwendeten Methode, um die eigene Geräteposition innerhalb der realen dreidimensionalen Welt zu bestimmen (sog. Tracking) - grundsätzlich zwischen zwei verschiedenen Technologien unterschieden werden. Die Bestimmung der Lage des mobilen Geräts innerhalb der realen Umgebung ist dabei essentielle Voraussetzung zur Umsetzung von AR, da nur mit der Kenntnis der Kameralage und der Kameraprojektion entsprechende Objektinformationen auf der Bildschirmansicht der realen Welt an korrekter Stelle positioniert werden können. Die Lage der Kamera ist dabei im dreidimensionalen Raum durch sechs Freiheitsgrade bestimmt: drei Freiheitsgrade der Orientierung (Rotation) und drei Freiheitsgrade der Position (Translation).

Bei der geobasierten mAR (GeomAR) wird die Rotation allein basierend auf den IMU-Sensoren des Geräts bestimmt, also aus der Kombination aus Werten von Gyroscope, Accelerometer und Magnetometer. Zur Bestimmung der groben Position dient das GPS-Signal. Diese mAR-Technologie basiert somit auf etablierten, recht robusten, einfachen und wenig rechenintensiven Technologien. Sie ist aber primär für Einsatzgebiete unter freiem Himmel geeignet (siehe Abbildung 2, links) und problematisch innerhalb von Gebäuden, da hier meist kein GPS-Signal verfügbar ist. Außerdem neigt die IMU-Sensorik zur Erzeugung eines „Drifts“ bei der Rotationsbestimmung und kann auch die absolute Blickrichtung aufgrund lokaler Störungen des globalen Magnetfeldes oft nur ungenau erfassen [Blum et al. 2012].

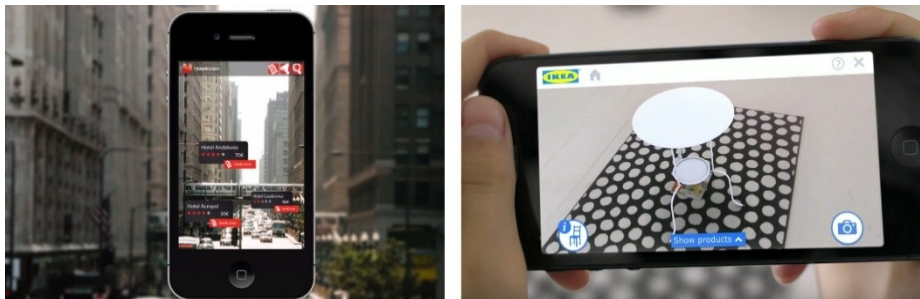


Abbildung 2: Anzeige von nahegelegenen Points of Interests (links, geobasiertes mAR) und Visualisierung von virtuellen Möbelstücken (rechts, bildbasiertes mAR)

Im Gegensatz dazu wird bei der bildbasierten mAR die Lage der Kamera allein auf Basis einer Analyse des Kamerabildes bestimmt. Durch Erkennen von markanten Bildpunkten (Natural Feature Tracking) im fortlaufenden Kamerabild kann somit sowohl Rotation als auch Translation der Kamera relativ zur Umgebung bestimmt werden [Marchand et al. 2016]. Zur Interpretation und Analyse der Kamerabilder sind hierfür sehr komplexe und rechenintensive Algorithmen notwendig. Allerdings können auf diese Weise unter idealen Bedingungen sehr genaue und realistische AR-Überlagerungen ermöglicht werden. Eine große Herausforderung besteht darin, externe Einflussfaktoren zu bewältigen und auch bei schlechten Lichtverhältnissen (z.B. Dunkelheit), bei sich bewegenden Objekten oder bei texturloser Umgebung brauchbare Ergebnisse zu erzeugen. Diese AR-Technologie ist dadurch eher für Anwendungen in näherer Umgebung geeignet, z.B. zur Darstellung virtueller Informationen zu Gegenständen in der unmittelbaren Umgebung (Abbildung 2, rechts). Durch das Erstellen von dreidimensionalen Modellen der Umgebung kann die Robustheit der bildbasierten Technologie weiter verbessert werden (Model-based AR).

Der Nutzer kann sich dann innerhalb dieser virtuellen Modelle zur Laufzeit lokalisieren und diese weiter ausbauen (SLAM) [Lahdenoja 2016]. Idealerweise sind hierfür aber weitere Sensoren notwendig (z.B. Infrarot-Sensoren zur Tiefenmessung oder eine zweite Kamera zum Stereosehen). In handelsüblichen Smartphones werden derartigen zusätzlichen Sensoren allerdings noch nicht verbaut.

Die folgende Tabelle fasst die oben genannten Schlüssel-Eigenschaften zusammen, die die Verlässlichkeit und Benutzbarkeit der mAR-Ansätze bestimmen (und untersetzt diese mit quantitativen Ergebnissen aus [Bae et al. 2016]). Diese Eigenschaften sind:

- **Lokalisierung:** Bestimmung der Position und Blickrichtung des Nutzers, um reale Objekte im Blickfeld des Benutzers abzuleiten und relevante digitale Informationen zu diesen Objekten an der richtigen Stelle darzustellen,
- **Geschwindigkeit:** Erforderliche Zeit zur Bestimmung der Position des Nutzers, der relevanten Informationen und der Visualisierung der Informationen an der richtigen Stelle,
- **Robustheit:** wie Abhängigkeit von externer Infrastruktur, Batterieverbrauch und der Fähigkeit mit sich dynamisch ändernden Umgebungen umzugehen,
- **Skalierbarkeit:** wie Skalierung auf größere Gebiete, Anzahl der Objekte und Größe der Objekte.

Metrik	Location-based	Image-based	Model-based
Lokalisierungs-Genauigkeit	1,5-35 m	0,5-2 mm	0,5-20 mm
Lokalisierungs-Gebiet	Groß (GPS-Gebiet)	3 m (Marker)	10 m (Objekte)
Lokalisierungs-Geschwindigkeit	100-200 ms	20-140 ms	5-240 s
Externe Infrastruktur	GPS-Satellit	Optische Marker	Ext. Sensoren, Modell
Drift-beständig	Nein	Ja	Ja
CPU-/Batterie-Verbrauch	Gering	Hoch	Sehr hoch
Skalierung zu größeren Gebieten	Ja (outdoor)	Nein (indoor/Raum)	Nein (indoor/Gebäude)

Tabelle 1: Vergleich von mAR-Ansätzen

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Image-based mAR aufgrund der hohen Fehleranfälligkeit und geringen Robustheit momentan noch nicht für den Massenmarkt einsatzfähig scheint. Image-based AR kann - unter idealen Voraussetzungen - recht genaue und realistische AR-Visualisierungen ermöglichen, ist jedoch sehr fehleranfällig. Die Nachteile der Location-based mAR (ungenauere Positionierung und Orientierung) sind hingegen für viele (Outdoor-) Anwendungsfälle hinnehmbar.

2 mAR-Anwendungen im Katastrophenmanagement

Innerhalb der vergangenen Jahre sind vielfältige mAR-Anwendungen für unterschiedliche Einsatzgebiete entstanden [Adhani et al. 2012; Mehler-Bicher et al. 2011], z.B. in Tourismus [Linaza & Marimon 2012] (z.B. zur Darstellung nahegelegener Hotels oder Sehenswürdigkeiten), Medizin [Maier-Hein et al. 2011], Bildung [Bischoff 2011], Kulturerbe/Museen [Haugstvedt 2012], Werbung/Marketing [Stampler 2012; Scott 2016] (z.B. zur Visualisierung von 3D-Möbelstücken in der eigenen Wohnung) oder Unterhaltung [Joseph & Amstrong 2016] (z.B. Pokemon Go) (Abbildung 2).

