



Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences



HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT (HTW) BERLIN, UMWELTINFORMATIK

THEMEN FÜR ABSCHLUSSARBEITEN MIT BEZÜGEN ZU DEN LAUFENDEN FORSCHUNGSPROJEKTEN AR4WIND/MARGO & IQTRANS & NIETRO2

Frank Fuchs-Kittowski, Simon Burkard, Paul Schulze

Berlin, 02.12.2021

IN ZUSAMMENARBEIT MIT / GEFÖRDERT VON



mARGo

IQ-TranS



Inhalt

1	Zielgruppenspezifische mobile Anwendungen (NieTro2)	3
1.1	Konzeption/Entwicklung einer mobilen App zum Thema Niedrigwasser/Trockenheit (Anpassung an den Klimawandel) für Landwirte	3
1.2	Konzeption/Entwicklung einer mobilen App zum Thema Niedrigwasser/Trockenheit (Anpassung an den Klimawandel) für Bürger	3
1.3	Konzeption/Entwicklung einer mobilen App zum Thema Niedrigwasser/Trockenheit (Anpassung an den Klimawandel) für hydrologische Fachexperten	3
2	Geo-Services (AR4WIND/mARgo)	3
2.1	Entwicklung eines Geo-Service zur Elevation-Abfrage	3
2.2	Entwicklung eines Geo-Service zur Abfrage einer sinnvollen/geeigneten Positionen/Eignungsflächen von WEAs	4
2.3	Entwicklung eines Geo-Service zur Bestimmung der Ausrichtung von PV-Moduln (z.B. anhand von Geodaten)	4
2.4	Entwicklung einer Web-Anwendung zur Planung von Freiflächen-PV-Anlagen	4
3	Bilderkennung/Bildverarbeitung (AR4WIND/mARgo, VGI4HWM)	5
3.1	Image-based sky segmentation	5
3.2	Bild-basierte Verfahren zur Messung von Wasserstand	5
3.3	Mobile bildbasierte Erkennung von Wasserstand an Wasserpegellatten	5
3.4	Low-Cost-Sensor-System zur Beobachtung von Wasserständen an kleinen Gewässern	5
3.4.1	Bildbasierte Messung des Wasserstandes	6
3.4.2	Aufbau eines Sensor-Systems zur Überwachung von Gewässern:	6
4	AR-Drohnen	7
4.1	Architektur einer AR-Drohne (Bachelor)	7
4.2	Geobasiertes Augmented Reality für Drohnen (Quadrocopter/Small UAVs) (Master)	7
4.2.1	AR-Drohnen-Anwendungen (Grundlagen/Analyse/Klassifizierung/Herausforderungen)	7
4.2.2	AR-Drohnen-Anwendungen (Implementierung & Kalibrierungs-/Korrekturmöglichkeiten):	7
5	Mobile AR – Lokalisierung und Kalibrierung	8
5.1	Submeter-GNSS-Positionierung für mobiles geobasiertes Augmented Reality	8
5.1.1	GNSS-Positionierung im Submeter-Bereich auch für mAR (Grundlagen/Analyse/Evaluation)	8
5.1.2	GNSS-Positionierung im Submeter-Bereich auch für mAR (Implementierung & Kalibrierungs-/Korrekturmöglichkeiten):	9
5.2	Geobasierte mobile Augmented Reality mit manueller Kalibrierung	9

6	Outdoor Mobile Augmented Reality (AR4WIND/mARgo)	10
6.1	Verbesserung der Lokalisierung bei mobiler AR mittels externer Sensorik (RTK-GNSS)	10
6.2	Interaktion mit 3D-Objekten in mobilen Augmented Reality Anwendungen	10
6.3	Kollaboration in mobilen Augmented Reality Anwendungen (Bachelor)	11
6.4	Kollaborative Mobile Augmented Reality (Master)	11
6.5	Konzeption und Entwicklung eines Planungssystems für Urban Gardens mit mobiler Augmented Reality	12
6.6	Konzeption und Entwicklung einer mAR-Anwendung zum Erkennen von Objekten in Bildern	13
6.7	Konzeption und Entwicklung einer mAR-Anwendung Vermessen der realen Umgebung	13
7	IoT / Sensorik (IQTrans)	14
7.1	Entwicklung eines WSN für ein Fahrerassistenzsystem	14
7.2	Entwicklung eines Visualisierungs- und Interaktionskonzept für ein Fahrerassistenzsystem	14
7.3	Entwicklung von Datenanalyse-Lösungen für ein Fahrerassistenzsystem	15
7.3.1	Bewertung des IST-Zustandes des Gutes	15
7.3.2	Bewertung des Fahrverhaltens und des Straßenzustandes	15
7.3.3	Prognose für Zustand des Gutes am Zielort und kommende Gefahren auf der Route	16
7.4	Clustering-Algorithmus für IoT-Messsysteme beim Transport	17
8	Daten Analyse / ML / KI (IQTrans)	18
8.1	Klassifizierung der Straßenqualität	18
8.2	Klassifikation von Fahrverhalten	21
8.3	Straßenqualitäts- und Fahrverhaltens-Optimiertes Routing	21

1 Zielgruppenspezifische mobile Anwendungen (NieTro2)

1.1 **Konzeption/Entwicklung einer mobilen App zum Thema Niedrigwasser/Trockenheit (Anpassung an den Klimawandel) für Landwirte**

Analyse vorhandener Apps für Landwirte

Analyse bestehender Herausforderungen und (Informations-, Kommunikations-, Partizipations-) Bedarfe bei Landwirten zum Thema Niedrigwasser und Trockenheit

Analyse vorhandener Inhalte und Dienste zum Thema Niedrigwasser und Trockenheit (mit Relevanz für Landwirte)

Analyse aktueller Trends im Bereich mobiler Apps auf Eignung (Gamification, Community etc.)

Konzeption einer mobilen App für Landwirte

(Implementierung)

(Evaluation)

1.2 **Konzeption/Entwicklung einer mobilen App zum Thema Niedrigwasser/Trockenheit (Anpassung an den Klimawandel) für Bürger**

(analog zu oben)

1.3 **Konzeption/Entwicklung einer mobilen App zum Thema Niedrigwasser/Trockenheit (Anpassung an den Klimawandel) für hydrologische Fachexperten**

(analog zu oben)

2 Geo-Services (AR4WIND/mARgo)

2.1 **Entwicklung eines Geo-Service zur Elevation-Abfrage**

Für die AR-Darstellung von AR-Inhalten im Außenbereich nutzt das Projekt mARgo momentan einen Drittanbieter-Service, der zu einer beliebigen Koordinate die Höhe ü.NN. (elevation) zurückgibt, so dass das AR-Modell auch in der vertikalen Richtung korrekt platziert wird. Aktuell wird dazu mit der Google Elevation API ein Drittanbieter genutzt (Abfrage ist recht schnell, aber theoretisch auch limitiert). Die Qualität/Auflösung basiert auf digitalen Geländemodellen mit 25m Raster. Das ist erstmal ausreichend für WEAs.

In der Abschlussarbeit soll nun ein eigenständiger/eigener Service entwickelt werden, unabhängig von Drittanbietern:

- Es gibt dazu recht simple Tools, die auf einem eigenen Server laufen können und ebenfalls offizielle freie 25m-DGM-Daten nutzen (<https://www.opentopodata.org/>)
- Man könnte sogar so ein Tool nutzen/bauen, das im Idealfall auf den bereits in der App verwendeten Kalibrierungsdaten basiert, die ohnehin genutzt werden. Dann wären auch deutlich höhere Auflösungen möglich. Das wäre ggf. sinnvoll für die PV-App, wo möglichst genau Höhenangaben für die PV-Module benötigt werden, damit diese sich bei "hügeliger" Fläche an den Hang anpassen können.

