



Multisensoriell gestützte Erfassung
von Straftätern in Menschenmen-
gen bei komplexen Einsatzlagen



Schlussbericht

„Multisensoriell gestützte Erfassung von Straftätern in Menschenmengen bei komplexen Einsatzlagen“ (Muskat)

1

Fraunhofer-Gesellschaft

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB), Karlsruhe

Förderkennzeichen: 13N13246

Datum: 25.05.2018



Inhaltsverzeichnis

I. Kurzdarstellung	3
1. Aufgabenstellung	3
2. Voraussetzungen.....	4
3. Planung und Ablauf des Vorhabens.....	5
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand.....	16
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen	19
II. Eingehende Darstellung	19
1. Gegenüberstellung der Ziele und Ergebnisse	19
2. Position des zahlenmäßigen Nachweises	27
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	27
4. Voraussichtlicher Nutzen	28
5. Fortschritt bei anderen Stellen	29
6. Veröffentlichungen.....	29

I. Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Bei Spielen der deutschen Profi-Fußballligen ist eine steigende Zahl an Gewaltdelikten zu beobachten. Die im Einsatz befindlichen Polizeien beobachten bereits seit längerer Zeit ein gesteigertes Gefährdungspotential sowohl für die Besucher von Fußballspielen als auch die Polizeibeamten im Einsatz. Brennpunkt ist hier oft schon der Bahnhof am Veranstaltungsort. Mit den heutigen im Einsatz befindlichen technischen Mitteln stoßen die Polizeibeamten bei der Strafverfolgung von Straftätern häufig an ihre Grenzen. Eine **lückenlose, videogestützte Dokumentation zum Zwecke der gerichtsverwertbaren Beweissicherung** gelingt nur in wenigen Fällen.

Ziel dieses Teilvorhabens im Verbundprojekt Muskat ist es daher, **ein Multi-Sensor-System zu implementieren**, mit dessen Hilfe Straftäter in einem verteilten Videokamera-Netz vom Begehen der Straftat bis zur Festnahme lückenlos erfasst werden können. Ein Sensor-Cluster besteht hier aus mehreren handgetragenen Einheiten, mindestens einer Übersichtskamera mit Blick über das Geschehen sowie einer zentralen Lagedarstellung. Die Umsetzung dieses Vorhabens in einem Demonstrator erfordert intensive **Forschungsarbeiten auf den Gebieten der Sensorfusion, der Bildauswertung und des Informationsmanagements**. U.a. müssen handgetragene Sensoreinheiten erforscht werden, die mittels Fusion von Kompass, GPS und WLAN-Komponenten eine genaue Lokalisierung und Orientierungsschätzung ermöglichen. Die enorme Komplexität der Einsatzlagen (variierende Lichtverhältnisse, verummte Menschenmengen, hohe Dynamik) macht die Erforschung neuer Bildauswertelgorithmen unausweichlich, u.a. um Personen in Menschenmengen automatisiert zu verfolgen, wiederzuerkennen und zwischen verschiedenen Sensoren zu übergeben. Die Robustheit und Adaptionfähigkeit der Personenmodelle in diesen extremen Rahmenbedingungen stellen eine große Herausforderung für die Forscher dar. Ferner wurden neue Konzepte, Systemarchitekturen und Ontologien zur Realisierung einer geeigneten Lagedarstellung untersucht. Die echtzeitfähige Darstellung einer derart komplexen Lage und **die Möglichkeit, solche Lagebeschreibungen zwischen verschiedenen Sensor-Clustern bzw. Polizeieinheiten auszutauschen, schaffen einen Meilenstein in der modernen Einsatzführung**.

2. Voraussetzungen

Das Muskat-Projekt wurde für eine Laufzeit von 36 Monaten geplant. Beteiligte Partner waren

1. die Fraunhofer Gesellschaft, mit dem Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB), Karlsruhe,
2. Direktion Bundesbereitschaftspolizei (BPOLD BP),
3. IMST GmbH,
4. Universität Kassel (provet).

Assoziierte Partner als Endanwender waren das Landesamt für Zentrale Polizeiliche Dienste Nordrhein-Westfalen (LZPD NRW) und die Deutsche Bahn.

Das Konsortium stellte die Grundvoraussetzungen für die Durchführung der Forschungsarbeiten dar – insbesondere hinsichtlich der Zusammenführung unterschiedlicher Kernkompetenzen und Basiskomponenten wie die

1. Erstellung der mobilen Einheiten, Bildauswerteverfahren und Lagedarstellung (IOSB),
2. polizeifachliche Anforderungsanalyse und Spezifikation sowie die Planung und Durchführung realitätsnaher Einsatzübungen und Praxistauglichkeitsprüfung des Demonstrators (BPOLD BP) und die
3. Kommunikationstechnik und Lokalisierung (IMST).

4

Ergänzt wurde das Konsortium durch Forscher im Bereich der Rechtswissenschaften, welche eine zentrale Rolle für die rechtsverträgliche Gestaltung und damit für die spätere Anwendbarkeit der erforschten Technologien spielten (Provet).

Eine weitere Voraussetzung im Projekt war die Erstellung ethischer Gutachten, die durch das IZEW (Internationales Zentrum für Ethik in den Wissenschaften) der Universität Tübingen erstellt wurden. Die Gutachten wurden im Rahmen eines Unterauftrags angefertigt. Ein Gutachten betrachtet das Muskat-Projekt aus ethischer Perspektive, um die möglichen Chancen und möglichen Risiken des technischen Systems herauszustellen, sowohl aus Sicht der künftigen Anwender, als auch aus Sicht der Betroffenen. Das andere Gutachten behandelt die gesellschaftlichen Aspekte von Muskat. Es evaluiert die positiven und negativen zu erwartenden Folgen, die mit der Einführung von Videotracking in komplexen polizeilichen Einsatzlagen potentiell verbunden sind

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Folgenden werden die einzelnen Arbeiten von Fraunhofer IOSB beschrieben. Die Tabellen sind chronologisch geordnet, ausgehend vom Anfangsmonat des jeweiligen Arbeitspakets, bei gleichem Anfangsmonat aufsteigend nach Arbeitspaket.

AP-1.1 Anforderungsanalyse

Im diesem Teilarbeitspaket werden in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern die Anforderungen an den Demonstrator analysiert und konkrete Anwendungsfälle abgeleitet. Je Arbeitsbereich (Mobile Sensoreinheiten, Videoauswertung und Informationssysteme) ist ein Mitarbeiter notwendig.

AP-2.1 Entwurf und Implementierung der Sensoreinheiten

In diesem Teil-AP sollen für die Beweissicherung und Dokumentation Multi-Sensor-Module entworfen und implementiert werden. Die Module sollen untereinander interagieren und sicher Daten austauschen können. Dabei ist es von zentraler Bedeutung, dass die mobile, handgetragene Einsatzkamera nicht nur ihre Bilder weitergibt, sondern dass auch ihre Position und Ausrichtung bestimmt werden können. Zu diesem Zweck wird ein hochintegriertes, an exakt diese Anforderungen angepasstes mikrocontrollerbasiertes Sensormodul erforscht und implementiert, das ausgerüstet mit (D)GPS, Kompass und Inertialsensorik die Lage der Kamera im Raum ermitteln und somit das erfasste Blickfeld berechnen kann.

Neben der Sensorik wird auch ein interaktives Display in das Multi-Sensor-Modul integriert, das den Einsatzkräften die Möglichkeit gibt das Live-Kamerabild zu sehen und besondere Ereignisse an die Zentrale zu melden. Darüber hinaus wird eine offene Standardschnittstelle implementiert, die eine Anbindung an die in AP5 zu implementierenden Kommunikationsmodule (WLAN-Sende/Empfänger-Einheiten) erlaubt.

AP-1.2 Spezifikation

Im diesem Teilarbeitspaket wird in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern das System anhand der Anwendungsfälle aus Teil-AP 1.1 unter technischen, rechtlichen und anwendungskritischen Aspekten spezifiziert. Das IOSB adressiert hier vor allem die Spezifikation der technischen Systemkomponenten.

AP-8.1 Übung / Messkampagne I

In Muskat werden im Rahmen von zwei Messkampagnen Video- und Bilddaten unter realen Aufnahmebedingungen aufgezeichnet sowie die Muskat-Komponenten evaluiert.