Aufgrund der einfachen und weit verbreiteten technischen Basis (Smartphones etc.) sowie einer Vielzahl potenzieller Anwendungen für unterschiedliche Einsatzbereiche wird mAR ein großes wirtschaftliches Potenzial zugesprochen [Inoue & Sato 2010]. Marktforschungsunternehmen prognostizieren ein starkes Wachstum für die kommenden Jahre. Z.B. schätzt Juniper Research das Marktvolumen für 2021 auf über 6 Mrd. \$US [Barker 2016].

Auch im Bereich des Katastrophenschutzes wird für mAR ein großes Potenzial gesehen und es lassen sich bereits zahlreiche Anwendungsfälle für mAR finden. In diesem Kapitel werden nach einem allgemeinen Überblick über mAR-Anwendungen im Katastrophenschutz (Abschnitt 3.1) existierende Location-based mAR-Anwendungen für Bürger zur Risiko- und Gefahren-Kommunikation aus den Katastrophenschutz-Bereichen „Hochwasserschutz“ (Abschnitt 3.2) und „Sicherheit in Smart Cities“ (Abschnitt 3.3) präsentiert.

2.1 Überblick über mAR-Anwendungen im Katastrophenschutz

Grundsätzlich muss beim Einsatz von mAR im Katastrophenschutz zwischen teuren Spezialanwendungen für Einsatzkräfte und kostengünstigeren Standardanwendungen für Bürger (Massenmarkt) unterschieden werden.

Für Einsatzkräfte im Katastrophenschutz, insbesondere bei kostenintensiven oder risikobehafteten Tätigkeiten (z.B. Militär und Gesundheit), existieren bereits zahlreiche mAR-Spezialanwendungen. Diese zeichnen sich durch teure Spezialhardware (z.B. Datenbrillen, Sensorik) und individuell erstellte, maßgeschneiderte Software aus. Diese für einen speziellen Anwendungsfall erstellten Systeme sind oftmals sehr teuer, aber dafür sehr präzise in der Darstellung der AR-Inhalte.

mAR-Anwendungen für Bürger werden dagegen meist für günstige, bei den Endanwendern oftmals ohnehin vorhandene mobile Geräte (z.B. Smartphones, Tablets) entwickelt. Da keine weitere spezielle Hardware erforderlich ist, sind diese mAR-Anwendungen oftmals günstig, aber aufgrund der eingebauten einfachen Sensorik meist ungenau.

Spezialmarkt (Einsatzkräfte)	Massenmarkt (Bürger)
Information in kritischen Situationen	Information über potentielle Gefahren
Warnung vor Gefahren	Warnung vor Gefahren
Navigation (Zufahrtswege)	Navigation (Fluchtwege)
Training/Ausbildung	Bildung (Lehrpfad)
Echtzeit-Planung von komplexen Maßnahmen/Objekten	Visualisierung von Planungen von Maßnahmen/Objekten
Wartung komplexer Produkte/Objekte	Wartung privater Geräte
Prozessoptimierung	Assistenz
Kooperation in Teams	

Tabelle 2: mAR-Anwendungen im Katastrophenmanagement (Beispiele)

Tabelle 2 listet einige Beispiele für mAR-Anwendungen im Katastrophenschutz auf. Diese unterscheiden sich aus den o.g. Gründen grundsätzlich hinsichtlich der Nutzergruppe (Einsatzkräfte vs. Bürger). Auch inhaltlich verbergen sich hinter ähnlichen Bezeichnungen ganz unterschiedliche Szenarien. So adressiert das Szenario „Navigation“ bei Einsatzkräften das Bereitstellen von Informationen, um möglichst schnell zum Ort der Katastrophe zu gelangen. Bei Bürgern wird es i.d.R. darum gehen, Informationen bereitzustellen, damit die Bürger möglichst schnell und sicher aus dem Gefahrengebiet an einen sicheren Ort gelangen können.

2.2 mAR-Anwendungen für Bürger (Massenmarkt) im Hochwasserschutz

Auch im Bereich Hochwasserschutz lassen sich zahlreiche Anwendungsfälle für mAR finden. In diesem Abschnitt werden existierende mAR-Anwendungen für Bürger im Bereich des Hochwasserschutzes (Hochwassergefahrenkarten, Hochwasserpegel und -warnung, historische Hochwassermarken, aktuelle Wasserstände) vorgestellt.

2.2.1 Hochwassergefahrenkarten

Die EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 2007/60 [EG 2007] sieht die Erstellung von Gefahren- und Risikokarten für Gebiete mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko und darauf aufbauenden Hochwasserrisikomanagementplänen vor. Hochwassergefahrenkarten informieren darüber, welche Gefahr von Hochwasser grundsätzlich ausgehen kann und leisten einen Beitrag zur Hochwasservorsorge.



Abbildung 3: Hochwassergefahrenkarte in Kartenansicht (links) und in Kameraansicht als AR (rechts)

Abbildung 3 zeigt die mobile Anwendung „HochwasserBB“, in der Hochwassergefahrenkarten vor Ort über das mobile Endgerät auf einer Karte (Vogelperspektive) oder als mobile Erweiterte Realität (im Kamerabild des Smartphones) dargestellt werden. Dabei kann der Nutzer anhand von Jährlichkeiten des Hochwasserereignisses (HQHäufig, HQ100, HQExtrem) unterschiedliche Hochwasserszenarien wählen und sich darstellen lassen. Durch den Einsatz von mAR kann der durch die Hochwassergefahrenkarten gezeigte, virtuelle Wasserspiegel direkt in der Realität sichtbar gemacht werden. Damit wird es möglich, Hochwasserszenarien realitätsnah zu erzeugen und damit die Wahrnehmung und Analyse von Gefahren zu erweitern.

Solche mobilen Anwendungen dienen der Verbesserung des Informationsstandes und des Bewusstseins der Bevölkerung über die Hochwassergefahren, um die individuelle Vorsorge zu fördern: Ein Hochwasserrisikobewusstsein besteht beim Bürger oft nur während oder bis kurz nach dem Hochwasserereignis. Ohne ständig wiederkehrende Hochwasserereignisse und die Erinnerung an die bestehenden Gefahren, fällt das Risikobewusstsein relativ schnell wieder auf das Niveau vor dem Hochwasser ab [Müller 2010]. Zur Förderung und Bewahrung des Risikobewusstseins dienen zusätzlich zu periodisch durchgeführten Informationsveranstaltungen auch o.g. mAR-Anwendung. Informationen zur Hochwasservorsorge kommen direkt vor Ort, im Risikogebiet bei den betroffenen oder interessierten Bürgerinnen und Bürgern an. Ein Bürger soll z.B. darüber informiert werden, ob er sich zurzeit in einem von Hochwasser bedrohten Gebiet befindet bzw. wo potentielle Überschwemmungsgebiete liegen.

Außerdem soll er wissen können, wie weit das Wasser im Hochwasserfall fließen kann und ob sein Haus und Grund ausreichend vor Hochwasser geschützt ist. Durch eine solche zielgerichtete Gefahren- und Risikokommunikation kann eine Verbesserung der Eigenvorsorge erreicht werden.

2.2.2 Hochwasserwarnung

Damit die aktuell von einem Hochwasser bedrohten Bürger rechtzeitig Maßnahmen zu ihrem Schutz ergreifen können, müssen sie schnell aktuelle Informationen über den derzeitigen und erwarteten Wasserstand bzw. die aktuelle Hochwassergefahr erhalten [Hornemann 2006].



Abbildung 4: Hochwassermeldepegel auf Karte (links) und in Kamera als AR (rechts)

Abbildung 4 zeigt die App „PegelBB“, die aktuelle Hochwassermelde-Pegel aus Brandenburg als Liste, Karte und Erweiterte Realität darstellt. Jeder Pegel wird durch ein Icon symbolisiert über das eine Detailansicht aktiviert werden kann. In der Detailansicht werden dann zu dem Pegel, seine Bezeichnung, Position, der aktuelle Pegelstand, die Warnstufe sowie weitere aktuelle Informationen angezeigt.