Ziel der Arbeit wäre also die Entwicklung eines Geo-Service zur schnellen Abfrage von Höhenangaben mit möglichst hoher Auflösung, idealerweise unter Nutzung der ohnehin eingesetzten DOM/DGM-Daten.

2.2 Entwicklung eines Geo-Service zur Abfrage einer sinnvollen/geeigneten Positionen/Eignungsflächen von WEAs

Im Projekt mARgo wird derzeit eine mobile Augmented Reality-App entwickelt, mit der geplante Windenergieanlage (WEA) als Erweiterte Realität im Kamerabild eines handelsüblichen mobilen Endgeräts (Smartphone etc.) dargestellt werden können. Damit kann z.B. realitätsnah visualisiert werden, welchen Einfluss die WEAs auf das Landschaftsbild haben werden.

Um eine WEA in der AR-Ansicht anzeigen zu können, muss diese zunächst auf einer Karte im mobilen Endgerät platziert werden. Aktuell kann eine virtuelle WEA in der AR-App an jeder beliebigen Position platziert werden. Beim initialen Erstellen wird diese einfach in X Meter Abstand in der Blickrichtung des Nutzers positioniert und kann dann auf der Karte beliebig verschoben werden (auch an ungeeignete/unrealistische Stellen).

Basierend auf diversen Faktoren/GIS-Daten (Vegetation, Besiedelung, Naturschutzgebiete u.ä.) soll nun ein Service konzipiert und entwickelt werden, der:

- eine initiale WEA-Position vorschlägt, basierend auf der aktuellen Nutzer-Position/Ausrichtung und ungefähr gewünschter Entfernung der WEA zum Nutzer
- automatisch "nicht geeignete" Flächen (Polygone) im Umkreis des Nutzer definiert und als Polygon-Flächen bereitstellt, auf denen ein WEA nicht platziert werden soll (z.B. unter Berücksichtigung von Abständen zu Siedlungen, Naturschutzgebieten, existierenden WEAs o.ä.). Diese Polygone können dann in der AR-App auf der Karte als etwaige Nicht-Eignungsgebiete dargestellt werden.

2.3 Entwicklung eines Geo-Service zur Bestimmung der Ausrichtung von PV-Moduln (z.B. anhand von Geodaten)

2.4 Entwicklung einer Web-Anwendung zur Planung von Freiflächen-PV-Anlagen

3 Bildererkennung/Bildverarbeitung (AR4WIND/mARgo, VGI4HWM)

3.1 Image-based sky segmentation

Ziel der Arbeit ist es, in einem Bild den Himmel zu segmentieren, um Windräder in den Hintergrund zu schieben.

- Zum einen mit einfachen Verfahren (z.B. die Erkennung mittels "Farbe/Farbintensität") und
- Zum anderen mit komplexeren Verfahren (Kantenerkennung, Watershed-Algorithmen etc.)

3.2 Bild-basierte Verfahren zur Messung von Wasserstand

Zu diesem Thema gab es gerade eine Masterarbeit bei uns, d.h. man könnte daran arbeiten, diese Erkennungsmethode(n) "robuster" zu machen:

- z.B. unempfindlicher für Bildstörungen durch Regen oder erweitern,
- z.B. "Erkennen von Störobjekten im Bild" (z.B. schwimmende Äste) mittels Objekterkennung (Tensor Flow)

3.3 Mobile bildbasierte Erkennung von Wasserstand an Wasserpegellatten

Der Fokus des Verbund-Projekts „VGI4HWM“ ist – in Kooperation mit mehreren Partnern - die Konzeption, Umsetzung und Erprobung eines Hochwasserprognosesystems auf der Basis von hydrologischen Daten, die von Bürgern mit ihren eigenen mobilen Endgeräten erhoben werden. Im Rahmen dieses Projekts sollen an der HTW Berlin innovative Methoden und Technologien für mobile Anwendungen (Mobile Sensing, Mobile Tasking, Mobile Augmented Reality u.a.) entwickelt und eingesetzt werden, um betroffene Bürger und Helfer bei der Datenerhebung effizient zu unterstützen und besser zu koordinieren sowie realitätsnaher über Gefahren zu informieren. Die Ergebnisse sollen in realen Hochwassergebieten mit mehreren Anwendungspartnern entwickelt und erprobt werden.

Im Rahmen der Masterarbeit sollen für das VGI4HWM-Projekt innovative Methoden für die automatisierte Erfassung von Wasserständen an Gewässern mittels mobiler Endgeräte (Mobile Sensing) konzipiert, entwickelt und erprobt werden. Konkret soll eine Methode zur „Mobilen bildbasierten Erkennung von Wasserstand an Wasserpegellatten“ realisiert werden. Dabei sind Algorithmen zu entwickeln, zu testen und zu vergleichen, um mittels Smartphone bildbasiert Pegellatten zu erkennen und den Wasserstand an Pegellatten zu ermitteln, z.B. durch Einsatz klassischer Mustererkennung (Pattern Recognition).

3.4 Low-Cost-Sensor-System zur Beobachtung von Wasserständen an kleinen Gewässern

In Kommunen und kleinen Einzugsgebieten besteht ein großer Bedarf an kostengünstigen Systemen zur Beobachtung von kleinen Gewässern mit automatischen Warnmeldungen bei kritischen Wasserständen.

3.4.1 Bildbasierte Messung des Wasserstandes

Ziel der Arbeit wäre die Untersuchung und prototypische Implementierung von Möglichkeiten zur kostengünstigen, bildbasierten Erfassung von Wasserständen mittels stationärer Kamera.

Mögliche Inhalte:

- Technische Grundlagen sowie Analyse, Konzeption und prototypische Entwicklung von geeigneten Verfahren zur bildbasierten Erfassung des Wasserstandes mittels stationärer Kamera, z.B.:
 - Erkennung der Wasserlinie aus Bildsequenzen mittels „spatio-temporal histogram analysis“ oder:
 - Erkennung der Wasserlinie mittels Markererkennung/Texterkennung oder Kantenerkennung bei Pegellatten
- Evaluation und Vergleich sowie Bewertung der entwickelten Messverfahren
- Untersuchung/Entwicklung von einfachen Möglichkeiten zur Anpassung der Messverfahren an örtliche Gegebenheiten (z.B. Einstellen von Schwellenwerten und zur Kalibrierung der Kameraposition, also zur Umwandlung von Pixelwerten auf cm-Angaben)
- Prototypische Implementierung der Algorithmen auf einer mobilen Microcontroller-Plattform

3.4.2 Aufbau eines Sensor-Systems zur Überwachung von Gewässern:

Alternativ kann der Themenschwerpunkt der Arbeit auf dem Aufbau eines Gesamtsystems zur sensorbasierten Überwachung von kleinen Gewässern gelegt werden.

Mögliche Inhalte:

- Auswahl von einfachen Methoden zur Überwachung des Wasserstandes mittels Low-Cost-Sensoren, z.B. mittels Ultraschall-Sensoren
- Ggfs. zusätzlich bildbasierte Überwachung per optischem Kamera-Sensor („Webcam“)
- Implementierung der Algorithmen auf einer mobilen Microcontroller-Plattform
- Entwicklung einer Gesamtarchitektur und prototypischer Aufbau eines Gesamtsystems (Mobiler Sensor, Backend, Frontend) zur Beobachtung des Wasserstandes mit einem ausgewählten Messverfahren
- Entwicklung geeigneter Methoden zur drahtlosen Übertragung der Daten z.B. per LoraWAN.
- Evaluation des Energieverbrauchs der mobilen Sensing-Komponente sowie Untersuchung von Möglichkeiten zur Reduktion des Stromverbrauchs (Intervall-Messungen; Sleep-Modus etc.)