AP-2.3 Kalibrierungsalgorithmen im dynamischen Umfeld

Um die Positionen der Übersichtskamera nachzukalibrieren, d.h. die Bestimmung des Sichtfelds dieses Sensors ggf. zu optimieren, können markante Punkte in der Szene sowie die Positionen anderer mobiler Einheiten im Blickfeld der Kamera genutzt werden. Dies kann notwendig werden, falls die Übersichtskamera auf einer mobilen Plattform befestigt ist (z.B. einem Helikopter) oder sich die Teleskopaufhängung als nicht rigide erweisen sollte.

Für die Kalibrierung werden Objekte mit bekannter Position im Bild markiert (ggf. durch spezielle Kalibriermarken), woraus sich die relative Lage zwischen Kamera und Objektkoordinaten berechnen lässt. Die zusätzliche Verwendung von lokalisierten Personen- und Sensorkoordinaten, also dynamischer und störungsbehafteter Referenzpunkte, stellt einen innovativen Ansatz der Kamerakalibrierung und eine Erweiterung existierender markenbasierter Kalibrierverfahren dar. Dies erfordert die Erforschung neuartiger, ggf. interaktiver Algorithmen. Insbesondere müssen die Unsicherheiten der Referenzpunkte (also der Lokalisierungsmodule aus AP 2.1) berücksichtigt werden.

AP-4.1 Systemarchitektur

6

Aufbauend auf den Anforderungen, die in AP1.1 und AP1.2 definiert wurden, wird im nächsten Schritt das Konzept und die Architektur für das Muskat-Gesamtsystem erstellt. Die Spezifikation der Architektur erfolgt anhand des Reference Model of Open Distributed Processing (RM-ODP). Ziel ist die Realisierung als offene und erweiterbare Architektur unter Einsatz von Standards (z.B. Web Service Standards oder Geodienste des Open Geospatial Consortiums). Forschungsschwerpunkte sind Art der Echtzeitfähigkeit und die Kommunikation zwischen den Systemen bei Landes- und Bundespolizei. Weiterhin muss die Architektur Schnittstellenspezifikationen für die Integration von Ergebnissen der anderen Teilarbeitspakete enthalten, wie z.B. die mobilen Sensoreinheiten.

AP-3.1 Bildstabilisierung

Im Rahmen dieses Teil-Arbeitspaketes sollen Bildstabilisierungsverfahren auf ihre Einsetzbarkeit für die softwaregestützte Bildverbesserung von handgetragenen Videokameras untersucht werden. Herausforderungen hierbei sind u.a. die Kompensation von Artefakten (Motion-blurring, Rolling-Shutter, niedrige Bild-zu-Bild-Überlappung für die Bewegungsschätzung etc.) und die Ermittlung geeigneter Bewegungsmodelle für die Bewegungsschätzung und -kompensation.

AP-3.3 Anpassung eines Verfahrens zum Tracking von Einzelpersonen in Menschenmengen

Das am IOSB vorhandene Verfahren zum Tracking von Einzelpersonen in Crowd & Riot-Szenarien soll in diesem Teil-AP an das Muskat-Szenario angepasst werden. Das Verfahren wird für die Musaktsensorik angepasst, so dass ein Tracking von Einzelpersonen in den Muskatszenarien möglich ist. Die Anpassung ist Voraussetzung für die Erforschung weiterer Trackingmodule zur Verbesserung der Robustheit (Teil-AP 3.4) und Adaptionfähigkeit (Teil-AP 3.5) des Ansatzes.

AP-4.2 Ontologiemodellierung

Es wird ein „Semantisches Modell“ (Ontologie) erstellt. Für Muskat sind hierbei u.a. die Position von Personen und Objekten und die Beweissicherung relevant. Besondere zu realisierende Aspekte sind der Orts- und Zeitbezug von Informationen welche mit Unsicherheiten (Unschärfe) behaftet sein können. Die Unschärfe muss entsprechend modelliert werden, z.B. ist die Position einer Person durch die eingesetzten Verfahren immer mit einem gewissen Fehler behaftet.

Bei der Modellierung der Ontologie muss bereits der spätere Einsatz berücksichtigt werden. Die Verwendung mit einem Nachrichtenbus (Message-oriented Middleware (MoM)) muss möglich sein. Hierbei kann z.B. die hierauf ausgelegte Anfragesprache Streaming-SPARQL zum Einsatz kommen. Diese Technologie ist aktuelle Forschung. Weiterhin muss die Raumbezugsanfrage unterstützt werden. Hierfür gibt es die bereits standardisierte Sprache GeoSPARQL (<http://geosparql.org/>), aber auch hier ist der Einsatz mit Streams noch weiter zu erforschen.

7

AP-3.2 Berechnung digitaler Signaturen

Ziel dieses Teil-APs ist es, zu verfolgende, straffällig gewordene Personen in der Menschenmenge in geeigneter Art und Weise rechnerintern zu repräsentieren, um eine in einer handgetragenen Kamera markierte Person in den Videostreamen anderer Kameras wieder zu finden. Diese Aufgabe bedarf einer intensiven Forschung. Die Schwierigkeit besteht darin, dass aufgrund der Dichte der Menschenmenge und der Ähnlichkeit einzelner Personen (z.B. durch Vermummungen) eine große Verwechslungsgefahr in den Bilddaten besteht. Im Projekt wird daher versucht, diesen Schwierigkeiten durch die Erforschung kontextsensitiver, digitaler Personensignaturen entgegenzuwirken. Um eine gesuchte Person in einem anderen Kamerabild wieder zu

finden, müssen Signaturen erforscht werden, die höchst diskriminativ sind und weitestgehend perspektivisch invariant. Durch die Berücksichtigung anderer Personen/Objekte/Strukturen in der unmittelbaren Nähe der zu verfolgenden Person, entstehen trennfähigere Merkmale, wie diese durch Merkmale einer einzelnen Person alleine generiert werden können.

AP-4.3 Informationssystem

Die Informationen über die aktuelle Lage werden in Muskat in einer Ontologie gespeichert. Ziel dieses Arbeitspakets ist es deshalb Ressourcen aus der Ontologie (Konzepte, Eigenschaften, etc.) auf einer Karte zu visualisieren. Bei diesem Arbeitspaket kann auf Vorarbeiten aus dem Projekt SiKomFan zurückgegriffen werden. Bei Muskat ist jedoch zu beachten, dass höhere Echtzeitanforderungen vorliegen als bei SiKomFan. Zunächst muss die für das Anwendungsfeld notwendige Echtzeitdefinition bestimmt werden. Reichen Sekunden, werden Millisekunden benötigt? Bei Positionsänderungen muss innerhalb der definierten Echtzeitfrequenz die entsprechende Information möglichst lückenlos an die Nutzer übertragen werden. Dafür muss eine geeignete Technologie ausgewählt werden und das Prinzip der Message-Oriented Middleware umgesetzt werden. Die Lagedarstellung soll auch mobil via Tablets abrufbar sein. Hier muss ein plattformunabhängiger (iOS, Windows, Android), mobiler Zugriff implementiert werden.

8

AP-3.4 Optimierung des Einzelpersonentrackings in Menschenmengen

Im Einsatzszenario sind, wegen Vermummungen von Personen und der Sensoranordnungen, aus dem Videobild extrahierte Gesichtsmerkmale zur Differenzierung von Personen ungeeignet. Eine Möglichkeit, die Gefahr der Verwechslung einer Person beim Tracking unter den genannten schwierigen Einsatzbedingungen zu minimieren, ist das Lernen unterscheidungsstarker erscheinungsbasierter Merkmale der video-grafierten Straftäter über die Zeit.

In diesem Teil-AP werden die kontextsensitiven, digitalen Personensignaturen aus Teil-AP 3.2 in das an Muskat angepasste Trackingverfahren integriert. Dazu werden zunächst verschiedene Deskriptoren auf ihre Eignung für das Personentracking anhand der akquirierten Messdaten evaluiert. Da sich während des Trackings die Umgebung der zu verfolgenden Person ändert, sollen außerdem die Deskriptoren schritthaltend aktualisiert werden, so dass eine hohe Diskriminanz beibehalten werden kann.