Diese mobile Anwendung dient der besseren Informationsversorgung, frühzeitigen Warnung und besserer Erreichbarkeit der Bevölkerung. Zusätzlich kann die Bevölkerung durch Warnungen über die aktuelle Hochwassergefahr unterrichtet werden. Solche Hochwasser-Warnungen können auch aktiv an die Nutzer übermittelt werden (Push-Notification). So kann die Bevölkerung rechtzeitig etwas zu ihrem Schutz tun (z.B. Türen oder Fenster mit Dammbalken oder Sandsäcken sichern).

2.2.3 Historische Hochwassermarken und aktuelle Wasserstände (VGI)

Historische Hochwassermarken dienen dazu, die Wahrnehmung für die bestehende Hochwassergefahr an in der Vergangenheit überfluteten Orten zu stärken und wach zu halten. Sie zeigen Überflutungshöhen von historischen Hochwassern an und erinnern damit an diese vergangenen Überschwemmungen [Petrov 2003].

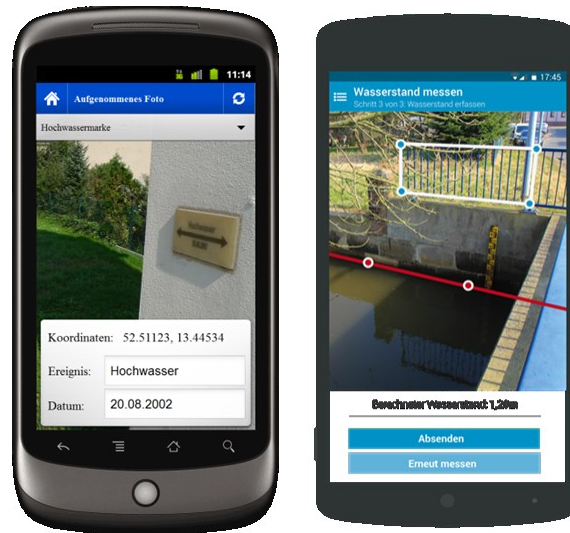


Abbildung 5: Erfassung einer histor. Hochwassermarke (links), Messung des Wasserstands (rechts)

Abbildung 5 (links) zeigt die App „HochwasserMarkeBB“, mit der historische Hochwassermarken im Land Brandenburg als Liste, Karte und Erweiterte Realität im mobilen Endgerät dargestellt werden. In der Detailansicht werden ein Foto, das Datum des Hochwassers und andere Informationen dargestellt. Darüber hinaus können von der interessierten Bevölkerung Hochwassermarken selbst erfasst werden. Hierfür besteht die Möglichkeit, ein Foto von der Hochwassermarke zu erstellen und erforderliche Metadaten (z.B. Datum des Hochwassers) zu erfassen.

Abbildung 5 (rechts) zeigt die App „VGI4HWM“, die mAR nutzt, damit Freiwillige Wasserstände mit dem Smartphone messen können [Burkard et al. 2017a]. Der Wasserstand an vordefinierten Messstellen ist eine wichtige Eingangsgröße für Hochwasserprognosesysteme, da dieser Parameter für die Bestimmung des Durchflusses von Bedeutung ist. Mit dieser App zeichnet der Nutzer mindestens vier Punkte auf dem Bild ein, die bekannten Referenzpunkten entsprechen, um die Messposition zu bestimmen. Danach wird vom Nutzer zusätzlich die Wasserlinie in das Bild eingezeichnet, um den Wasserstand zu bestimmen.

Eine solche mobile Anwendung dient der Involvierung und Aktivierung der Bevölkerung sowie der Steigerung des Bewusstseins der Bevölkerung über die Gefahren und Schadenspotenziale von Hochwassern. Es soll nicht nur die Erinnerung an vergangene Hochwasser-Ereignisse bewahrt werden. Zudem soll die Bevölkerung zu einem kontinuierlichen Engagement für Vorsorge veranlasst werden, in dem sie sich der spezifischen Hochwassergefahren bewusst werden.

2.2.4 Hochwasser-Lehrpfad

Ein (Natur-) Lehrpfad dient verschiedenen Aufgaben. Dazu gehören u.a. die Umweltbildung, die Förderung der Regionalentwicklung, die Besucherlenkung und die Vermittlung einer spezifischen Thematik, z.B. der Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung über Hochwassergefahren [Szekeres 1999].

Mit einer mobilen AR-Anwendung können Informationen über die Position der Objekte auf einem Lehrpfad sowie zugehörige Lern-Inhalte im Kamerabild angezeigt werden. Dadurch können die einzelnen Objekte leichter gefunden werden (Orientierung im Gelände, Wegweiser auf dem Pfad) und aktuelle (Zusatz-) Informationen kostengünstig bereitgestellt werden (multimedialer, selbstgesteuerter Lernprozess).

2.3 mAR-Anwendungen für Bürger zur Sicherheit in Smart Cities

In diesem Abschnitt werden existierende mAR-Anwendungen für Bürger im Bereich der Sicherheit in Smart Cities (aktuelle Verbrechensinformationen, sichere Navigation) vorgestellt. Diese mobilen Anwendungen wurden im EU-Projekt „City.Risks“ implementiert. Das Ziel dieses Projektes besteht in der Entwicklung von IT-Lösungen, die Sicherheitsrisiken in städtischen Umgebungen verringern oder verhindern sowie die Angst der Bürger vor Verbrechen und Kriminalität reduzieren.

2.3.1 Laufende kriminelle Vorgänge in der Umgebung

Großräumige, aktuell laufende Vorfälle (wie Unruhen, Schießereien, gewalttätige Handlungen sowie Unruhen an öffentlichen Plätzen) neigen dazu, große Menschenansammlungen zu beinhalten und zu überfüllten städtischen Gebieten zu führen und können negative Auswirkungen auf Unbeteiligte haben. Das Sammeln von Informationen über die Entstehung und Entwicklung dieser Vorgänge sowie die rechtzeitige Information der Menschen in der unmittelbaren Umgebung kann daher von großer Bedeutung sein.

Abbildung 6 (links) zeigt eine mobile Anwendung, die mAR nutzt, um Informationen über aktuell laufende kriminelle Vorfälle in der Stadt zu zeigen und es den Nutzern zu ermöglichen, selbst aktiv solche Ereignisse zu melden. Durch den Einsatz der mobilen Anwendung bleiben die Nutzer (einschließlich Einwohner und Besucher) über die Sicherheitsbedingungen informiert, indem Sie aktuelle Informationen erhalten. Mittels mobiler Erweiterter Realität sehen die Nutzer Berichte über kriminelle Vorgänge in der Umgebung und explorieren Kriminalitäts-bezogene Daten zu diesem Gebiet. Die Nutzer dienen dabei als Sensoren (citizen sensors), indem sie kriminelle Vorkommnisse an die verantwortlichen Stellen berichten (Fotos und Videos aufnehmen etc.). Die verantwortlichen Stellen können basierend auf den Informationen agieren und Informationen über ihre Aktivitäten mit der Öffentlichkeit teilen.

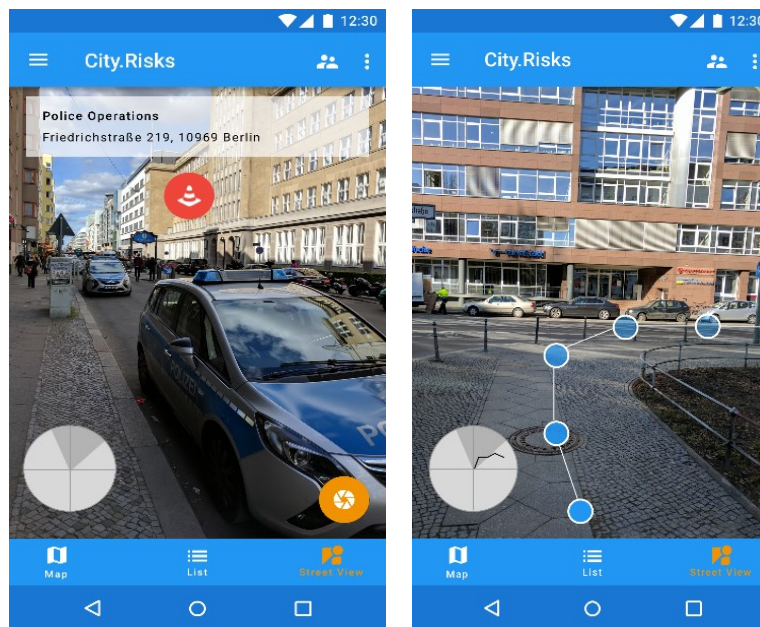


Abbildung 6: Laufende Vorkommnisse in Umgebung (links), Sichere Navigation (rechts)

Diese mobile Anwendung dient als Zwei-Wege-Kommunikations-Kanal zwischen den Nutzern der App und den verantwortlichen Stellen. Das Berichten und Teilen von Informationen zwischen Bürgern und Behörden über Verbrechen mittels mobiler Apps kann das öffentliche Vertrauen und die Wahrnehmung von Sicherheit erhöhen.