4 AR-Drohnen

4.1 Architektur einer AR-Drohne (Bachelor)

Ziel der Arbeit ist die Konzeption und Implementierung einer Grobarchitektur für eine AR-Drohne, d.h. das in das Kamerabild der Drohne zusätzliche AR-Inhalte eingeblendet werden können. Dies ließe sich realisieren:

- "einfach": ein "Location-based AR-Drohen-Framework" (ohne SLAM, nur mit GPS/Magnetometer)
- „schwieriger“: ein image-based AR-Drohnen-Framework (mit SLAM)

Das Ergebnis wäre eine Anwendung ähnlich wie in diesem Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=AYv4Pjxj0lw>

4.2 Geobasiertes Augmented Reality für Drohnen (Quadrocopter/Small UAVs) (Master)

Mini-Drohnen (Quadrocopter) bieten geeignete Möglichkeiten zur Überwachung/Bestandsaufnahme von Umweltdaten/GIS-Daten aus der Luft. Der Einsatz von AR-Technologie kann dabei helfen, die Kameraansichten aus der Luft durch zusätzliche virtuelle Inhalte sinnvoll zu erweitern.

4.2.1 AR-Drohnen-Anwendungen (Grundlagen/Analyse/Klassifizierung/Herausforderungen)

Ziel der Arbeit soll es sein, geeignete Anwendungsbeispiele zu finden und zu analysieren, inwieweit der Einsatz von Drohnen und AR sinnvoll kombiniert werden kann.

Mögliche Inhalte:

- Analyse (ggfs. auch Klassifizierung und Bewertung) von Einsatzmöglichkeiten von Drohnen für GeoAR (Industrie, Architekten, Umweltbehörden, Katastrophenmanagement etc.)
- Technische Grundlagen und Herausforderungen zum Einsatz von mAR für Drohnen:
 - Technische Voraussetzungen für GeoAR?
 - Hardware/Sensorik von Drohnen (Analyse/Evaluation der Drohnen-Sensoren)
 - Vorteile/Nachteile bildbasiertes/nicht-bildbasiertes Tracking für AR-Drohnen
- Konzeption eines GeoAR-Systems zum Einsatz mit Drohnen (Systemarchitektur etc.)
- (Ggfs. auch stark vereinfachte Implementierung eines einfachen GeoAR-Anwendungsfalls)

4.2.2 AR-Drohnen-Anwendungen (Implementierung & Kalibrierungs-/Korrekturmöglichkeiten):

Alternativ kann auch ein Themenschwerpunkt auf der Implementierung einer einfachen Beispielanwendung gelegt werden (z.B. Ansicht von POIs in der AR-Drohnenansicht), inkl.

Untersuchung und Umsetzung von einfachen Möglichkeiten zur Korrektur/Kalibrierung fehlerhafter Darstellungen aufgrund von Sensorungenauigkeiten.

Mögliche Inhalte:

- *Keine umfangreiche Analyse und Klassifizierung von Einsatzmöglichkeiten von Drohnen und GeoAR notwendig, stattdessen:*
- Implementierung eines einfachen GeoAR-Anwendungsfalls, z.B. Ansicht von POIs in der Drohnenansicht; ähnlich: <https://www.youtube.com/watch?v=VUb0u5f-ehw> (Einfaches Location-based AR-Framework wird bereitgestellt und muss nicht selbst entwickelt werden; ggfs. aber Anpassung an spezifische Drohnen-Hardware notwendig!)
- Untersuchung & Implementierung einer (einfachen) Möglichkeit zur Korrektur fehlerhafter Lokalisierung/Orientierung (GPS/Kompass) durch manuelle Kalibrierung anhand eines sichtbaren Geoobjekts per Nutzerinteraktion, z.B.:
 - Ein sehr markantes Geoobjekte (Berg/Kirche/Haus etc.) dient als Referenzobjekt.
 - Die Umrisse (oder auch nur ein einzelner Referenzpunkt) dieses Objekts werden in der Drohnenansicht dargestellt. Der Nutzer verschiebt den Umriss/Referenzpunkt so, dass dieser in der Kameraansicht mit dem tatsächlichen Referenzobjekt übereinstimmt.
 - Die Verschiebung des Punktes auf der Kameraansicht durch den Nutzer erlaubt Rückschlüsse über die tatsächliche fehlerhafte Orientierung aufgrund von Kompass- Ungenauigkeiten. Diese können somit kompensiert werden.

5 Mobile AR – Lokalisierung und Kalibrierung

5.1 Submeter-GNSS-Positionierung für mobiles geobasiertes Augmented Reality

Klassische mobile GeoAR-Anwendungen leiden oft unter fehlerhafter Darstellung der AR-Inhalte aufgrund ungenauer bzw. fehlerhafter Geo-Lokalisierung der mobilen Endgeräte (GPS/Kompass).

Mit dem Einsatz externer GNSS-Empfänger und neuartiger Korrekturverfahren wird eine GNSS-Positionierung im Submeter-Bereich auch für mobile Einsatzzwecke ermöglicht.

5.1.1 GNSS-Positionierung im Submeter-Bereich auch für mAR (Grundlagen/Analyse/Evaluation)

Ziel der Arbeit ist die Analyse und Evaluation verfügbarer GNSS-Korrekturdienste (D-GNSS) zur verbesserten Positionsbestimmung sowie das Herausarbeiten von Vorteilen/Nachteilen/ Herausforderungen vom Einsatz dieser Dienste zur verbesserten AR-Visualisierung auf mobilen Endgeräten.

Mögliche Inhalte:

- Technische Grundlagen GeoAR (Herausforderung „Sensor-Genauigkeiten“)
- Analyse von Möglichkeiten zum Einsatz von D-GPS auf mobilen Endgeräten:
 - Code-Phasen-Korrektur (z.B. SAPOS-EPS)
 - Träger-Phasen-Messung (RTK, z.B. SAPOS-HEPS)
- Evaluation der D-GNSS-Verfahren (Genauigkeit/Zeitdauer) durch geeigneten externen GNSS-Empfänger (z.B. simpleRTK2B) in Verbindung mit einem Android-Smartphone

5.1.2 GNSS-Positionierung im Submeter-Bereich auch für mAR (Implementierung & Kalibrierungs-/Korrekturmöglichkeiten):

Alternativ kann ein Themenschwerpunkt auch auf der Implementierung einer Beispielanwendung gelegt werden, um zu zeigen, inwieweit die verbesserte D-GNSS-Positionsbestimmung tatsächlich zur verbesserten Darstellung von AR-Inhalten für mAR-Anwendungen im Outdoor-Bereich beitragen kann. Dabei könnte auch untersucht werden, inwieweit eine fehlerhafte Bestimmung der Blickrichtung (Kompass) durch manuelle Kalibrierung kompensiert werden kann.

Mögliche Inhalte:

- Prototypische Entwicklung einer Beispielanwendung für geobasiertes mAR unter Einsatz eines D-GNSS-Korrektur-Verfahren, z.B.:
 - AR-Visualisierung eines Gebäudes (Haus/Garage) oder entfernten Geoobjekts (z.B. Windrad) von einer Straße aus.
- Untersuchung & Implementierung einer (einfachen) Möglichkeit zur Korrektur immer noch vorhandener fehlerhafter Lokalisierung/Orientierung durch manuelle Kalibrierung anhand eines sichtbaren Geoobjekts per Nutzerinteraktion, z.B.:
 - Ein sehr markantes Geoobjekte (Berg/Kirche/Haus etc.) dient als Referenzobjekt.
 - Die Umrisse (oder auch nur ein einzelner Referenzpunkt) dieses Objekts werden in der Kameraansicht dargestellt. Der Nutzer verschiebt den Umriss/Referenzpunkt so, dass dieser in der Kameraansicht mit dem tatsächlichen Referenzobjekt übereinstimmt.
 - Die Verschiebung des Punktes auf der Kameraansicht durch den Nutzer erlaubt Rückschlüsse über die tatsächliche fehlerhafte Orientierung aufgrund von Kompass-Ungenauigkeiten. Diese können somit kompensiert werden

5.2 Geobasierte mobile Augmented Reality mit manueller Kalibrierung

Klassische mobile GeoAR-Anwendungen leiden oft unter fehlerhafter Darstellung der AR-Inhalte aufgrund ungenauer bzw. fehlerhafter Geo-Lokalisierung der mobilen Endgeräte (GPS/Kompass).