AP-3.5 Verbesserung der Adaptionfähigkeit des Einzelpersonentracking in Menschenmengen

In diesem Teil-AP soll die Adaptionfähigkeit des Trackingansatzes verbessert werden. Solange der Tracker die Person „sieht“, kann er Änderungen am Erscheinungsbild der Person mitlernen. Dafür sollen adaptive, erscheinungsbasierte Personenmodelle erforscht werden, die auf den kontextsensitiven, digitalen Personensignaturen aufbauen. Um schnelle Änderungen am Erscheinungsbild von Personen, wie z.B. rasche Kleidungswechsel lernen zu können, müssen diese Merkmale schritt haltend auf Diskriminanz überprüft und aktualisiert werden. Im Unterschied zum vorherigen Teil-AP 3.4 werden in diesem Teil-AP die Deskriptoren allerdings nicht bzgl. der Umgebung, sondern bzgl. der Erscheinung der Person aktualisiert, wofür andere Ansätze erforscht werden müssen. Bei der Erforschung sollen auch erschwere Bedingungen, wie z.B. rasche Kleidungswechsel mitberücksichtigt werden. Durch die Erhöhung der Adaptionfähigkeit der Verfahren wäre ein beweissicheres Tracking einzelner (in unserem Szenario gewalttätig gewordener) Personen in Menschenmengen möglich.

AP-3.8 Machbarkeitsstudie zur bildinhaltsgestützten Personenübergabe im Kameranetzwerk

9

Für die ersten Untersuchungen sollen bei der Übung MK1 Polizeikräfte und/oder Einsatzfahrzeuge und/oder Gegenstände (z.B. Masten, Helme, Logos, etc) als Landmarken dienen, welche robust und effizient in den Kamerabildern wiedererkannt werden können. Diese Landmarken fungieren als „gemeinsame Referenzpunkte“ in den jeweiligen Blickfeldern der Kameras und können für die relative Positionsschätzung genutzt werden. In Teil-AP 3.8 sollen im Zuge der Machbarkeitsanalyse zunächst fest definierte Marken eingesetzt und während der Übung MK1 in der Szene angebracht werden. Diese speziellen Marken, die am IOSB bereits erprobt und entwickelt wurden, sind robust und schnell in den Kameras eindeutig detektierbar. Auf Basis dieser Referenzpunkte in den jeweiligen Sichtfeldern sollen zunächst durch geeignete Matchingalgorithmen Punktkorrespondenzen zwischen den handgetragenen Kameras und der Übersichtskamera ermittelt werden. Dadurch soll aus verschiedenen Perspektiven automatisch ermittelt werden, welcher Referenzpunkt in einem Sichtfeld welchem Referenzpunkt im anderen Sichtfeld entspricht.

Bei einer Mindestanzahl an Marker-Referenzpunkten und deren robuster Korrespondenzbestimmung können nun parametrische Modelle (homographische Abbildung zwischen den Kameras) verwendet werden, auf deren Basis für ein beliebiges Pixel in

einer Kameraansicht, die entsprechende Pixelposition (in der anderen Kameraansicht) geschätzt werden kann. Diese Pixelposition wäre in der vorliegenden Anwendung die Objektübergabeposition. Grundlage für die Funktionsfähigkeit dieses Ansatzes ist die zuverlässige Detektion von Referenzpunkten, deren Korrespondenzfindung, aber auch eine robuste Parameterschätzung für die eingesetzten geometrischen Modelle. Die größte Herausforderung hierbei sind die stark unterschiedlichen Blickrichtungen im Muskat-Szenario. Im Rahmen dieses Arbeitspaketes werden dafür neue bildbasierte Ansätze erforscht und auf ihre Einsetzbarkeit hin untersucht, insbesondere hinsichtlich den stark unterschiedlichen Kameraansichten. Das Ergebnis soll eine erste Aussage ermöglichen, in wie fern eine reine bildinhaltsbasierte Kameraposition- und -lageschätzung eine hinreichend genaue Personenlokalisierung erlaubt.

AP-4.4 Nachrichtenkanal Sensoreinheit zu Zentrale

Um Daten der mobilen Sensoreinheiten in der Zentrale anzeigen zu können, muss neben der Hardwareintegration eine softwareseitige Anbindung erfolgen. Dieses Arbeitspaket definiert die dafür notwendigen Schnittstellen zwischen dem Lokalisierungs- und Kommunikationsmodul aus AP2 und dem MUSKAT-Informationssystem. Über die Schnittstellen werden Positionsdaten sowie Daten zur Beweis-sicherung wie Bilder oder Videoausschnitte übertragen.

10

Als Plattform werden aktuelle Forschungslösungen aus dem Bereich Internet of Things (IoT) evaluiert, wie z.B. MQTT (<http://mqtt.org/>) auf Videotauglichkeit untersucht.

AP-9.1 Demonstrator Aufbau

Die Hardwarekomponenten der beiden Cluster des Demonstrators sollen in Karlsruhe aufgebaut werden. Dies beinhaltet u.a. die beide Zentralen (das Informationssystem), die mobilen handgetragenen Kamera- und Lokalisierungseinheiten sowie zwei Übersichtskameras mit entsprechenden Rechnern. Der Aufbau der Übersichtskameras wird hierbei an die vorhandene IOSB-Gebäudeinfrastruktur angebunden. Die Funktionsfähigkeit der Teilkomponenten (Lokalisierung, Lagedarstellung, Bildauswertung) soll im Demonstrator nachweisbar sein.

Die erforschten Module aus den Teil-AP 2.1, 2.3, 3.1-3.5 und 3.8 sowie 4.1-4.4 werden für eine erste Version des Demonstrators umgesetzt. Dies betrifft den Aufbau und die Installation der Lagedarstellung, Sensor- und Bildauswertungskomponenten. Hierbei liegt der Fokus noch nicht auf dem Zusammenspiel, sondern vielmehr auf der Integration der einzelnen Komponenten in ein ganzheitliches System unter Berücksichtigung der Schnittstellen. Die softwaretechnische Integration der Module in das

Gesamtsystem erfolgt in AP 9.2. Der Demonstrator soll die Funktionsfähigkeit der einzelnen Module darlegen.

AP-9.2 Softwareintegration I

Die in den Teil-AP 2.1, 2.3, 3.1-3.5, 3.8 und 4.1-4.4 erforschten Softwarekomponenten werden als Systemkomponenten in einem Informationssystem realisiert. Die Teilkomponenten müssen hierbei im zentralen Informationssystem softwareseitig integriert und implementiert werden. Das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten erfolgt über vordefinierte Schnittstellen. Dabei wird anhand der Anwendungsfälle aus AP 1.1 ein Demonstrator mit den vorgesehenen Funktionen für die Phase I erstellt. Anknüpfend an die Integration müssen Funktionstests durchgeführt werden, in denen die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten evaluiert und dokumentiert werden.

AP-2.2 Multi-Sensorbasierte Lokalisierung

Um die Präzision und die Robustheit der Positionsbestimmung in variablen Bedingungen zu verbessern, können viele der vorhandenen Daten zusätzlich genutzt werden. Um eine allgemeine Datengrundlage zu erhalten auf deren Basis Lokalisierungsalgorithmen implementiert und optimiert werden können, muss eine adaptive Sensordatenfusion erforscht werden. Es gilt die Lokalisierungsverfahren auf Basis dieser Daten zu implementieren, zu testen und zu optimieren. Adaptive Verfahren zur Sensorfusion von GPS, WLAN, Inertialsensorik und Kompass werden erforscht und implementiert.

11

AP-3.6 Multi-Personentracking in Menschenmengen

In diesem Teil-AP sollen zunächst die Ergebnisse aus den Teil-AP 3.3-3.6 zusammengeführt werden. Die Softwaremodule werden integriert und aufeinander abgestimmt. Dafür wird eine Komponente für die Kommunikation der Einzelprozesse (Einzelpersonentracking) integriert. Zudem werden mögliche Ansätze zur Fusion der Verfahren bzw. Ergebnisse aus den Teil-APen 3.4 und 3.5 mit Hilfe der Testdaten aus AP 8 erforscht und evaluiert. Insbesondere, inwieweit die kontextbezogene Methode zur Verringerung der Verwechslungsanfälligkeit des Trackers zusammen mit der Adaptionsfähigkeit der Deskriptoren die Robustheit des Trackers insgesamt verbessern kann. Darüber hinaus soll mittels Plausibilitätsprüfungen die Wahrscheinlichkeit von Verwechslungen weiter gesenkt werden. Es werden Plausibilitätsprüfungen implementiert, unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Aspekten, welche die Gerichtsverwertbarkeit der Beweissicherung gewährleisten.