2.3.2 Sichere Navigation (aus einem gefährlichen Gebiet an einen sicheren Ort)

Wenn ein Bürger oder Besucher sich an einem bestimmten Ort in einer Stadt unsicher fühlt, ist es sehr wichtig, Informationen darüber bereitzustellen, wie dieser von diesem „unsicheren“ Ort zu einem sicheren Ort gelangen kann, wo er sich sicher fühlen kann.

Abbildung 6 (rechts) zeigt eine mobile Anwendung, die es mittels mAR ermöglicht, aus einem gefährlichen Gebiet zu einem sicheren Ziel zu navigieren: Fühlt sich der Nutzer der mobilen Anwendung an einem bestimmten Ort oder in seiner aktuellen Situation unsicher, kann der Nutzer die mobile Anwendungen nutzen, um nach einem sicheren Ziel zu suchen. Dies sind z.B. individuell gespeicherte Adressen (zu Hause, Hotel), nahe gelegene „sichere Häfen“ (werden durch die App vorgeschlagen) oder ein anderer Ort (über Karten- oder Adresssuche). Danach erhält der Nutzer detaillierte Informationen über die verschiedenen Orte, wählt ein sicheres Ziel aus und fordert eine „Sichere Route“ zu diesem Ziel über die App an. Das System berechnet die sichere Route (inkl. sichere Alternativen) und liefert diese an den Nutzer zurück (inkl. Angaben zu Länge, Dauer, Sicherheits-Bewertung). Der Nutzer wählt eine Route aus und navigiert unter Nutzung von mobiler Erweiterter Realität zu dem ausgewählten Ziel. Dabei wird die ausgewählte Route im Kamera des Smartphones als durch eine Linie miteinander verbundene Kreise dargestellt. Näher gelegene Kreise werden größer und undurchsichtiger dargestellt als weiter entfernte. Der Benutzer folgt der Route, die von der Linie, die die Kreise verbindet, gezeichnet wird. Auf diese Art und Weise kann der Nutzer mittels erweiterte Realität aus einem gefährlichen Gebiet zu einer sicheren Ziel navigieren.

3 Vorteile und Nutzen

mAR ist eine neuartige Nutzerschnittstelle, die im Ortskontext eine unmittelbare neue mediale Erfahrung ermöglicht. Der Einsatz von mAR zur gemeinsamen Wahrnehmung von realer und virtueller Welt im Ortskontext bietet neue Möglichkeiten zur Wahrnehmung der Realität sowie der Rückkopplung zwischen realer und virtueller, digitaler Welt.

3.1 Wahrnehmung von realer und virtueller Welt als Einheit

Mit mAR können Objekte der natürlichen Welt mit zusätzlichen digitalen Informationen angereichert werden. Z.B. können zu einem Bauwerk an einem Gewässer, z.B. ein Staudamm, zusätzliche Informationen zu seiner Geschichte, Modelle der verschiedenen Phasen seiner Entstehung, Animationen zur Bauart, Informationen zum Betreiber etc. im Kamerabild dargestellt werden. Doch dabei werden die (hydrologisch) relevanten Informationen (Messwerte, Modelldaten etc.) nicht nur über Ihren Raumbezug abgefragt (ortsbezogene Dienste), sondern auch intelligent mit der

„realen Welt“ verknüpft. Die Sicht auf die reale Welt wird durch digitale Informationen angereichert und die digitalen Informationen werden derart in ihren realen, räumlichen Kontext gesetzt, dass reale und virtuelle Welt als Einheit wahrgenommen werden. Dies ermöglicht eine neuartige Wahrnehmung der Wirklichkeit sowie der digitalen Daten.

Wahrnehmung des Ortes: Die Anreicherung der Realität mit Informationen ermöglicht einerseits eine neuartige Wahrnehmung des Ortes. Die als erweiterte Realität dargestellten Inhalte können Informationen aus der Vergangenheit, Gegenwart oder Zukunft sein. Damit können Dinge sichtbar gemacht werden, die nicht mehr sichtbar sind (z.B. nicht mehr vorhandene Gebäude wie ein im Krieg zerstörtes Haus, von vergangenen Hochwassern verursachte Schäden), die derzeit nicht sichtbar sind (z.B. aktuelle Informationen zur Wasserqualität, zum Pegelstand oder zum derzeitigen Hochwasserrisiko) oder die noch nicht sichtbar sind (z.B. das Aussehen eines Gewässers nach der Renaturierung, Planungen von Überflutungsflächen und Hochwasserschutzmaßnahmen, wie Verwallungen, Deiche etc.).

Durch den Einsatz von mobiler Erweiterter Realität kann bspw. der virtuelle Wasserspiegel eines Hochwassers (Ergebnisse von Hochwassersimulationen, verschiedene Überflutungsszenarien bei bestimmten Pegelständen, bestimmten Jährlichkeiten oder historische Hochwasserereignisse) vor Ort und direkt in der Realität sichtbar gemacht. Damit werden Hochwasserszenarien realitätsnah dargestellt sowie die Wahrnehmung und Analyse von Hochwasser-Gefahren verbessert, was eine genauere Hochwasser-Gefährdungsanalyse für ein konkretes Gebäude ermöglicht. Dies ist von großem Nutzen bei der Identifizierung von Schadenspotenzialen als Grundlage für das Einleiten von Schutzmaßnahmen als auch für die Identifizierung von Schadensursachen nach einem Hochwasser, der Verbesserung des Informationsstandes und des Bewusstseins der Bevölkerung über die Hochwassergefahren und die Notwendigkeit von Eigenvorsorge.

Wahrnehmung der digitalen Informationen: Andererseits ermöglicht die Anreicherung der Realität mit Informationen aber auch eine neuartige und verbesserte Wahrnehmung der als erweiterte Realität im Ortskontext dargestellten digitalen (Zusatz-) Informationen. So kann genauer die Korrektheit und Validität von digitalen Informationen, wie numerisch berechneten Daten (z.B. Hochwassergefahrenkarten) oder gemessenen Werten (z.B. Hochwassermeldepegeln) überprüft werden, wenn

diese vor Ort im Kamerabild mit der durch sie charakterisierten Realität verknüpft dargestellt werden. Darüber hinaus ermöglicht dies eine bessere Analyse und Interpretation der digitalen Daten vor Ort (z.B. welche Gefahr geht von einem Hochwasser für mein Haus aus) und somit eine bessere Entscheidungsfindung (z.B. einzuleitende Hochwasser-Schutzmaßnahmen). Auf diese Weise ist also eine bessere Interpretation und genauere Validierung der Daten und somit eine effizientere Entscheidungsunterstützung möglich.