Mittels manueller Kalibrierung der Position und Blickrichtung per nutzerbasierter Interaktion kann versucht werden, diese fehlerhaften Messungen zu kompensieren. Ziel der Arbeit soll es sein, verschiedene Interaktions- und Korrektur-Möglichkeiten zur manuellen Kalibrierung zu entwerfen und zu testen, um somit eine verbesserte Darstellung von GeoAR-Inhalten zu ermöglichen.

Mögliche Inhalte:

- Technische Grundlagen und Herausforderungen bei Einsatz von GeoAR-Technologie, insbesondere Sensor-Ungenauigkeiten (GPS/Kompass)
- Entwurf und Evaluation von verschiedenen Möglichkeiten zur manuellen Kalibrierung der Gerätepose, idealerweise anhand sichtbarer Geoobjekte (z.B. Straßen, Gebäude etc.). Je nach Art und Umfang der Kalibrierung können so entweder:
 - Eine fehlerhafte Nord-Ausrichtung (1 Winkel)
 - Eine fehlerhafte Rotation (3 Winkel)
 - Eine fehlerhafte Rotation und Position (3 Winkel und 3 Positionswerte) korrigiert werden.

- Prototypische Entwicklung einer Beispielanwendung für geobasiertes mAR unter Einsatz einer der untersuchten Kalibrierungsverfahren, z.B.:
 - Ein sehr markantes Geoobjekte (Berg/Kirche/Haus etc.) dient als Referenzobjekt.
 - Die Umrisse (oder auch nur ein einzelner Referenzpunkt) dieses Objekts werden in der Kameraansicht dargestellt. Der Nutzer verschiebt den Umriss/Referenzpunkt so, dass dieser in der Kameraansicht mit dem tatsächlichen Referenzobjekt übereinstimmt.
 - Die Verschiebung des Punktes auf der Kameraansicht durch den Nutzer erlaubt Rückschlüsse über die tatsächliche fehlerhafte Kompass- Ungenauigkeit (z.B. Abweichung um X Grad um die y-Achse). Diese Abweichungen können somit kompensiert werden.

6 Outdoor Mobile Augmented Reality (AR4WIND/mARgo)

6.1 Verbesserung der Lokalisierung bei mobiler AR mittels externer Sensorik (RTK-GNSS)

Smartphones und andere handelsübliche Geräte enthalten Sensoren für GPS, Kompass und Inertialmessungen, die eine Lokalisierung erlauben, die nicht genau genug für Augmented Reality (AR) ist. Dies schränkt die Möglichkeiten von AR auf Anwendungsbereiche im Innenbereich ein. AR-Anwendungen im Außenbereich wie Vermessung oder Baukonstruktionen sind nicht praxistauglich.

Ziel der Arbeit ist die Konzeption eines eigenständigen Lokalisierungsgerät (Sensor), das sich drahtlos mit einem beliebigen AR-Gerät, wie z. B. einem Smartphone, verbindet. Das Gerät soll eine Genauigkeit im Zentimeterbereich bieten und soll aus handelsüblichen Komponenten für weniger als 500 EUR gebaut werden können.

Insbesondere soll mit einem externen GPS-Empfänger gearbeitet werden, mit dem Ziel zu untersuchen, inwieweit die mARgo-AR-Lösung dadurch verbessert werden könnte. Dazu soll man eine Art "Android-App/Framework" entwickelt werden, welches die genauen RTK-GPS-Signale des externen Empfängers an unsere mARgo-Library weiterleitet. Ggf. könnte dann auch ein externes Magnetometer mit einbezogen werden ("Bastelarbeit" mit Arduino).

Literatur:

http://www.arth.co.at/data/papers/ismar19_stranner.pdf

6.2 Interaktion mit 3D-Objekten in mobilen Augmented Reality Anwendungen

Ziel ist der Entwurf und die Implementierung einer mobilen Augmented Reality Anwendung, mit der die Interaktionsmöglichkeiten in einer Augmented Reality Umgebung auf mobilen Geräten demonstriert werden kann.

Dazu soll ein 3D-Modell als AR im Kamerabild eines mobilen Endgeräts dargestellt werden, das der Benutzer nach Belieben verschieben, rotieren und skalieren kann. Ferner kann er

einzelne, vorher festgelegte Einzelteile des Modells anwählen und hervorheben, und sich kontextsensitiv Informationen zu diesen Teilen ansehen.

Nach einer Einführung in Augmented Reality, der ihr zugrundeliegenden Technologie und die verwendete Mobil-Plattform (iOS, Android, Unity), werden Einsatzmöglichkeiten für die Applikation vorgestellt und deren benötigte Funktionalität beschrieben. Anschließend wird ein Entwurf der Anwendung erstellt und die letztendliche Implementierung erklärt.

6.3 Kollaboration in mobilen Augmented Reality Anwendungen (Bachelor)

Ziel ist der Entwurf und die Implementierung einer mobilen Augmented Reality Anwendung, mit der die Interaktionsmöglichkeiten mehrerer Personen in einer Augmented Reality Umgebung auf mobilen Geräten demonstriert werden kann.

Dazu sollen an einem bestimmten Ort (z.B. Umweltschaden) mehrere 3D-Modelle als AR im Kamerabild eines mobilen Endgeräts dargestellt werden, das der Benutzer nach Belieben verschieben, rotieren und skalieren kann. Ferner können andere Nutzer gleichzeitig die Szene und die Veränderungen der anderen Benutzer an den 3D-Modellen sehen sowie selbst die 3D-Objekte verschieben, rotieren und skalieren.

Nach einer Einführung in Augmented Reality, der ihr zugrundeliegenden Technologie und die verwendete Mobil-Plattform (iOS, Android, Unity), werden Einsatzmöglichkeiten für die Applikation vorgestellt und deren benötigte Funktionalität beschrieben. Anschließend wird ein Entwurf der Anwendung erstellt und die letztendliche Implementierung erklärt.

6.4 Kollaborative Mobile Augmented Reality (Master)

Aus der Kombination von modernen mAR-Technologien mit kollaborativen Arbeitsmethoden können neuartige computergestützte Arbeitsprozesse und Interaktionsmöglichkeiten entstehen. Ziel der Arbeit soll es sein, mögliche kollaborative mAR-Szenarien zu identifizieren und zu klassifizieren sowie Vorteile und Nachteile dieser herauszuarbeiten. Fokus dabei soll stets auf dem Einsatz im Geo-/Umwelt-/GIS-Bereich liegen. Ein geeignetes Szenario kann am Ende prototypisch implementiert werden.

Mögliche Inhalte:

- Analyse und Klassifizierung (+ ggfs. Bewertung) möglicher kollaborativer Anwendungsszenarien für mAR, z.B. nach:
 - Räumlicher Kollaboration (gleicher Ort vs. Anderer Ort)
 - Zeitlicher Kollaboration (gleicher Zeit vs. Andere Zeit)
 - Art der Kollaboration (Anzeigen/Ändern/Ergänzen/Löschen von Inhalten)
- Untersuchung von (technischen) Herausforderungen und Lösungsansätzen bei der Umsetzung von kollaborativer mAR, z.B.:
 - Wie gelingt das Tracking der Umgebung von unterschiedlichen Geräten zur gleichen Zeit bzw. zu unterschiedlichen Zeiten?
 - Wie gelingt eine geeignete Echtzeit-Visualisierung gleichzeitiger Manipulation/Interaktion?