AP-3.9 Implementierung und Optimierung von Verfahren zur Personenübergabe

Ein Ziel dieses Teilarbeitspaketes ist die Realisierung von Systemkomponenten für echtzeitfähige oder echtzeitnahe geometriebasierte oder bildinhaltsgestützte Personenübergabe. Diese Komponenten sollen die in Teil-AP 3.8 untersuchten Methoden, in Kombination mit den Kalibrierungsverfahren aus dem Teil-AP 2.3 und/oder die in 3.2 erforschten digitalen Signaturen eine erste Evaluation des Ansatzes in einem Live-Betrieb ermöglichen. Weiter sollen die erforschten und untersuchten Verfahren für den realen Einsatz (Demonstratorintegration) optimiert und robustifiziert werden.

Die in Teil-AP 3.8 verwendeten eindeutig definierten, künstlichen Marken sollen in diesem Teil-AP durch natürliche Landmarken ersetzt werden, d.h. signifikante Objekte, wie sie in der Szene sichtbar sind (z.B. Laternen, Polizeifahrzeuge, Schilder, Skulpturen, Eingänge, Uhren, etc.). Diese Objekte müssen initial gelernt und systemintern in geeigneter Weise repräsentiert werden. Abschließend soll eine Evaluation der erforschten Positionsübergabemethoden hinsichtlich der Einsetzbarkeit des Systems in der Praxis evaluiert werden.

AP-3.10 Anpassung eines Verfahrens zur Personensuche in Videoarchiven

Das Ziel dieses Arbeitspaketes ist die Unterstützung des BeDo-Trupps bei der Beweissicherung mittels videobasierter Personensuche im aufgezeichneten Beweismaterial. Nach Erfassung eines Straftäters auf dem Weg ins Stadion muss innerhalb weniger Stunden der Sachbeweis erstellt werden. Diese Aufgabe obliegt dem BeDo-Trupp vor Ort. Aktuell geschieht dies durch manuelle Sichtung und Zusammenschnitt des gesamten vom BeDo-Trupp aufgezeichneten Videomaterials. Für die Strafverfolgung muss dafür eine zweifelsfreie Beweissicherung gewährleistet werden, d.h. eine lückenlose Zuordnung von Tat und Täter in Zeit und Bild.

Ziel ist daher eine computergestützte, weitestgehend automatische und damit wesentlich schnellere Zusammenstellung von Beweismaterial aus Videosequenzen. Um diesen Prozess zu unterstützen sollen Verfahren zur automatisierten Personensuche (sog. „person retrieval“) erforscht werden.

Dazu wird in diesem Teil-AP zunächst das am IOSB vorhandene Personenwiedererkennungsverfahren für Muskat angepasst. Die Deskriptoren des Bestandsverfahrens werden durch die kontextsensitiven, digitalen Personensignaturen aus Teil-AP 3.2 ersetzt. Entsprechend werden auch die Deskriptoren in den CamInSens- und MisPel-Personenwiedererkennungsverfahren ersetzt.

AP-4.5 Beweisablage und -übergabe

Ausgehend von den rechtlichen Randbedingungen und technischen Gegebenheiten wird ein Konzept erstellt, wie die Beweissicherung mittels des Muskat-Systems beschleunigt werden kann. Es werden alternative Möglichkeiten der Beweispräsentation und -ablage untersucht. Der Beweisaustausch zwischen Landes- und Bundespolizei steht ebenfalls im Fokus.

AP-3.11 Personensuche in Menschenmengen

Ein Ziel dieses Teil-AP ist die Robustifizierung des angepassten Verfahrens aus Teil-AP 3.10 für den realen Einsatz (Demonstratorintegration). Dazu wird zunächst das angepasste Verfahren aus Teil-AP 3.10 auf dem Muskat-Szenario evaluiert. Zudem soll bei der Evaluierung auch die Gerichtsverwertbarkeit des Verfahrens in Rücksprache mit der BPOLD BP untersucht werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend im Verfahren umgesetzt.

Die Beweissicherung von Straftaten muss zeitnah erfolgen. Deshalb ist in diesem Teil-AP neben der Robustifizierung der Personensuche die Optimierung bzgl. der Suchzeit ein weiteres Ziel. Die Zeit zwischen Anfrage und Ausgabe der Ergebnisse soll gesenkt werden. Dazu sollen die Verfahren für den Vergleich der digitalen Signaturen bzgl. der Laufzeit softwaretechnisch optimiert werden.

13

AP-5.2 Mobiles Kommunikationsmodul

Um gewonnene wertvolle Informationen auch bei schwierigen Bedingungen schnell und mit ausreichender Qualität weitergeben zu können, wird für die hochmobile Kamera ein miniaturisiertes und energiesparsames Kommunikationsmodul aufgebaut und austauschbar über eine offene Schnittstelle in die Multi-Sensor-Module integriert. Die Kommunikation, die von diesem Modul genutzt wird basiert auf WLAN Komponenten der zukünftigen IEEE Standards 802.11ac und ggf. auch 802.11ad und wird um die Funktionalität Informationen auch über mehrere Kommunikationsmodule hinweg transportieren zu können (vermaschte Netze (IEEE 802.11s)) erweitert. Darüber hinaus werden in diesem Teil-AP Routingalgorithmen zur Überwachung des Verbindungszustandes und die Weiterleitung der Daten in den integrierten Mikrocontroller implementiert. Zusätzlich werden Verfahren zur Aufbereitung und Weitergabe von Lokalisierungsinformationen in Absprache mit IMST integriert.

AP-4.6 Ausbau Lagedarstellung

Während AP 4.3 das grundsätzliche Prinzip der Positionsaktualisierung in Echtzeit realisiert wird in AP 4.6 die Lagedarstellung erweitert. Das bedeutet Feedback und

neue Anforderungen aus den anderen Arbeitspaketen werden integriert. Außerdem muss die Lagedarstellung an das in AP 4.5 erarbeitete Konzept für die Beweissicherung angepasst werden. Das bedeutet die zur Beweissicherung verwendeten Darstellungen müssen alle rechtlich notwendigen Informationen enthalten und aus dem System extrahierbar sein.

AP-8.2 Übung / Messkampagne II

Analog zu AP 8.1. Die zweite Messkampagne dient neben der Datenakquisition zusätzlich dem Funktionstest des Early Demonstrators und als Evaluierungsgrundlage der Teilkomponenten. Darauf aufbauend werden die Teilkomponenten bis Projektmonat 30 optimiert (insgesamt ca. 22 Personenmonate).

AP-3.7 Track- Priorisierung beim Multi-Personentracking in Menschenmengen

Auf Grund eingeschränkter Sichtfelder von oder zu geringer Anzahl an Kameras oder Verdeckungen von Personen kann es zu Einschränkungen bei der Beweissicherung mittels Videotracking kommen. Solche Probleme sollen mittels eines Softwareverfahrens automatisch erkannt werden, damit die BeDo-Trupps frühzeitig darauf reagieren können.

Technisch erfolgt diese Priorisierung durch die Erforschung und Implementierung eines geeigneten Konfidenzmaßes, das es erlaubt, automatisch berechnete Tracks von straffällig gewordenen Personen in ihrer Güte zu ordnen. Insbesondere sollen Tracks, die eine hohe Verwechslungsgefahr mit anderen Personen aufweisen, oder Tracks, die das Sichtfeld verlassen haben, den Beamten als „kritisch“ angezeigt werden.

AP-3.12 Plausibilitätsprüfung der Personensuche

Bisher wurden die kontextsensitiven, digitalen Personensignaturen miteinander verglichen, um Übereinstimmungen (gleiche Personen) zu finden. Auf Grund von Vermummungen etc. kann es dabei zu einer großen Anzahl an „Treffer“ (Anzahl von Übereinstimmungen) kommen. In diesem Teil-AP soll diese Zahl mittels Plausibilitätsprüfungen gesenkt werden. Dazu werden Analyseverfahren erforscht, die die Ausgabe des Multi-Personentrackers aus Teil-AP 3.6, die dazugehörige Plausibilitätsprüfung aus Teil-AP 3.7 und die Metadaten der Sensoreinheiten auswerten, die nicht in den digitalen Signaturen kodiert sind wie z.B. der Zeitstempel der Aufnahmen. Damit sollen logische Einschränkungen in der Personensuche entdeckt werden. Dieser Vorgang kann ggf. interaktiv gestaltet werden.