3.2 Herstellen des Realitäts-Virtualitäts-Kreislaufs

Doch die mit mAR im Kontext ihrer realen Welt dargestellten und mit der realen Welt als Einheit wahrgenommenen digitalen Informationen haben ihren Ursprung meist in dieser realen Welt. Sie werden oftmals (als Geodaten) über Messungen manuell durch die Nutzer oder automatisiert durch spezielle Sensoren und Sensornetze erfasst (z.B. Pegeldata) und direkt oder in weiterverarbeiteter Form (z.B. numerische Berechnung von Hochwasserszenarien) in entsprechenden Informationssystemen (z.B. GeoDB, GIS) gespeichert. Diese digitalen Daten und Modelle werden nun mit mAR nicht nur vor Ort verfügbar gemacht, sondern wieder in ihrem realen Kontext visualisiert, d.h. auch mit der Realität vor Ort verknüpft, so dass Realität und ortsbezogene Daten als Einheit wahrgenommen werden können.

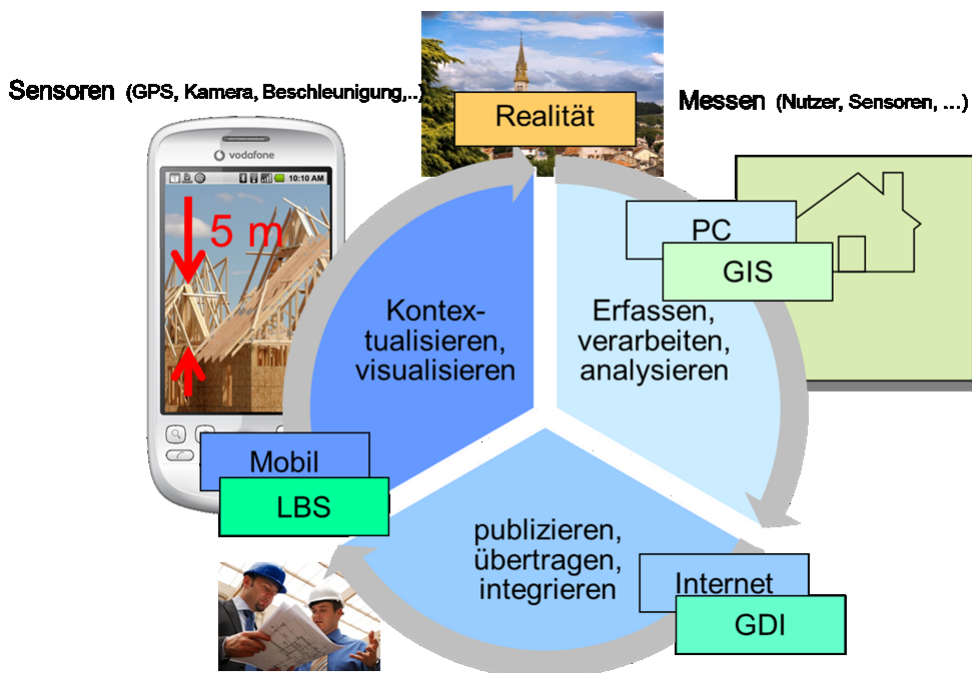


Abbildung 7: Kreislauf von der Realität über das digitale, virtuelle Modell zur Realität [Wagner 2010]

In diesem Sinne schließt mAR den Kreis von der Realität über die Digitalisierung wieder zurück zur Realität. Die Digitalisierung ist also keine Endstation, sondern eine Zwischenstufe [McGuire 2006; Wagner 2010]. Damit kann der Kreis zu einem Realitäts-Virtualitäts-Kreislauf geschlossen werden, der Rückkopplungen zwischen Realität und Darstellung in mAR ermöglicht:

Erfassung der Realität: Die in den mobilen Geräten verfügbaren Sensoren ermöglichen nicht nur die kontextbezogene Visualisierung der digitalen Inhalte als erweiterte Realität. Sie ermöglichen auch die Erfassung neuer Messwerte und neuer Inhalte durch die eingebauten Sensoren (digital sensors) sowie die Nutzer (human sensors), die Bearbeitung der digitalen Inhalte als auch die Interaktion mit den Inhalten im Kontext der Realität. So können vor Ort die gespeicherten Daten aktualisiert oder neue Daten erhoben werden. Beispielsweise können mit der eingebauten Kamera Wasserstände als Input für Hochwasserprognosemodelle gemessen [Burkard et al. 2017a], Hochwasserschäden erfasst oder die Größe von Gebäuden vermessen werden. Mit den eingebauten Sensoren können auch die Höhe (Barometer) oder die Geschwindigkeit des Nutzers bestimmt werden. Der Nutzer kann auch mit anderen Geräten gemessene Werte über das Gerät erfassen, z.B. Bodenfeuchte. Zwar lassen sich aufgrund der noch hohen Ungenauigkeit klassische, genormte Datenerhebungsprozesse (z.B. Windstärke) nicht umsetzen. Es können aber innovative Geschäftsprozesse realisiert werden, bei denen schwächere Anforderungen an das Messverfahren gestellt werden können (z.B. Vermessung von Räumen für die Organisation einer Veranstaltung).

Gestaltung der Realität: Darüber hinaus kann der Nutzer mit den digitalen, virtuellen Objekten im Kontext der Realität interagieren und damit die zukünftige Realität planen und ggf. gestalten, z.B. im Rahmen Analyse verschiedener Hochwasserszenarien oder der Planung zu Maßnahmen an Gewässern (z.B. bei einer Renaturierung oder Hochwasserschutzmaßnahmen): Bspw. können zur besseren Analyse und Entscheidungsfindung bei einer geplanten Baumaßnahme für den Hochwasserschutz an einer kritischen Flussstelle unterschiedliche Alternativen bzw. Planungsvarianten (Deichbau, Ringdeich, Rückverlegung etc.) im Kamerabild als Erweiterte Realität (z.B. in Form von 3D-Visualisierungen) dargestellt werden, indem die Realität mit den 3D-Modellen der verschiedenen Planungsvarianten überlagert wird. So können die einzelnen Alternativen vor Ort in der Realität bewertet und miteinander verglichen

werden. Diese Art der Visualisierung kann den Planungsaufwand deutlich reduzieren, da die Auswirkungen plastischer werden und die Analyse präziser durchgeführt werden kann. Durch die verschiedenen Planungsvarianten können Alternativen diskutiert und eine optimale Entscheidung getroffen werden, wie die Realität gestaltet werden soll.

Erforderlich sind hierfür allerdings Techniken zur Unterstützung der Interaktion mit den In-Kontext-Visualisierungen der Daten, um die Auswirkungen von solchen Prozessen zu analysieren (monitoring), zu bestimmen und mit Mitarbeitern, Partnern, Betroffenen etc. zu diskutieren, um damit mögliche Lösungen zu erhalten.

3.3 Rückkopplungen durch den informierten Nutzern

mAR-fähige Endgeräte (Smartphones, Tablets etc.) sind kostengünstig und massenhaft verbreitet. Dadurch können mAR-Anwendungen durch eine riesige Anzahl von Nutzern eingesetzt werden - also nicht nur von wenigen Fachexperten, sondern von einer sehr großen Anzahl an Nicht-Experten (z.B. „normale“ Bürger und Mitarbeiter), um mit den Daten – insb. Gefahren- und Risiko-Informationen - zu interagieren, neue Daten zu erfassen oder die vorhandenen Daten zu bewerten, zu ergänzen oder zu modifizieren bzw. zu aktualisieren. Dies bietet neue Möglichkeit für Transparenz, Partizipation und die Effizienz der Datenverarbeitung.