- Ein geeignetes Szenario (möglichst mit GeoAR-Bezug) wird anschließend ausführlicher konzipiert (Anforderungsbeschreibung, Systemarchitektur) und prototypisch implementiert

Beispiele:

- **Kollaboratives Messen von Hochwasser:**
Mehrere Nutzer messen während eines Hochwassers zu unterschiedlichen Zeiten den Wasserstand (z.B. an Gebäudemauer/Kaimauer) oder den Stand einer Ausuferung (z.B. an einer Uferböschung). Neben der eigenen Messung werden in der AR-Ansicht dann auch die tatsächlichen Messungen der übrigen App-Nutzer (mit Zeitstempel) angezeigt.
- **Interaktive AR-Stadtführung:**
Während einer Stadtführung (oder im Museum o.ä.) hat der Guide die Möglichkeit, mittels einer AR-App bestimmte Erläuterungen (z.B. in Bezug auf eine Sehenswürdigkeit oder Ausstellungsobjekt) durch visuelle Hervorhebungen (z.B. eingezeichnete Pfeile, Linien, Texte etc.) in Echtzeit zu untermalen (oder historische Fotos instantan einzublenden o.ä.). Teilnehmer der Führung sehen diese eingezeichneten/eingeblendeten AR-Inhalte in Echtzeit in ihrer eigenen AR-Ansicht.
- **Kollaborative AR-Tatort-Dokumentation:**
An einem „Tatort“ (Verbrechen, Verkehrsunfall, Naturkatastrophe etc.) können beteiligte Personen (Ermittler, Feuerwehr etc.) mittels AR-App Notizen und sonstige Annotationen (Zeichnungen etc.) zu bestimmten Objekten hinterlassen. Andere Ermittler sehen diese Objekt-Annotationen in Echtzeit (oder auch bei späteren Tatortbesuchen) in ihren AR-Ansichten.

6.5 Konzeption und Entwicklung eines Planungssystems für Urban Gardens mit mobiler Augmented Reality

Das Vermessen und Planen eines Innenraumes oder eines Urban Gardens kann sich mit Zollstock, Papier und Stift als sehr kompliziert erweisen. Problematisch ist hierbei zudem der Transfer der Planung in die reale Umgebung. Diese Aufgabe kann mittels mobiler Augmented Reality deutlich effizienter realisiert werden und die Planung kann realitätsnah veranschaulicht bzw. in der realen Umgebung dargestellt werden. Handelsübliche Smartphones verfügen heute über die erforderlichen Sensoren, um einen Raum oder Garten zu vermessen bzw. zu erfassen. Zudem sind sie leistungsfähig genug, um erfasste oder selbst erstellte 3D-Objekte als Augmented Reality zu visualisieren und in die Planung der realen Welt einzubeziehen. Neben der Visualisierung und Interaktion mit den 3D-Objekten, steht auch die Kollaboration hierbei im Vordergrund, da meist mehrere Personen beteiligt sind.

Bei der Garten- oder Raumplanung mittels Smartphones und Augmented Reality bestehen mehrere Herausforderungen:

- Wird die Bodenfläche oder die Raumstruktur durch reale Gegenstände verdeckt, ist ein einfaches Erfassen des Raumes nicht möglich (Verdeckungsproblem). Dadurch können virtuelle Bereiche nicht festgelegt werden.
- Sind mehrere Benutzer an der Planung beteiligt, müssen Positionsdaten auf allen Endgeräten synchron gehalten werden, so dass eine gleichzeitige Interaktion stattfinden kann.

Ziel der Arbeit ist die Konzeption und Entwicklung einer mAR-Anwendung, mit der eine (kollaborative) Planung eines Urban Gardens (oder eines Innenraumes) in der realen Welt möglich ist. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der visuellen Planung des Urban Gartens (oder Raumes). Ein weiterer Schwerpunkt ist es, mehreren Anwendern zu ermöglichen, Bereiche

zu erstellen und zu bearbeiten. Eine untergeordnete Rolle spielt die Genauigkeit der Messungen und eine ansprechende Gestaltung der Anwendung.

Die inhaltlichen Schwerpunkte der Arbeit sind:

- Recherche bisheriger Systeme und notwendige Grundlagen
- Konzeption der Algorithmen und der Anwendung
- Implementierung
- Bewertung und Dokumentation der Ergebnisse

6.6 Konzeption und Entwicklung einer mAR-Anwendung zum Erkennen von Objekten in Bildern

Ziel dieser Arbeit ist die Konzeption und Entwicklung einer mAR-App für das „Maschinelle Sehen“ durch Verbindung von KI und AR. Die Anwendung soll bestimmte Objekte (z.B. **Bäume**) in Video-Bildern lokalisieren und bestimmen/klassifizieren.

Hierfür soll auf Basis existierender KI-Frameworks (z.B. Tensorflow) mit Algorithmen des maschinellen Lernens (ML) mathematische Modelle entwickelt werden, die Objekte in Bildern lokalisieren und bestimmen/klassifizieren. Durch kontinuierliches Trainieren der Modelle soll die Genauigkeit bzw. die zugrundeliegende KI/ML verbessert werden.

Vorschlag für Gliederung:

- Einleitung
- Grundlagen
- Technologie
- Szenarien
- Anforderungen
- Konzept
- Implementierung
- Test/Validierung
- Zusammenfassung und Ausblick

6.7 Konzeption und Entwicklung einer mAR-Anwendung Vermessen der realen Umgebung

Ziel dieser Arbeit ist die Konzeption und Entwicklung einer mAR-App für das Vermessen von Objekten. Die Anwendung soll bestimmte Objekte (z.B. **Bäume**) vermessen und dokumentieren.

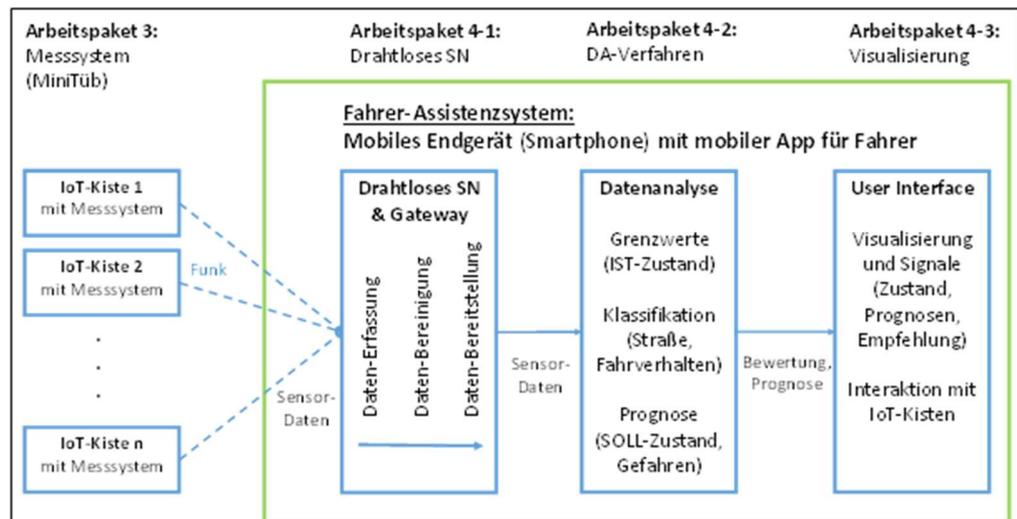
Hierfür sollen die in mobilen Geräten verfügbaren Sensoren verwendet werden und ein Modell der Umgebung bzw. eines Objekts erzeugt werden. Der erfassten 3D-Messungen sollen abgespeichert und visualisiert werden können.