AP-9.3 Demonstrator Ausbau

Der Demonstrator Phase I aus dem Teil-AP 9.1 wird zum finalen Demonstrator Phase II ausgebaut. Hierfür werden die nach dem MS1 erzielten Ergebnisse (Sensor- und Bildauswertungskomponenten sowie die Lagedarstellung) aus den AP 2, 3 und 4 als Module in den Demonstrator Phase II integriert. Auch die Kommunikationsmodule aus AP 5 müssen hier in gemeinsamen Workshops integriert, getestet und optimiert werden.

AP-9.4 Softwareintegration II

Die in den Teil-AP 4.5 und 4.6 erforschten Softwarekomponenten und die Demonstrator-Module aus AP 9.3 werden in das Informationssystem integriert und der Demonstrator für Phase II erstellt. U.a. werden hier die Kommunikationskomponenten von IMST eingebunden. Wesentliche Erweiterung zu Teil-AP 9.1 und 9.2 ist die Implementierung der Lageübergabe zwischen den verschiedenen Clustern im Demonstrator.

AP-9.6 Evaluierung

Anhand der definierten Muskat-Anwendungsfälle wird in der Demonstrator Phase II evaluiert (qualitativ) und angepasst, so dass das erforschte Muskat-System erprobt werden kann. Die einzelnen Module werden mittels realen Testläufen geprüft und ggf. optimiert, so dass die Funktion dieser gezeigt werden kann.

Zudem wird die Kommunikation zwischen den Modulen getestet und ggf. angepasst, um ein reibungsfreies Zusammenspiel zu gewährleisten. Die Lageübergabe zwischen den Clustern soll ebenfalls unter verschiedenen Aspekten (Komplexität der Szene, Dynamik, Licht- und Wetterbedingungen) nachgestellt und bewertet werden. In Teil-AP 9.6 soll insbesondere von technischer Seite her die Erprobung der Schnittstelle sowie der Informationsaustausch zwischen den Polizeien ermöglicht werden (eine anwenderbezogene Evaluierung erfolgt durch BPOLD BP).

15

AP-6.1 Gutachten zur ethischen Reflexion der Technik

Dieses Gutachten soll die in Muskat zu erforschende Technik, die Vorannahmen und Werte, die dabei festgelegt werden, die Randbedingungen des Technikeinsatzes und den Technikeinsatz selbst aus ethischer Perspektive untersuchen. U.a. wird für die in Muskat zu erforschende Technik eine grundlegende Überwachung, schon bevor eine Straftat begangen wird, vorausgesetzt. Hier muss untersucht werden, wie sich die Überwachung vieler Menschen im Kontext Bahnhofsvorplatz zur Abwehr und Aufklärung einer potentiellen Tat verhält. Weiteres Augenmerk fällt auf die Technik zum Auffinden

von Tätern in diversen Bildern. Hierbei kommen Algorithmen zum Einsatz, die mit starken identifizierenden Merkmalen arbeiten. Es ist davon auszugehen, dass so auch viele andere Menschen im überwachten Kontext identifizierbar werden. Daraus entstehende Probleme werden ethisch beleuchtet.

AP 6.2 Gutachten zur ethischen Analyse der gesellschaftlich relevanten Aspekte von Muskat

Im Rahmen dieses Gutachtens soll eine ethische Analyse der gesellschaftlich relevanten Aspekte von Muskat durchgeführt werden. Dabei soll auf die im BMBF-Projekt MuViT erarbeitete Handreichung aufgebaut werden. Auf deren Grundlage ist es möglich, eine ethische Bewertung der Technik und des Einsatzszenarios von Muskat anzufertigen. Aufgaben sind hierbei insbesondere die genaue Untersuchung des Einsatzszenarios, der darin genannten Sicherheitsprobleme und Lösungsstrategien, die Erforschung alternativer Lösungsansätze für diese Probleme und ein Vergleich mit dem ursprünglichen Einsatzszenario und Lösungsansatz. Darüber hinaus sollen weitere wahrscheinliche Einsatzszenarien untersucht und mit dem intendierten Einsatzszenario im Hinblick auf unterschiedliche ethische Bewertungen verglichen werden. Auch die im Rahmen des Projektes geplante Öffentlichkeitskampagne muss dabei in die Bewertung mit einbezogen werden. Es ist zu untersuchen, wie mit dem Umstand umgegangen wird, dass eine geringe Akzeptanz der Technik bei der Bevölkerung erwartet wird. Gerade vor dem Hintergrund polizeilichen, also staatlichen, Handelns ist dies aus demokratietheoretischer Sicht zu hinterfragen.

16

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Heutige Bildauswerteverfahren mit dem Ziel, Personen in Videos zu verfolgen und wiederzuerkennen, arbeiten zumeist in stationären Multikamerasystemen [CiS], [Mispel], [Jün11], [BBF+10]. Wenngleich die bildgestützte Personenverfolgung in Menschenmengen ganz eigene Schwierigkeiten mit sich bringt [RLSA11], so existieren doch Ansätze, um in Draufsichten auf die Menschenmasse einzelne Personen robust verfolgen zu können [Met09]. Die größte Herausforderung im Kontext von Muskat liegt in der Erstellung digitaler Signaturen von Personen (aufbauend auf [BET+07]), mit deren Hilfe diese in anderen Kamerabildern für eine gerichtsverwertbare Beweissicherung wiedererkannt werden können. Dies ist sowohl für die Übergabe zwischen den Kameras im Sensornetzwerk als auch für das Personentracking und die automatisierte Personensuche im Videomaterial essentiell.

Bei den heute eingesetzten mobilen Kamerasystemen für die Videographie werden keine Positions- und Lagedaten der Kameras erhoben. Dadurch ist der räumliche Zusammenhang zwischen Inhalten aus Videos von unterschiedlichen Kameras nicht bekannt. Dies wiederum erschwert die Übergabe und die automatisierte Wiedererkennung von Objekten in verteilten Kameras erheblich. In Muskat sollen Verfahren erforscht werden, welche in der Lage sind, in unbekannter Umgebung Personen zu lokalisieren. D.h. Personen können in einer gemeinsamen Lagekarte referenziert und damit in verteilten Kamerasystemen erfasst und dargestellt werden. Dies ermöglicht eine „relative Kamera-zu-Kamera-Lageschätzung“, also eine Positions- und Lage-schätzung unter erschwerten Bedingungen, gerade bei nicht-statischen Objekten (z.B. Menschenmengen) in der Umgebung.

Aufgrund der massiv unterschiedlichen Perspektiven zwischen den Kameras - z.B. zwischen den handgetragenen Kameras der BeDo-Trupps und den Übersichtskameras (die in der Regel vertikal ausgerichtet sind) ist kein direkter Bildabgleich für die Übergabe möglich. Es müssen digitale Signaturen erstellt werden, in denen Informationen von anderen Sensoren einfließen. Hierfür müssen auch geometrische Informationen berücksichtigt und Fusionsansätze weiterentwickelt werden [KS06], [XS2002], [VR06], [Sim2006], [BSW07], damit eine Übergabe von Personen zwischen Kameras mit massiv unterschiedlichen Perspektiven möglich wird. Eine weitere Herausforderung sind die handgetragenen Stabkameras in den Menschenmengen (u.a. wegen den hohen Beschleunigungen, die bei der Kameraführung auftreten können), die andere Algorithmen für die Signaturerstellung verlangen. Dazu gibt es auch noch keinen geeigneten Lösungsansatz. Bisherige Ansätze, die dem aktuellen Stand der Forschung entsprechen (z.B. CamInSens [CiS]), müssen hierfür weiter erforscht werden.

17

In MisPel [MisPel] kommen Gesichtssignaturen zur Wiedererkennung von Personen zum Einsatz. Dieser Ansatz wird durch einen erscheinungsbasierten Abgleich von Personen noch unterstützt. Die alleinige Erscheinung einer Person reicht aber nicht für eine zuverlässige und eindeutige Wiedererkennung aus, wie es im Szenario von Muskat erforderlich ist. Im Rahmen von CamInSens konnte gezeigt werden, dass eine Wiedererkennung von Personen allein anhand ihrer Erscheinung möglich ist, auch in niedrig aufgelösten Bildern. Bei der Wiedererkennung von Personen in Menschenmengen sinkt die Zuverlässigkeit aber drastisch. Hier gibt es noch Forschungsbedarf. Es soll auf den Ergebnissen von CamInSens aufgebaut werden und die Ansätze für Menschenmenge mit hoher Personendichte und Dynamik weitererforscht werden.