Transparenz: mAR bietet die Möglichkeit, ortsbasierte Gefahren- und Risiko-Informationen in die Breite zu bringen. Die Verfügbarkeit und Nutzung von Daten als mAR auf weit verbreiteten mobilen Geräten (Smartphones, Tablets etc.) bietet Transparenz gegenüber den Mitarbeitern, den Kunden und Partnern sowie der Bevölkerung. Beispielsweise können Bürger im Falle eines Überschwemmungsgebiets erkennen, ob sie betroffen sein könnten. Z.B. können bei Planung und Bau einer Hochwasserschutzmaßnahme mittels mAR alle Beteiligten (z.B. Mitarbeiter, Bürgermeister, Umweltgruppen, betroffene Bürger etc.) frühzeitig die Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahmen visuell und akustisch erleben und sich eine objektivere Meinung bilden, in dem die Umsetzung der Maßnahme mit ihren Auswirkungen als mAR visualisiert wird. Dies ist insbesondere für Behörden, wie Landesumweltämter, von großer und aktueller Bedeutung (Open Data). Beispielsweise müssen Hochwassergefahren- und risikokarten bis 2013 europaweit aufgrund der HWRM-RL (2007/60 EG 2007) den Bürgern zugänglich gemacht und

veröffentlicht werden. Die frühzeitige und realitätsnahe Information der betroffenen Bürger über die Auswirkungen einer Hochwasserschutzmaßnahme hilft, Probleme frühzeitig zu erkennen und Konfliktpotenzial abzubauen.

Bürgerbeteiligung (Partizipation): Es zeigt sich angesichts der gesellschaftspolitischen Diskussion bei neuen Großprojekten (Stuttgart21, BER, Windkraftanlagen etc.), dass klassische Planungsmechanismen und -Instrumente oft nicht mehr gesellschaftsfähig sind bzw. eher technologieorientiert als bedarfsorientiert verfolgt werden. Um zu einer zukunftsfähigen Konsensbildung der Bevölkerung beizutragen, sind dringend neue Partizipationsprozesse und Beteiligungsverfahren notwendig. Die höhere Transparenz durch die Verfügbarkeit und realitätsnahe Darstellung von Gefahren- und Risiko-Informationen als mAR auf mobilen Geräten ermöglicht auch eine stärkere Involvierung der Bevölkerung in Diskussions- und Entscheidungsprozesse, z.B. bei der Entscheidung über Baumaßnahmen zum Hochwasserschutz. Ein interessierter oder womöglich betroffener Bürger kann direkt in die Überflutungsgebiete mit seinem Mobilgerät „hineingehen“ bzw. „hineinschauen“ und damit die zuvor berechneten Informationen in der realen Welt besser verstehen. Die Bevölkerung kann frühzeitig die Auswirkungen von Baumaßnahmen visuell und akustisch erleben, sich eine objektive Meinung bilden und somit zur Teilnahme an den Entscheidungsprozessen angeregt werden. Mit dieser Technologie kann aber auch gemeinsam vor Ort mit allen Beteiligten die Situation diskutiert und erforderliche Maßnahmen (z.B. zum Hochwasserschutz) diskutiert und beschlossen werden. Damit können häufig kritische Naturschützer wie auch betroffene Bürger, aber nicht zuletzt auch der Auftraggeber, z.B. ein Bürgermeister, die berechneten Auswirkungen bzw. die geplanten Maßnahmen realitätsnah und in situ erfahren und sich mit den anderen darüber austauschen.

Effizienz der Datenverarbeitung: Die hohe Verfügbarkeit mobiler Endgeräte und deren Nutzung durch Jedermann im Ortskontext ermöglicht auch eine effizientere Erfassung und Verarbeitung der ortsbezogenen Daten, da eine größere Menge an Nutzern an den Prozessen der Datenerhebung, -verarbeitung, -analyse, -bereitstellung beteiligt werden kann. Zudem bietet dies aber auch enormes Potenzial für die Nutzung der Idee des Crowd Sourcing, d.h. die Delegation der Aufgabe der Erfassung, Erzeugung, Zusammenstellung und Verarbeitung von ortsbezogenen Daten an eine größere Anzahl an Menschen (z.B. Mitarbeiter, registrierte Freiwillige,

ungebundene Helfer oder sogar die allgemeine Öffentlichkeit). Beispielsweise können Nutzer neue Daten erfassen (z.B. aktuelle Hochwasserstände und Hochwasserschäden, historische Hochwassermarken, Zustand von Gewässern, Gebäuden an Gewässern) oder vorhandene Daten bewerten bzw. Feedback geben, i.S.v. Plausibilität, Aktualität, Korrektheit, Nützlichkeit von Daten, z.B. Pegeldaten. Dies kann für Unternehmen aber auch Behörden (u.a. Umweltämter, z.B. bei der Erfassung von Hochwasserschäden) große Effizienzsteigerung und Entlastung der ohnehin knappen Personalressourcen bedeuten.

Aufgaben des Hochwasserschutzes sind oft mit einem hohen personellen / manuellen Aufwand verbunden. Den Behörden werden immer mehr Aufgaben übertragen, wobei gleichzeitig immer weniger Mittel zu ihrer Erfüllung zur Verfügung stehen. Ein Ausweg aus diesem Dilemma scheint darin zu bestehen, dass Teile der Bevölkerung einen Teil der Aufgaben übernehmen bzw. bei der Erfüllung der Aufgaben unterstützen. Anwohner in Hochwassergebieten haben eine hohe Eigenmotivation, aktuelle Informationen zu erhalten. Via mAR können diese ihren Beitrag zu einer Informationsverfügbarkeit, -aktualität und -qualität beitragen. Gleichzeitig werden sie in die Aufgaben des Hochwasserschutzes involviert, was die Bildung und Bewahrung eines Bewusstseins für das Hochwasserrisiko unterstützt. Beispielsweise könnten interessierte Bürger die Aufgabe der Beobachter ehrenamtlich übernehmen und die Wasserstände an den Pegellatten automatisiert über mAR erfassen oder nach einem Hochwasser die entstandenen Schäden oder Geschwemmsellinien dokumentieren.

4 Probleme und Herausforderungen

Mobile Augmented Reality verfügt über ein großes Einsatz-Potenzial, insb. im Katastrophenschutz. Doch um dieses Potenzial auch auszuschöpfen, werden Lösungsansätze für die bestehenden Probleme und Herausforderungen benötigt. Tabelle 3 gibt einen Überblick über derzeit bestehende Probleme und Herausforderungen aus verschiedenen Bereichen.

Bereich	Problem / Herausforderung
<i>Nutzerfreundlichkeit</i>	Nutzerfreundliche Handhabung (Hands-free)
	Nutzerfreundliche Steuerung (Interaktion)
	Blickgerechte Bilddarstellung (Sensorik)
<i>Technologie</i>	Ausdauernde Batterieleistung
	Ausreichende Rechenleistung
	Leistungsfähige Netzwerkinfrastruktur

<i>Regulation</i>	Vertrauenswürdiger Datenschutz
	Schutz der Privatsphäre
<i>Ökonomie</i>	Hohe Entwicklungskosten

Tabelle 3: Hürden des Einsatzes und der Verbreitung von mAR

4.1 Nutzerfreundlichkeit (Usability)

Für Bürger im Bereich des Massenmarktes werden heutzutage meist handelsübliche Smartphones oder Tablets verwendet. Diese Endgeräte stellen die digitale Information unmittelbar im natürlichen Blickfeld des Nutzers dar. Damit ist keine gesonderte Kopfbewegung und/oder kognitive Leistung mehr erforderlich, um die Information – z.B. von einer Karte – aufzunehmen und sich in der Realität vorzustellen. Die Darstellung und Handhabung der Information im eigentlichen Sichtfeld des Nutzers ist zweifelsohne weniger ablenkend, als dies bei den derzeit üblichen mobilen Endgeräten der Fall ist. Der Grad der Nutzerfreundlichkeit dieser mobilen Endgeräte weist aber noch einige Probleme auf und lässt sich noch weiter steigern.

Handhabung (Hands-free): Die Nutzer empfinden es als oftmals als störend und unangenehm, mit vorgehaltenem mobilen Endgerät (Smartphone etc.) durch die Gegend zu laufen. Zudem wirkt sich längeres Halten eines mobilen Geräts mit ausgestrecktem Arm ermüdend auf den Arm aus. Momentan wird daher viel mit 'Hands-free'-Anwendungen experimentiert. Z.B. bieten Datenbrillen ganz neue Möglichkeiten. Aber auch gegenüber Datenbrillen zeigen sich viele Nutzer abgeneigt, ihr tägliches Leben mit dem auffälligen Headset zu verbringen. Zudem wird auch von „Motion Sickness“ (Übelkeit, Schwindelgefühlen etc.) bei längerer Nutzung von Datenbrillen berichtet [Lawson 2014]. Das zukünftige Potenzial wird daher bei Augmented-Reality-Kontaktlinsen gesehen.