Vorschlag für Gliederung:

- Einleitung
- Grundlagen
- Technologie
- Szenarien
- Anforderungen
- Konzept
- Implementierung

- Test/Validierung
- Zusammenfassung und Ausblick

7 IoT / Sensorik (IQTranS)



7.1 Entwicklung eines WSN für ein Fahrerassistenzsystem

Das Ziel der Arbeit besteht in der Konzeption und Entwicklung eines drahtlosen Sensornetzwerks (wireless sensor network) zur Verbindung der Sensorik der Transportkisten sowie der Bereinigung (Cleansing), Sammlung und Bereitstellung der erfassten Sensordaten.

7.2 Entwicklung eines Visualisierungs- und Interaktionskonzept für ein Fahrerassistenzsystem

Das Ziel der Arbeit besteht in der Konzeption und Entwicklung von Visualisierungen (User Interface) der überwachten und analysierten Transportbedingungen und Prognosen auf Basis der erfassten und ausgewerteten Sensor-Daten zur Optimierung des Fahrverhaltens und Implementierung einer mobilen Komponente (App) für den Fahrer einschließlich geeigneter Konzepte für die Interaktion des Fahrers mit dieser App während der Fahrt (z.B. über Sprache)

7.3 Entwicklung von Datenanalyse-Lösungen für ein Fahrerassistenzsystem

Hier ist das Ziel die Konzeption und Entwicklung einer Datenanalyse-Komponente zur Analyse und Auswertung der erfassten Sensordaten hinsichtlich des IST-Zustandes des transportierten Spermas und des Fahrverhaltens des Fahrers sowie zur Prognose (SOLL-Zustand) der Sperma-Qualität am Zielort und der Bestimmung optimierter Routen für den Spermatransport.

Hierfür mehrere, unterschiedliche innovative Datenanalyse-Algorithmen konzipiert und umgesetzt werden:

- o Einhaltung der Grenzwerte überwachen (IST-Zustand des transportierten Gutes)
- o Erschütterungen klassifizieren bzgl.
 - ☐ des Straßenzustands (Loch, Delle, Rille etc.) und
 - ☐ des Fahrverhaltens (Beschleunigen/Lenken, Lenken, Schalten => sanft, normal, aggressiv)
- o Prognosen erstellen für
 - ☐ Zustand des Gutes am Zielort, Status-Quo bei Übergabe des Gutes
(wenn Fahrverhalten und Straßenzustand so bleiben)
 - ☐ kommende Gefahren erkennen auf der Route, um davor zu warnen
(auf Basis historischer Fahrten/Daten -> Schlaglöcher, Kurven etc.)

7.3.1 Bewertung des IST-Zustandes des Gutes

Ziel dieser Arbeit ist es anhand der kontinuierlich gemessenen Sensordaten die Einhaltung der ermittelten Grenzwerte zu überwachen (Höhe, Frequenz, Dauer etc. von Erschütterungen in Kombination mit weiteren Parametern wie Licht, Temperatur etc.).

Hierfür wird zunächst ein Filtern der Sensor-Rohdaten (z.B. RANSAC, mean average) vorgenommen, um Ausreißer zu eliminieren, und anschließend ein Vergleich mit den ermittelten Grenzwerten vorgenommen, um festzustellen, ob die verarbeiteten Sensordaten die festgelegten Grenzwerte (in bestimmten Zeitfenstern) überschreiten.

Dabei ist eine mehrdimensionale Untersuchung erforderlich (z.B. bzgl. der 3 Achsen des Beschleunigungssensors bei Erschütterungen oder der Kombination von verschiedenen Parametern wie Temperatur, Verdünnungslösung und Erschütterung), z.B. durch Vergleich von Kovarianz bzw. Korrelation zu ermittelten Grenzwerten.

7.3.2 Bewertung des Fahrverhaltens und des Straßenzustandes

Um dem Fahrer Hinweise auf die Anpassung seines Fahrverhaltens zu geben, ist es erforderlich, sein Fahrverhalten und auch den Straßenzustand zu analysieren und zu

bewerten. Hierzu sind zum einen das Fahrverhalten zu klassifizieren (z.B. sanft, normal, aggressiv) und ggf. auch bestimmte Fahr-Aktivitäten zu erkennen (starkes Bremsen/Beschleunigen, Schalten, Lenken etc.). Zudem ist es erforderlich, den Straßenzustand zu klassifizieren (glatt, ruckelig, holperig) und ggf. auch bestimmte Straßenschäden zu erkennen (z.B. Löcher, Risse, Rillen, Riefen etc.).

Ziel dieser Arbeit ist es daher ein Fahraktivitäts- und Straßenzustandsanalyse-Algorithmus auf der Grundlage von Beschleunigungssensoren der Transportkiste zu entwickeln.

Fahraktivitäts- und Straßenzustands-Erkennung kann als Klassifizierungsproblem des maschinellen Lernens (ML) aufgefasst werden. Daher sollen ML-Klassifikations-Verfahren (u.a. „Nächste-Nachbarn-Klassifikation“) verwendet, um die während einer Fahrt erfassten Messdaten zu klassifizieren und damit die Fahraktivitäts- und Straßenzustands-Erkennung effektiv durchzuführen. Zur Merkmalsextraktion und Klassifikation von Straßenschäden und Fahraktivitäten werden zunächst die Daten der Beschleunigungs-Sensoren der Transportkiste verwendet. Im Labeling-Prozess wird anhand der Messdaten ein Echtzeit-Klassifikator ermittelt. Ein zu erstellender Schadenskatalog, der unterschiedliche Straßenschäden beschreibt (z.B. Löcher, Risse, Rillen, Riefen etc.) und ein zu erstellender Fahraktivitäts-Katalog, der Fahr-Aktivitäten beschreibt (starkes Bremsen/Beschleunigen, Schalten, Lenken etc.), dienen als Basis für die Auswertung. Somit kann der Fahrer nicht nur darauf hingewiesen werden, dass eine Erschütterung stattgefunden hat und stattfinden wird (siehe Prognose) sowie dabei ggf. Grenzwerte überschritten wurden bzw. werden, sondern auch informiert werden, welcher Art die Erschütterung war bzw. sein wird, um seine Achtsamkeit auf diese spezielle Art zu erhöhen.

Der Bewegungs-Sensor in den Transportkisten kann aber vermutlich kaum unterscheiden, ob eine Erschütterung vom Straßenzustand oder Fahraktivitäten verursacht wird. Es ist aber zu vermuten, dass die verschiedenen Erschütterungen in verschiedene Richtungen wirken (Straßenzustand: vertikal; Lenken: horizontal; Bremsen/Beschleunigen: lateral). Daher sollen zusätzlich und gleichzeitig zu den Messungen des Beschleunigungssensors in der Transportkiste auch Messungen des Fahrverhaltens anhand von standardmäßig in Fahrzeugen verbauten Sensoren erfolgen, auf die über die ODB2-Schnittstelle des Fahrzeugs zugegriffen werden kann. Aus dem Vergleich der Kisten-Sensor-Daten mit den OBD2-Fahrzeugdaten können die dem Fahrverhalten zuzuschreibenden Daten aus den Kisten-Sensor-Daten extrahiert werden und somit Straßenzustands- und Fahrverhaltens-Daten separiert werden. Dies soll mittels Korrelation der verschiedenen Sensordatenreihen (Beschleunigungssensor in Kiste und OBD2-Daten) erfolgen. Dies ermöglicht eine genauere Klassifikation von Straßenzustand und Fahrverhalten alleine auf Basis der Kisten-Sensor-Daten, so dass im späteren Fahrer-Assistenz-System auf eine teure Integration eines OBD2-Moduls verzichtet werden kann.