Die Wissensrepräsentation mittels semantischer Technologien (Semantic Web) dient zur Modellierung und Abbildung von Wissen in Informationssystemen. Durch die Nutzung von Ontologien kann eine bessere Vernetzung von und ein besserer Zugang zu Informationen erreicht werden [Mo2012]. Die Techniken können in Muskat für die Zusammenführung der Informationen zur Modellierung und Abbildung der aktuellen Situation verwendet werden. Zur Modellierung von Raum- und Zeit und der zeitlichen Abfolge von Ereignissen gibt es erste Versuche der Standardisierung.

Besonders anspruchsvoll ist die Nutzung einer Ontologie im Zusammenhang mit Nachrichtenkanälen. Im Forschungsprojekt OpenIoT entsteht aktuell ein Software-Framework um kontinuierliche RDF-Datenströme mit SPARQL Anfragen analysieren zu können. Diese Software soll als Open-Source zum Projektende verfügbar gemacht werden.

Literatur

1. [BBF+10] M. Bäuml, K. Bernardin, M. Fischer, H. K. Ekenel, R. Stiefelhagen: Multi-pose Face Recognition for Person Retrieval in Camera Networks. International Conference on Advanced Video and Signal-based Surveillance (AVSS), 2010.
2. [BET+07] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, L. van Gool, Speeded-up Robust Features (SURF), Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Vol. 110, No. 3, pp. 346--359, 2007.
3. [BSW07] J. Beyerer, J. Sander, S. Werling: Lokale Bayes'sche Methodik zur lokalen Fusion heterogener Informationsquellen. tm – Technisches Messen 74 (3), S. 103-111, Oldenbourg Verlag, München, 2007.
4. [CiS] BMBF-Projekt CamInSens: <http://www.sra2.uni-hannover.de/caminsens/>
5. [KS06] Khan, S. M. Shah: A Multiview Approach to Tracking People in Crowded Scenes using a Planar Homography Constraint, ECCV 2006, Part IV, 133-146 (2006).
6. [MisPel] BMBF-Projekt MisPel: http://www.bmbf.de/pubRD/Projektumriss_MisPel.pdf
7. [Mo2012] J. Moßgraber, M. Rospocher: Ontology Management in a Service-oriented Architecture, Int. Workshop on Web Semantics and Information Processing (WebS), 2012.
8. [Jün11] K. Jüngling: Ein generisches System zur automatischen Detektion, Verfolgung und Wiedererkennung von Personen in Videodaten. Dissertation, Karlsruhe Institut für Technologie KIT, 2011.
9. [RLSA11] M. Rodriguez, I. Laptev, J. Sivic, JY. Audibert: Density-aware person detection and tracking in crowds. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2011.
10. [Sim2006] D. Simon: Optimal State Estimation: Kalman, H-infinity, and Nonlinear Approaches, John Wiley & Sons, 2006.
11. [VR2006] Velastin, S., Remagnino, P.: Intelligent Distributed Video Surveillance Systems (Professional Applications of Computing). Institution of Engineering and Technology (2006).
12. [XS2002] N. Xiong; P. Svensson: Multi-sensor management for information fusion: issues and approaches". Information Fusion. 2002.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Eine Zusammenarbeit mit Dritten erfolgt im Teilprojektvorhaben durch die Einbindung assoziierter Partner (Deutsche Bahn und polizeiliche Endanwender) und in Form von Unteraufträgen. Konkret sind dies:

13. Eine Praxistauglichkeitsprüfung und -bewertung durch die im Projekt beteiligten Polizeien.
14. Die Beurteilung des Konzepts aus Sicht der Deutschen Bahn, insbesondere die Auswirkungen eines Einsatzes des Muskat-Systems an deutschen Bahnhöfen.
15. Ein Unterauftrag an IZEW (Uni Tübingen) zur Ethischen Begleitforschung (AP 6) .

II. Eingehende Darstellung

1. Gegenüberstellung der Ziele und Ergebnisse

Ziel	Beschreibung
1	Lokalisierung von Sensoreinheiten (Einsatzkräften) Um eine schnelle und präzise Auswertung der bild- oder merkmalsbasierten Information bei beschränkter Akku- und Rechenleistung mobiler Einheiten zu ermöglichen, müssen alle verfügbaren Zusatzinformationen energieeffizient erhoben, ausgewertet, fusioniert und weitergegeben werden. Dafür wird ein hochintegratives Sensormodul (AP 2.1) implementiert sowie robuste Lokalisierungsalgorithmen (AP2.2) erforscht, die aus den heterogenen Informationen der Sensoren die Lage und Orientierung der mobilen bildgebenden Sensoren schnell und präzise bestimmen können.
2	Bildgestützte Beweissicherung Das zweite Hauptziel ist es, die Beweissicherung durch Videoauswerteverfahren zu erhöhen (AP 3, Teil-AP 2.3). Für die Beweissicherung ist eine lückenlose Videografierung von Straftätern in Menschenmengen mit hoher Dynamik und verummten Personen erforderlich, die mit der aktuellen einsetzbaren Sicherheitstechnik nur schwer bis gar nicht möglich ist. Dieses Ziel ist in vier Teilziele untergliedert: 1. Erforschung von kontextbezogenen Bildsignaturen zur Optimierung von Verfahren für das Personentracking, die Übergabe von Personen und die Suche von Personen in Menschenmengen.

	2. Erforschung von Trackingtechnologien für die automatisierte Beweissicherung in Menschenmengen. Hierbei soll insbesondere die Zuverlässigkeit und Adaptionfähigkeit an Erscheinungsänderungen von Stand-der-Technik-Verfahren verbessert werden. 3. Erforschung von bildbasierten Verfahren zur automatisierten Personenübergabe (Straftäter) zwischen bildgebenden Sensoren mittels kontextbezogenen Bildsignaturen und geometrischen Informationen positions- und orientierungsgebender Sensorik. 4. Erforschung einer semantischen Personensuche für die automatisierte Beweissicherung in Videodaten. Die bildbasierten Stand-der-Technik-Verfahren sollen insbesondere für Daten von Menschenmengen erweitert werden. Zusätzlich sollen sie mittels semantischer Auswertung von weiteren heterogenen Sensordaten optimiert werden.
3	Nutzung einer Ontologie zur Lagevisualisierung Ein weiteres Hauptziel ist der Einsatz einer Ontologie bei der Übertragung und Zusammenführung von Daten über einen Nachrichtenbus und diese unter Echtzeitanforderungen zu visualisieren. Damit soll die Interoperabilität und der Austausch von Lageinformationen zwischen Einsatzkräften bei unterschiedlichen Zuständigkeiten optimiert werden. Dieses Ziel ist in drei Teilziele untergliedert welche ineinander greifen: • Eine passende Ontologie ist zu modellieren (Teil-AP4.2), • der Nachrichtenkanal muss entsprechend gestaltet werden (Teil-AP4.4) und • die Lageinformationen aus der Ontologie ist zu visualisieren (Teil-AP4.3). Alle Teilziele sind Gegenstand aktueller Forschung aus den Bereichen Semantik, Internet-of-Things (IoT) und Machine-2-Machine (M2M). In Muskat werden insbesondere bereits vorliegende Forschungen auf die Praxistauglichkeit in der Domäne Sicherheit untersucht. Weitere hilfreiche Referenzen für die Umsetzung sind in den zugehörigen Punkten der Arbeitspakete angegeben.

20

Ergebnis	Erfüllt Ziel(e)
MoVED – Mobile Video Evidence Device Unter dem Namen MoVED wurde die Sensoreinheit aus AP-2.1 implementiert. Dies geschah in zwei Stufen. Zur Messkampagne I (AP-8.1) wurde die Einheit als reines Aufzeichnungssystem für die Sensoren eingesetzt, die für die Lokalisierung verwendet werden.	1

Bei dieser ersten Stufe erfolgte die Auswertung und Fusion mit den Videodaten in einem nachträglichen Bearbeitungsschritt.