Blickgerechte Darstellung (Sensorik): Die größte Hürde der technischen Umsetzung lag bislang meist im räumlichen Tracking. So neigt beispielsweise beim location-based mAR die IMU-Sensorik zur Erzeugung eines „Drifts“ bei der Rotationsbestimmung und kann auch die absolute Blickrichtung aufgrund lokaler Störungen des globalen Magnetfeldes sowie die Position des Nutzers aufgrund ungenauer Messwerte oft nur ungenau erfassen [Blum et al. 2012]. Beim vision-based AR kann die Überlagerung eines Objektes mit digitalen Inhalten fehlschlagen, wenn das Objekt bspw. durch eine unpassende Perspektive, schlechte Lichtverhältnisse oder eine zu schnelle Bewegung nicht erkannt werden kann. Zukünftig sind in diesem

Bereich Verbesserungen in der Sensorik und bildverarbeitenden Algorithmen erforderlich und erwartbar.

Interaktion (Steuerung): Ein weiteres Problem bei den derzeit vorhandenen Realisierungen von mobiler Augmented Reality besteht in der Steuerungsform der Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Eine Interaktion mit den als mAR dargestellten Objekten ist derzeit kaum möglich und auch die Steuerung der Anwendungen ist oftmals kompliziert. Hier erscheinen beispielsweise Steuerungen mittels intuitiver, natürlicher Körperbewegungen des Menschen (insbesondere auch Gesten-Steuerung) besonders zukunftsweisend [Heng et al. 2015].

4.2 Technologie

Aber auch auf der Ebene der technischen Infrastruktur sind noch einige Hürden zu bewältigen, damit mAR sinnvoll eingesetzt werden kann:

Rechenleistung: Für mAR-Bildberechnungen und -darstellungen in Echtzeit bzw. ohne Verzögerungen ist eine hohe Rechenleistung erforderlich, um Diskrepanzen zwischen Bewegungen in der realen Welt und angezeigten Inhalten zu vermeiden. Durch die rapide Entwicklung der Rechenleistung, insbesondere auch im Bereich mobiler Technologien, können Verzögerungen mittlerweile weitgehend vermieden werden. Doch in einfachen, handelsüblichen Smartphones ist die erforderliche Rechenleistung oftmals nicht ausreichend verfügbar.

Ausdauernde Batterieleistung: Die erforderliche hohe Rechenleistung führt zu einem hohen Stromverbrauch. Momentan verfügbare Batterien können die handelsüblichen mobilen Geräte oftmals nicht ausreichend lange versorgen und erreichen im Betrieb teilweise auch hohe Temperaturen. In der praktischen Anwendung können daher derzeit mAR-Anwendungen nur für kurze Zeit, aber nicht im längeren Betrieb eingesetzt werden, was insbesondere beim Einsatz während einer Katastrophe, in der ein Aufladen der Batterie zeitlich oder technisch nicht möglich ist, problematisch ist.

Leistungsfähige Kommunikationsnetze: Für mAR-Anwendungen ist aufgrund der oftmals umfangreichen Datenflüsse meist eine mobile Datenverbindung mit einem hohen Datendurchsatz erforderlich. Es wird ein hinreichend leistungsfähiges Breitbandnetz benötigt, das in der Lage ist, die Datenmengen schnell, zuverlässig und

vollständig zu transportieren. Ist das Kommunikationsnetz nicht hinreichend leistungsfähig (insb. hinsichtlich Verfügbarkeit und Geschwindigkeit) kann dies bei mAR-Anwendungen zu Verzögerungen bei der Bild-Darstellung führen (ähnlich wie bei unzureichender Rechenleistung). Während in Städten meist eine gute Mobilnetz-Abdeckung und -Anbindung verfügbar ist, besteht diese im ländlichen Raum oftmals noch nicht. Ein flächendeckendes, breitbandiges Netz ist in Deutschland vorerst nicht in Sicht. Mit dem begonnenen Ausbau der digitalen Infrastruktur und des „schnellen Internets“ in Deutschland wird aber in naher Zukunft eine entsprechende Infrastruktur zur Verfügung stehen.

4.3 Regulation - Datenschutz und -sicherheit

Die Gewährleistung von **Datenschutz und Datensicherheit** ist unabdingbar für den Erfolg der mAR. Doch mit mAR sind auch in diesem Bereich einige Probleme verbunden [Roesner et al. 2014], insbesondere weil mAR-Anwendungen (wie Daten-Brillen) meist ständig an sind und Daten aus der Umgebung erfassen (always-on, always-sensing inputs) sowie der Richtigkeit der dargestellten Daten vertraut werden muss. Datenschützer befürchten, dass mit mAR in die Persönlichkeitsrechte eingegriffen wird. Vor allem die Möglichkeit einer automatischen Gesichtserkennung (vision-orientierte AR) erzeugt Angst vor Überwachungssystemen und provoziert starke Diskussionen sowie gesellschaftliche Widerstände. Die Anbieter müssen das Vertrauen der Kunden gewinnen und über Risiken vollständig aufklären. Hierbei sind Transparenz sowie geteilte Kontrolle und Steuerung Schlüsselemente. Dies führt zu einem mündigen Bürger, der sich bewusst für die Nutzung eines Services entscheiden kann. Zudem ist ein internationaler Rechtsrahmen – wie von der EU-Kommission bereits gefordert - erforderlich.

4.4 Ökonomie - Entwicklungskosten

Die hohen **Entwicklungskosten** für mAR-Anwendungen sind ein weiteres großes Hindernis für die weite Verbreitung von mAR-Anwendungen. Derzeit sind mAR-Anwendungen oftmals Einzel- und Speziallösungen. Es fehlen effiziente, standardisierte Entwicklungswerkzeuge für die gesamte mAR-Wertschöpfungskette: von der Content-Produktion, über die Datenintegration, -verarbeitung und -bereitstellung bis hin zur Darstellung der Inhalte auf den mobilen Endgeräten. Es muss durch Plattformen einfacher werden, mAR-Content zu produzieren und Anwendungen in

kürzerer Zeit und mit weniger Ressourcen zu erstellen. Einige erste Schritte wurden bereits unternommen: zum einen in Richtung der Entwicklung von mAR-Inhalte-Plattformen, z.B. holgAR [Fuchs-Kittowski et al. 2012] als auch von mAR-SDKs, z.B. MolAR [Burkard et al. 2017b].

5 Zusammenfassung

Mit der neuen Generation an weit verbreiteten und leistungsfähigen mobilen Endgeräten (Smartphones etc.) ist eine technische Basis vorhanden, die die Entwicklung und den Einsatz eine Vielzahl verschiedene mAR-Anwendung in unterschiedlichsten Bereich ermöglicht, insb. auch im Bereich der Gefahren- und Risiko-Kommunikation, z.B. im Hochwasserschutz und im Urbanen Sicherheitsmanagement.

mAR reichert die menschliche Wahrnehmung der Realität mit zusätzlichen digitalen (virtuellen) Informationen an. Dies ermöglicht neue Wege der Wahrnehmung des gegenwärtigen Ortes sowie der Gefahren und Risiken an diesem Ort als auch der digitalen (Gefahren- und Risiko-) Information selbst. Die digitale (virtuelle) Information wird mit der umgebenden Realität als Einheit wahrgenommen. mAR unterstützt damit zum einen die Erfassung der gegenwärtigen Realität und zum anderen auch die Gestaltung der zukünftigen Realität. Der Einsatz von mAR im Katastrophenschutz ermöglicht darüber hinaus eine stärkere Einbindung der Bevölkerung, was Transparenz, Partizipation sowie eine effizientere Datenverarbeitung ermöglichen kann. Allerdings sind, um diese Potenziale ausschöpfen zu können, noch eine Reihe von Problemen und Herausforderungen in unterschiedlichen Bereichen zu bewältigen.