7.3.3 Prognose für Zustand des Gutes am Zielort und kommende Gefahren auf der Route

Ziel der Arbeit ist es - basierend auf den aktuellen Auswertungen zum IST-Stand (Zustand des Gutes, Straßenzustand, Fahrverhalten) sowie der Kenntnis der Fahrtstrecke bzw. des Fahrverhaltens des Fahrers auf Basis historischer Daten (Messungen aus Fahrten in der Vergangenheit) - Prognosen über den weiteren Fahrtverlauf zu erstellen:

- zum einen über den Zustand des Gutes am Zielort (wenn Fahrverhalten und Straßenzustand so bleiben) und
- zum anderen über zu erwartende Gefahren (Straßenzustand und Fahrverhalten) auf der Route (Schlaglöcher, Kurven etc. bzw. zu starkes Lenken oder Bremsen).

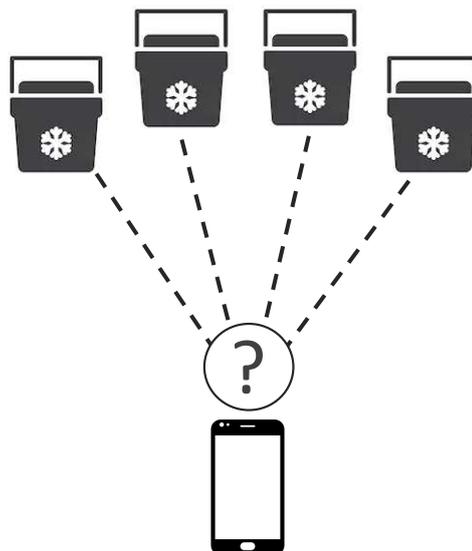
Diese Prognosen sollen genutzt werden, um dem Fahrer Hinweise und Warnungen bzgl. des Straßenzustands und seines Fahrverhaltens mitzuteilen.

Zur **Prognose des Zustands des Gutes am Zielort** soll im einfachsten Fall (ohne Vorliegen von Fahrtdaten aus der Vergangenheit und ohne Kenntnis der Strecke) eine einfache Regressionsanalyse (Trendschätzung bzw. Zeitreihenanalyse) durchgeführt werden (unter Berücksichtigung der noch zum Zielort zu fahrenden Zeit). Ziel ist aber eine Berücksichtigung der Fahrtstrecke auf Basis von Vergangenheitswerten. Hierbei erfolgt die Prognose durch Vergleich des aktuellen IST-Zustandes des Gutes und des bevorstehenden Streckenverlaufs (siehe oben) mit der durchschnittlichen Zustandsentwicklung des Transportgutes bei historischen Fahrten auf derselben Fahrtroute. Eine approximierte Trendlinie zur Prognose des IST-Zustandes kann auf diese Weise durch Einbeziehung historischer Fahrtdaten weiter optimiert werden, so dass eine realistischere Prognose des Zustandes am Zielort erreicht werden kann.

Die **Prognose hinsichtlich zu erwartender kommender Gefahren** auf der Route beruht ebenfalls auf der Analyse von Daten aus vergangenen Fahrten. Diese werden hinsichtlich von Besonderheiten in den Sensorwerten (Anomalien) analysiert und diese klassifiziert (Schlaglöcher etc.) sowie abgespeichert und dann bei der aktuellen Fahrt auf der Strecke an den bestimmten, betreffenden Stellen als Warnhinweis angezeigt.

7.4 Clustering-Algorithmus für IoT-Messsysteme beim Transport

Im Projekt IQTranS wird ein Fahrerassistenz-System mit einer mobile App entwickelt, die es dem Fahrer eines Transports (Transporteur) ermöglicht, während der Fahrt den Zustand der transportierten Güter zu überwachen. Hierfür ist jede Transportkiste, in der die Güter für den Transport gelagert sind, mit einem Messsystem ausgestattet, das Daten über den Zustand (Erschütterungen, Temperatur, Licht etc.) misst und per Funktechnologie (WiFi/WLAN, Low-Energy-BlueTooth o.ä.) sendet.



Allerdings kann nur eine begrenzte Anzahl an Kisten (1-5) gleichzeitig mit dem Fahrerassistenzsystem kommunizieren. Daher ist es erforderlich, dass einzelne Messsysteme die Daten anderer Messsysteme sammeln und die gesammelten Daten an das Fahrerassistenzsystem weiterleiten.

Ziel der Arbeit ist es, eine geeignete Clustering-Strategie zu konzipieren und einen entsprechenden Clustering-Algorithmus zu implementieren und evaluieren.

[Entwicklung einer Systemarchitektur zur drahtlosen Datenübertragung mehrerer Sensoren an ein zentrales Gateway (z. B. leistungsstarkes Smartphone)]

Potenzielles Vorgehen:

- Stand der Technik (IoT-Technologie und-Netzwerke; Clustering und Routing in Drahtlosen Sensornetzwerken/Wireless Sensor Networks)
- Identifikation, Analyse, Bewertung der Problemstellung
- Fachliche Konzeption einer Lösung
- Technische Konzeption einer Lösung
- (Prototypische) Implementierung
- Evaluation
- Bericht (Abschlussarbeit)

8 Daten Analyse / ML / KI (IQTranS)

8.1 Klassifizierung der Straßenqualität

Informationen über den Straßenzustand können dazu dienen, die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort zu erhöhen.

Oftmals sind aber Daten über den Straßenzustand nicht verfügbar und auch nicht kategorisiert. Insb. viele Digitale Karten (z. B. Google Maps) beinhalten keine Angaben über die Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn (z. B. Kopfsteinpflaster, Bodenwellen, ...)

In dieser Arbeit soll daher die Frage untersucht werden: Wie kann durch Messung (z. B. mit dem Smartphone) die Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn ermittelt und klassifiziert werden?

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methode, zur Bestimmung der Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn.

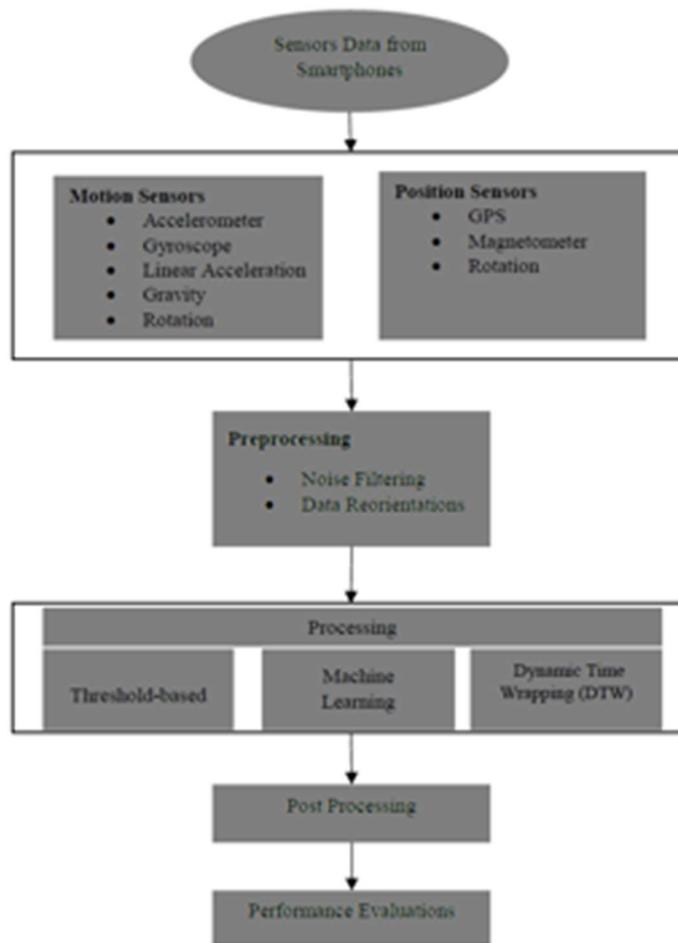


Figure 1. Road surface anomaly detection process.