In der zweiten Ausbaustufe wurde die Einheit um ein Touchdisplay und damit um Interaktionsmöglichkeiten ergänzt. Auch die Videodaten wurden in der zweiten Ausbaustufe direkt in der Sensoreinheit verarbeitet, hierdurch war es möglich die Fusion der Kameradaten mit Lokalisierungssensorik direkt auf der Embedded Hardware durchzuführen. Auch für gesetzeskonforme kurz- und langfristige Speicherung, Visualisierung sowie Übertragung von Videodaten wurden Lösungen erarbeitet und getestet. Durch die Nutzung offener Schnittstellen für die Anbindung des GNSS Systems war es möglich sowohl Information von COTS Modulen als auch im AP-2.2 von IMST erarbeiteter Multi-Sensorbasierten Lokalisierung zu benutzen. Die robusten Lokisierungsalgorithmen, die aus den heterogenen Informationen der Sensoren die Lage und Orientierung der mobilen bildgebenden Sensoren schnell und präzise bestimmen können, wurden erforscht. Für die Messkampagne II (AP-8.2) wurde die Oberfläche entsprechend der Vorgaben des Anwenders angepasst. Die MoVED Plattform wurde so um die Möglichkeit zur Online Meldungserstellung während des Einsatzes und einer geografischen Lage-Visualisierung mit Echtzeitinformationen der Zentrale erweitert. Diese Lösungen konnten dann in der Messkampagne II evaluiert werden. Sichere Datenübertragung bei der Verwendung von Standard-Verschlüsselungsverfahren wurde ebenso erforscht.

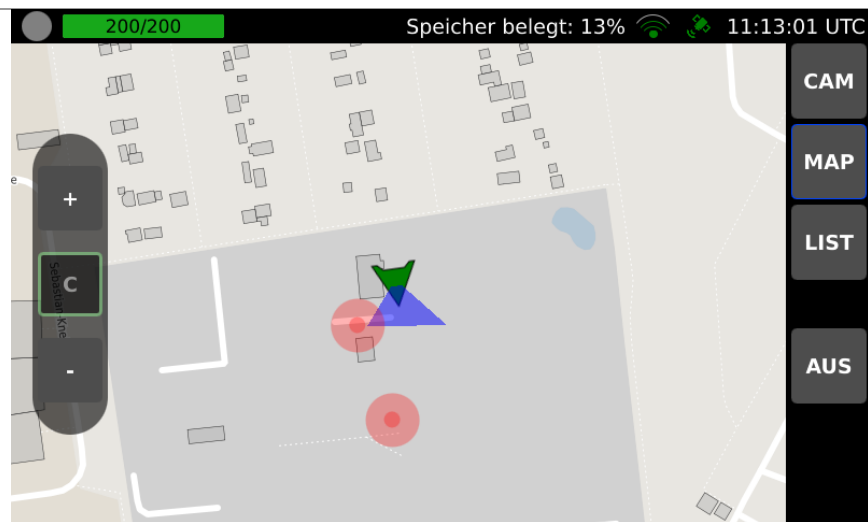


Abbildung 1. geografische Lagedarstellung auf mobiler Einheit



Abbildung 2. Kamera Ansicht der mobilen Einheit

Bildgestützte Beweissicherung

Im Rahmen von Messkampagnen und Offline-Demonstrationen konnte gezeigt werden, dass mittels der erforschten bildbasierten Verfahren eine Verbesserung in der Beweissicherung möglich ist. Außerdem konnte demonstriert werden, dass die Prozesse in der Beweissicherung positiv unterstützt werden können.

Personentracking in Menschenmengen

Das realisierte Verfahren zum Tracken von Personen in Menschenmengen stützt sich aufgrund der sehr guten Verfolgungs- und Rechenleistung auf den leistungssarken KCF-Tracker (Kernel-based Correlation Filter, [Henriques et al. 2015]). Für ein zuverlässiges Tracking in Menschenmengen wurde der KCF-

2

Tracker durch zusätzliche Heuristiken zur robusteren Prädiktion der Objektbewegung, der Detektion von Verdeckungen und der Wiedererkennung verbessert.

Verdeckungen werden detektiert, wenn ausreichend Merkmale aus einem Bereich außerhalb des Objekts in den Objektbereich eindringen. Hierfür werden einzelne Merkmale über einen längeren Zeitraum hinweg verfolgt. Die digitale Signatur des Objektmodells wird dynamisch an die aktuelle Erscheinung des Objekts angepasst. Zur Laufzeit wird ein Codebook (d.h. Modellrepräsentanten) angelegt und mit Hilfe des Meaningful Nearest Neighbor-Algorithmus (MNN; [Schuster et al. 2010]) aktualisiert. Anhand dieses Codebooks wird ein Matching zur Wiedererkennung nach Trackverlust durchgeführt. Dabei wird gezielt nur an denjenigen Orten nach dem Objekt gesucht, die aufgrund der relativen Lage und Bewegung des Kontextes, d.h. der umliegenden Objekte, am wahrscheinlichsten erscheint [Grabner et al. 2010]. Das Tracking-Konzept ist schematisch in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. dargestellt.

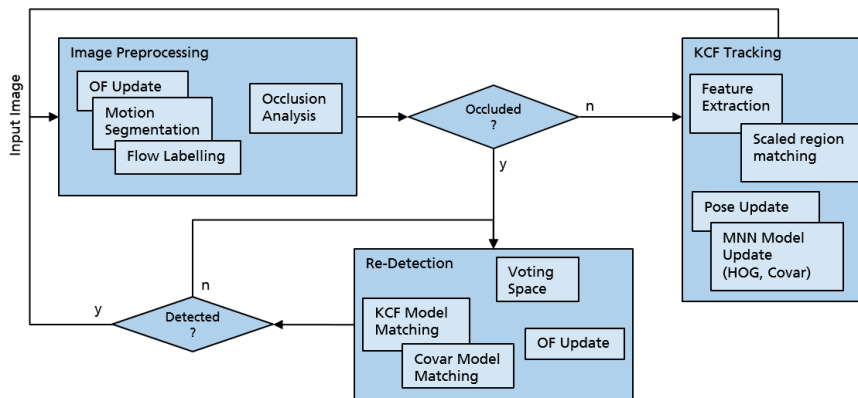


Abbildung 3. Tracking-Konzept

Abbildung 3: Tracking-Schema. Die Vorverarbeitung umfasst eine Bewegungs- und Verdeckungsanalyse. Das eigentliche Tracking basiert auf dem KCF-Tracker, erweitert um ein sich zur Laufzeit adaptierendes Modell-Codebook. Im Falle einer Verdeckung wird anhand dieser Modelle versucht, das verlorene Objekt wieder zu finden.

Personenübergabe und -suche

Für die Übergabe von Personen zwischen verschiedenen Clustern bzw. Kameras wurde zudem eine erscheinungsbasierte Personenwiedererkennung erarbeitet, die gewinnbringend bei Personen eingesetzt werden kann, wenn diese (verschieden) bunt gekleidet sind oder farbig texturierte Muster tragen. Das Verfahren basiert auf einem Fusionsansatz, der gelernte Merkmale aus einem neuronalen Netz mit hand-designte Merkmale kombiniert.

Wenn nur das Gesicht oder der Kopf sichtbar ist oder die Personen ähnlich wie andere gekleidet sind, sollten biometrische Merkmale verwendet werden oder der Suchraum im Bild mit Hilfe von Metadaten stark eingeschränkt werden. Für die Einschränkung des Suchraums mittels Metadaten wurde ein geometrischer Ansatz erarbeitet und untersucht, der anhand den Kamerapositionen und -orientierungen den Suchraum definiert. Dazu wurde außerdem ein Analyse-Tool implementiert, das den Einfluss einzelner Störgrößen visuell modelliert und eine Aussage über die erforderlichen Sensorgenauigkeiten zulässt (**Abbildung 4**). Zudem wurden für die effiziente Kalibrierung der Übersichtskameras semi-automatische Kalibrierverfahren implementiert, um eine genaue Georeferenzierung durchführen zu können.