6 Literaturverzeichnis

- Adhani, N.I.; Awang Rambli, D.R. (2012): A Survey of Mobile Augmented Reality Applications. In: *Int. Conf. Future Trends in Computing and Communication Technologies*, S. 89-95.
- Amin, D.; Govilkar, S. (2015): Comparative Study of Augmented Reality SDK's. In: *Int. J. Computational Sciences & Applications* 5(1), S. 11-26.
- Azuma, R.T.A. (1997): A Survey of Augmented Reality. In: *Presence - Teleoperators and Virtual Environments*. 6(4), S. 355-385.
- Bae, H.; Walker, M.; White, J.; Pan, Y.; Sun, Y.; Golpavar-Fard, M. (2016): Fast and scalable structure-from-motion based localization for high-precision mobile augmented reality systems. In: *mUX J Mob User Exp* 5(4), doi:10.1186/s13678-016-0005-0.

- Barker, S. (2016): Augmented Reality - Developer & Vendor Strategies 2016-2021. Juniper Research.
- Bischoff, A. (2011): Dienste für Smartphones an Universitäten - ein plattformunabhängiges Augmented Reality Campus-Informationssystem für iPhone und Android-Smartphones. In: Roth, J.; Werner, M. (Hrsg.): *Ortsbezogene Anwendungen und Dienste*. 8. GI/KuVS-Fachgespräch, Berlin: Logos, S. 127-135.
- Blum, J.R.; Greencorn, D.G.; Cooperstock, J.R. (2012): Smartphone Sensor Reliability for Augmented Reality Applications. In: Zheng, K.; Li, M.; Jiang, H. (Hrsg.) *Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking, and Services (MobiQuitous2012)*. LNICT, vol. 120, Berlin Heidelberg: Springer, S. 127–138, doi:10.1007/978-3-642-40238-8_11.
- Burkard, S.; Fuchs-Kittowski, F.; O'Faolain de Bhroithe, A. (2017): Mobile crowd sensing of water level to improve flood forecasting in small drainage areas. In: Denzer, R. (Hrsg.): *Environmental Software Systems (ISESS2017)*, Berlin: Springer (im Erscheinen).
- Burkard, S.; Fuchs-Kittowski, F.; Himberger, S.; Fischer, F.; Pfennigschmidt, S. (2017): Mobile Location-based Augmented Reality Framework. In: Denzer, R. (Hrsg.): *Environmental Software Systems (ISESS2017)*, Berlin: Springer (im Erscheinen).
- EG 2007/60 (2007): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. ABl. L 288 vom 06.11.2007.
- Fuchs-Kittowski, F. (2012): Mobile Erweiterte Realität. In: WISU 41(2), S. 216-224.
- Fuchs-Kittowski, F.; Simroth, S.; Himberger, S.; Fischer, F. (2012): A content platform for smartphone-based mobile augmented reality. In: Arndt, H.K.; Knetsch, G.; Pillmann, W. (Hrsg.): *EnvirolInfo2012*. Aachen: Shaker, S. 403-412.
- Haugstvedt, A.C.; Krogstie, J. (2012): Mobile augmented reality for cultural heritage. In: *IEEE Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2012)*, S. 247-255.
- Heng, S.; Hörster, A.K.; Karollus (2015): Augmented Reality – Bei Spezialanwendungen sollte Deutschland von dynamischen Zukunftsmarkt profitieren können. Frankfurt/M.: Deutsche Bank Research.
- Höllerer, T.; Feiner, S.; Terauchi, T.; Rashid, G.; Hallaway, D. (1999): Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System. In: *Computers and Graphics, Elsevier Publishers, 23(6)*, S. 779-785.
- Inoue, K.; Sato, R. (2010): Mobile Augmented Reality Business Models. In: *Mobile Augmented Reality Summit*, pp. 1-2, <http://www.perey.com/MobileARSummit/Tonchidot-MobileARBusiness-Models.pdf>. Letzter Zugriff: 29.08.2017.
- Joseph, B.; Armstrong, D.G. (2016): Potential perils of peri-Pokémon perambulation: the dark reality of augmented reality? In: *Oxf Med Case Rep 10*, S. 265-266, doi:10.1093/omcr/omw080
- KATWARN (2017): KATWARN – Projektwebseite, via: www.katwarn.de. Letzter Zugriff: 29.08.2017.
- Lahdenoja, O.; Suominen, R.; Sääntti, T.; Lehtonen, T. (2015): Recent advances in monocular model-based tracking: a systematic literature review. In: *Technical Report, No. 8 (August 2015)*, University of Turku.
- Linaza, M.T.; Marimon, D. (2012): Evaluation of Mobile Augmented Reality Applications for Tourism. In: Fuchs, M. et al. (Hrsg.): *Information and Communication Technologies in Tourism*. Wien: Springer, S. 260-271.
- Maier-Hein, L.; Franz, A.M.; Fangerau, M.; Schmidt, M.; Seitel, A.; Mersmann, S.; Kilgus, T.; Groch, A.; Yung, K.; dos Santos, T.R.; Meinzer, H.-P. (2011): Towards Mobile Augmented

- Reality for On-Patient Visualization of Medical Images. In: *Bildverarbeitung für die Medizin - Algorithmen - Systeme – Anwendungen*, Berlin: Springer, S. 389-393.
- Marchand, E.; Uchiyama, H.; Spindler, F. (2016): Pose Estimation for Augmented Reality: A Hands-On Survey. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22(12), S. 2633 – 2651, doi:10.1109/TVCG.2015.2513408
- McGuire, R. (2006): The role of location in the mobility revolution. Los Angeles: World LBS Forum.
- Mehler-Bicher, A.; Reiß, M.; Steiger, L. (2011): *Augmented Reality - Theorie und Praxis*. München: De Gruyter Oldenbourg.
- Milgram, P.; Takemura, H.; Utsum, A.; Kishino, F. (1994): Augmented reality - A class of displays on the reality-virtuality continuum. In: *SPIE conference on telemanipulator and telepresence technologies*, vol. 2351, S. 282-292.
- Müller, U. (2010): *Hochwasserrisikomanagement - Theorie und Praxis*. Wiesbaden: Vieweg & Teubner.
- Petrow, T.; Thieken, A.; Kreibich, H.; Merz, B. (2003): Vorsorgende Maßnahmen zur Schadensminderung. In: *Hochwasservorsorge in Deutschland - Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe des DKKV 29*, Bonn, Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e. V. (DKKV).
- Roesner, F.; Kohno, T.; Molnar, D. (2014): Security and privacy for augmented reality systems. In: *Communications of ACM*, 57(4), S. 88-96, DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2580723.2580730>. Letzter Zugriff: 29.08.2017.
- Scott, G.D. (2016): Enabling smart retail settings via mobile augmented reality shopping apps. In: *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier doi.org/10.1016/j.techfore.2016.09.032 . Letzter Zugriff: 29.08.2017.
- Stampler, L. (2012): Augmented reality makes shopping more personal - New mobile application from IBM Research helps both consumers and retailers. IBM Research, <http://www.research.ibm.com/articles/augmented-reality.shtml>. Letzter Zugriff: 29.08.2017.
- Szekeres, P. (1999): *Naturlehrpfade*. 3. Aufl., Marburg, Institut für Ökologie, URL: http://www.projektwerkstatt.de/download/texte_cd/reader/lehrpfade.pdf. Letzter Zugriff: 29.08.2017.
- Wagner, R. (2010): Geoinformatik von GIS- über GDI- ins LBS-Zeitalter. In: Zipf, A.; Behnke, K.; Hillen, F.; Schäfermeyer, J. (Hrsg.): *Geoinformatik 2010 - Die Welt im Netz. Konferenzband*, Kiel: Gesellschaft für Geoinformatik GfGI, S. 140-148.