Dies soll mittels handelsüblicher Smartphones erfolgen:

- zum einen die Sensordaten aufzeichnen und in der Datenbasis als Grundlage für die ML-Verfahren speichern sowie
- zum anderen anhand dieser ML-Verfahren mittels der Sensordaten während einer Fahrt in Echtzeit die Straßenqualität kategorisieren.

Hierfür ist ein Verfahren zu entwickeln, mit der eine Datenbasis über Straßenzustände aufgebaut und die Straßenqualität kategorisiert werden kann, z.B. hinsichtlich:

- Oberflächentyp: Asphalt, Schotter, Kopfsteinpflaster o.ä.
- Qualität/Zustand der Straße: glatter Belag, Unebenheiten, Schlaglöcher etc.

Die Messdaten sollen für eine Lageerkennung im Fahrzeug erfasst und aufbereitet werden. Anschließend sollen die Daten für die ML-Verfahren kategorisiert. Ggf. werden die Daten mit Umweltdaten (z.B. Wetterdaten) aggregiert, um auch sich ändernde Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen (und die Datenqualität zu plausibilisieren, z.B. bzgl. Verfälschung der Daten bei bestimmten Wetterbedingungen). Mit Vergleichsmessungen werden die Datensätze abgeglichen und validiert. Anschließend findet eine Klassifizierung der Daten statt. Es werden ML-Methoden ausgewählt und Merkmale sowie Kategorien der Straßenqualität ermittelt.

Zudem ist ein Verfahren zu entwickeln, mit dem anhand der zuvor ermittelten Klassifikatoren während einer Fahrt in Echtzeit der Straßenzustand klassifiziert werden kann.

Der Stand der Forschung bzw. Wissenschaft zur Ermittlung der Straßenbeschaffenheit mit Hilfe von Smartphones zeigt verschiedene Ansätze, die bisher verfolgt wurden.

- [Sattar et al. 2018] bietet einen Überblick über existierende Ansätze.
- [Lauer et al. 2011] nutzt ...
- Tai [Tai 2010] verwendet die Beschleunigungssensoren eines Smartphones zur Datenerfassung. Ziel war die Erfassung von Straßenanomalien (u. a. Schlaglöcher). Mit einem Motorroller wurden knapp 60 km zurückgelegt und das verwendete Machine Learning Verfahren konnte zu 78,5% die Anomalien richtig detektieren.
- Douangphachanh [Douangphachanh 2014], [Douangphachanh 2013] führt Frequenzanalysen auf Schwingungen in der Beschleunigung von Smartphones im Fahrzeug durch um auf die Straßenqualität zu schließen. Die Versuche wurden mit einem Fahrzeug durchgeführt.
- Vittorio [Vittorio 2014] verwendet unterschiedliche Smartphones in einem Versuchsfahrzeug. Über vorab bestimmte Grenzwerte für vertikale Stöße erfolgt die Klassifizierung. Die zurückgelegte Distanz beträgt 14 km.
- Im schwedischen Projekt ROADROID [Forsläf 2012], [Jones & Forsläf 2014] wurde eine Smartphone Applikation entwickelt, die Beschleunigungs- und Kameradaten an einen Server weiterleitet und dort verarbeitet. Die Smartphones müssen an der Windschutzscheibe angebracht und vorab kalibriert werden. Über eine Website kann die ermittelte Straßenqualität betrachtet werden. Die bisher aufgezeichnete Distanz aller Nutzer ist unbekannt. Ebenso ist nicht bekannt, nach welchen Kriterien die Aktualität der Daten überprüft wird.
- Alessandrini [Alessandrini et al. 2014] nutzt eine Klassifizierung der Straßenqualität mit Smartphones und markiert damit das OSM Kartenmaterial. Insgesamt wurden über 275 km in Italien kategorisiert.
- Lienkamp [Lienkamp 2018] nutzt im mFund-Projekt QoStreet ...

Literatur

- [Sattar et al. 2018] Sattar, Shahram; Li, Songnian; Chapman, Michael. 2018. "Road Surface Monitoring Using Smartphone Sensors: A Review" Sensors 18, no. 11: 3845. <https://doi.org/10.3390/s18113845>. Auch: https://www.researchgate.net/publication/328838759_Road_Surface_Monitoring_Using_Smartphone_Sensors_A_Review.
- [Lauer et al. 2011] Lauer, Johannes; Jochem, Andreas; Zipf, Alexander (): Straßenzustandsermittlung durch Klassifikation mobiler Sensordaten von Smartphones. In: Martin Werner, Jörg Roth (Hrsg.): 8. GI/ITG KuVS Fachgespräch "Ortsbezogene Anwendungen und Dienste", 8.-9. Sept. 2011, München, Logos-Verlag 2011, ISBN 987-3-8325-3041-9. <https://docplayer.org/9174723-Strassenzustandsermittlung-durch-klassifikation-mobiler-sensordaten-von-smartphones.html>
- [Tai 2010] Y.-c. Tai, C.-w. Chan, and J. Y.-j. Hsu, "Automatic road anomaly detection using smart mobile device," in conference on technologies and applications of artificial intelligence, Hsinchu, Taiwan, 2010.
- [Douangphachanh 2014] V. Douangphachanh and H. Oneyama, "A study on the use of smartphones for road roughness condition estimation," Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol. 10, no. 0, pp. 1551-1564, 2013.
- [Douangphachanh 2013] V. Douangphachanh and H. Oneyama, "Using Smartphones to Estimate Road Pavement Condition," International Symposium for Next Generation Infrastructure, 2013.

- [Vittorio 2014] A. Vittorio et al, "Automated sensing system for monitoring of road surface quality by mobile devices," Procedia-Social and Behavioral Sciences, vol. 111, pp. 242-251, 2014.
- [Forsläf 2012] L. Forsläf, "Roadroid-smartphone road quality monitoring," in Proceedings of the 19th ITS World Congress, 2012.
- [Jones & Forsläf 2014] H. Jones and L Forslof, "Roadroid continuous road condition monitoring with smartphones," in Proceedings of the 5th SARF/IRF Regional Conference, Pretoria, South Africa, 2014.
- [Alessandrone et al. 2014] G. Alessandrone et al, "Smartroadsense: Collaborative road surface condition monitoring," Proc. of UBIKOMM-2014. IARIA, 2014.
- [Lienkamp 2018] M. Lienkamp, "QoStreet - Schlussbericht". TIBKAT_1048935647, BMVI, 2018.
- Sensor Fusion on Android Devices: A Revolution in Motion Processing.
<https://www.youtube.com/watch?v=C7JQ7Rpw2k>. [Lösungsansatz und Einstieg]

8.2 Klassifikation von Fahrverhalten

8.3 Stra enqualit ts- und Fahrverhaltens-Optimiertes Routing

Navigationssysteme sind weit verbreitet und gelten als eine „Killer-Applikation“ des Mobile Computings. Dabei wird das Fahrzeugrouting üblicherweise nach der Dauer der Reisezeit sowie teilweise auch nach der Länge der Route oder dem Ressourcenverbrauch (Benzin, Diesel, Strom etc.) hin optimiert.

Die Fahrbahnbeschaffenheit (z. B. Kopfsteinpflaster, Bodenwellen, ...) wird bislang nicht berücksichtigt. Diese kann aber für den Transport empfindlicher Güter entscheidend sein, wenn die Straßenbeschaffenheit (z.B. Erschütterungen) einen negativen Einfluss auf die Qualität des zu transportierenden Gutes (z.B. Kunstwerke, Sperma) hat.

In dieser Arbeit soll daher die Frage untersucht werden: Wie kann eine Route hinsichtlich der Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn optimiert werden?

Das Ziel der Arbeit besteht in der Entwicklung einer Methode zur Routennavigation, die die Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn berücksichtigt.