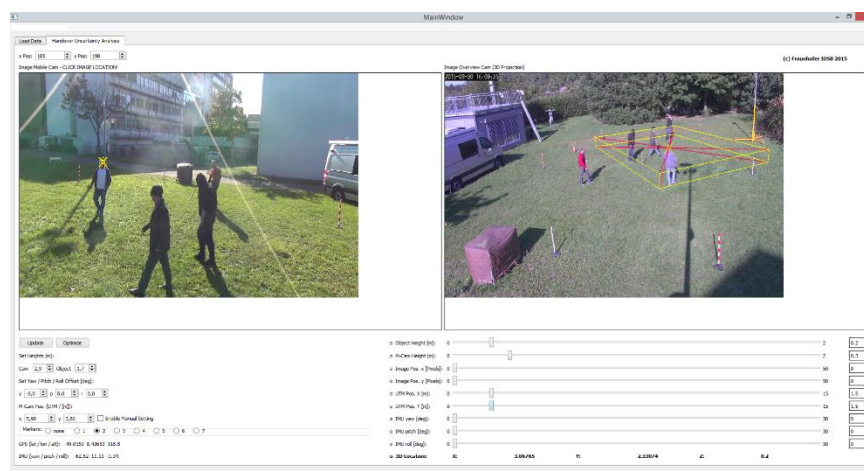


Abbildung 4. Analyse-Tool

Literatur Grabner et al. 2010 H. Grabner, J. Matas, L. Van Gool, and P. Cattin, Tracking the Invisible: Learning Where the Object Might be, In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010. Henriques et al. 2015 J. F. Henriques, R. Caseiro, P. Martins, J. Batista, High-Speed Tracking with Kernelized Correlation Filters, TPAMI 2015. Schuster et al. 2010 R. Schuster, R. Mörzinger, W. Haas, H. Grabner, and L. Van Gool, Real-time Detection of Unusual Regions in Image Streams, In Proceedings ACM International Conference on Multimedia - Video Program, 2010.	
Muskat Ontologie Die Muskat Ontologie wurde in 2 Phasen implementiert und deckt die verschiedenen für Muskat relevanten Domänen ab. Die Ontologie konnte mit allen geplanten Einsatzzwecken (Buskommunikation und Lagevisualisierung) erfolgreich getestet werden. Entwicklung Zentrale und Kommunikationsstrukturen Die Präsentation des Demonstrators zum Meilenstein und die Reaktionen darauf wurden als Basis für die Überarbeitung der einzelnen Komponenten der Zentrale verwendet und stehend als finaler Demonstrator zur Verfügung. Für die Videodarstellung konnte eine im Rahmen eines anderen Projekts erstellte Visualisierungskomponente integriert werden. Diese wurde um spezifische Anforderungen des Projekts Muskat ergänzt (Selektion einer Person im Videobild per Mausklick, Markierung einer Position innerhalb des Video-/Standbilds). Um diese Komponente einfacher einbinden zu können wurde die Kommunikationsarchitektur erweitert um einen Messaging-Bus über welchen die Zentrale, die Videodarstellung sowie die Übersichtskameras samt zugehörigen Trackermodulen kommunizieren können.	3

Die Lagedarstellung bietet diverse Informationen, wie z.B. die Visualisierung der Kameras und ihrer Kamerasichtbereiche sowie eine farbliche Hervorhebung der jeweils in der Videokomponente selektierten Kamera (vgl. **Abbildung 5**).



Abbildung 5. Lagedarstellung mit drei ÜCAMs.

Die vom Cluster Chef selektierte Kamera ist grün dargestellt. Die visuelle Einordnung der Position wird unterstützt durch die Verwendung einer Karte. Neben diesem Kartenmaterial können, sofern vorhanden, auch georeferenzierte Luftbilder als alternativer Hintergrund für die Lagedarstellung verwendet werden.

Die Kartenkomponente der Lagedarstellung wird ergänzt durch eine Meldungsliste mit zugehöriger Meldungsdetailansicht. In dieser Detailansicht können Meldungen kommentiert werden. Angehängte Bilder lassen sich auf die relevanten Bereiche zuschneiden und eines der Bilder kann als Standardbild für die entsprechende Meldung ausgewählt werden. Zustandsänderungen einer Meldung, wie sie bei der Übergabe der Meldung an einen anderen Cluster, bei einer Personalienfeststellung oder Festnahme auftreten können, werden ebenso in der Detailansicht ins System eingepflegt.

Ein Konzept zur Beweisablage wurde in Zusammenarbeit mit den Partnern provet und BPOLD BP erstellt. Dieses Konzept wurde entsprechend der Anforderungen an ein Produktivsystem erstellt. Das Konzept wurde soweit es für einen Demonstrator relevant ist umgesetzt.	
--	--

Die technologischen Teilkomponenten wurden in einem Demonstrator integriert und während des Projekts kontinuierlich optimiert. Hierfür wurden eigens Messkampagnen begleitend durchgeführt. Der Demonstrator dient vor allem der Evaluierung der Praxistauglichkeit durch die Endanwender. Die enge Kooperation mit den polizeilichen Endanwendern und deren regelmäßiges Feedback halfen, den Demonstrator zu optimieren, so dass das Gesamtsystem zu einer nachhaltigen Unterstützung der Polizeien bei der Strafverfolgung beitragen kann.	
--	--

Die Verwertungsmöglichkeiten sind im Erfolgskontrollbericht dargestellt.

2. Position des zahlenmäßigen Nachweises

Als die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises sind die folgenden Positionen zu nennen:

- AP2.1 „Entwurf und Implementierung der Sensoreinheiten“: 4 PM
- AP2.2 „Multi-Sensorbasierte Lokalisierung“: 6 PM
- AP2.3 „Kalibrierungsalgorithmen im dynamischen Umfeld“: 4 PM
- AP3.2 „Berechnung digitaler Signaturen“: 6,0 PM
- AP3.8 „Machbarkeitsstudie zur bildinhaltsgestützten Personenübergabe“: 4 PM
- AP3.6 „Implementierung von Verfahren zur Personenübergabe“: 4 PM
- AP4 „Informationssystem“: 13 PM
- AP8 „Übungen zur Datenakquisition“: 6 PM
- AP9.1 „Demonstrator Aufbau“: 4 PM
- AP9.3 „Demonstrator Ausbau“: 4 PM
- AP9.6 „Evaluierung“: 4 PM

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Bezüglich der Notwendigkeit der geleisteten Arbeit sei an dieser Stelle zunächst auf die in der Teilvorhabenbeschreibung des Fraunhofer IOSB aufgeführte „Notwendigkeit der Zuwendung“ hingewiesen.

Bei sogenannten „Risikospiele“ in den deutschen Fußball-Ligen ist in den vergangenen Jahren eine deutlich steigende Tendenz zur Begehung von Gewaltstraftaten beobachtet worden. Ziel der Arbeiten war die Erhöhung der allgemeinen Sicherheit bei Fußballspielen von den Bahnhöfen bis zum Stadion durch eine effiziente Aufklärung, Beweissicherung und strafrechtliche Ahndung von gewalttätigen Straftaten in Menschenmengen. Der Stand der Technik in der Videoauswertung erlaubt nur eine unzureichende gerichtsverwertbare automatisierte Beweissicherung in Menschenmengen, so dass viele verhaftete Straftäter gerichtlich nicht belangt werden können. Bei der Erforschung von Videoauswertekomponenten für solche Szenarien besteht ein hohes wissenschaftliches Risiko, weil eine hohe Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Verfahren erreicht werden muss, insbesondere bei der Personenübergabe zwischen den Kameras, dem Personentracking und der Personensuche in Menschenmengen für die gerichtsverwertbare automatisierte Beweissicherung. Für die Echtzeitfusion und bedarfsgerechte Visualisierung heterogener Daten variabler Qualität aus eigener Sensorik, Eingaben der Benutzer mobiler Einheiten und der Zentrale existieren zurzeit keine allgemeine Verfahren. Deswegen bestand bei der Lösung dieser Probleme ein hohes wissenschaftliches Risiko, insbesondere weil keine vergleichbare Systeme existieren und oft widersprüchliche Bedürfnisse der Einsatzkräfte und -leitung zuerst erforscht und generalisiert werden mussten.

28

Muskat konnte mit Hilfe des entstandenden Demonstrators einen deutlichen Mehrwert bei der Aufklärung und Beweissicherung aufzeigen, insbesondere hinsichtlich effizienter Kommunikation zwischen den Polizeien. Sowohl Entscheidungsträger als auch Endanwender konnten von der Sinnhaftigkeit einer solchen Lösung überzeugt werden.

Die Forschungsarbeiten wurden stets unter Berücksichtigung und Angemessenheit von Kosten und Nutzen durchgeführt.

4. Vorraussichtlicher Nutzen

Die im Rahmen dieses Teilvorhabens erzielten Ergebnisse können primär als Verfahrensmodule verwertet werden. Die wichtigsten Verfahren und Komponenten sind die

- MoVED Sensoreinheiten,
- Verfahren für Echtzeitfusion und -visualisierung heterogener Daten,
- die Ontologie-basierte Lagedarstellung und
- die bildbasierten Verfahren für die automatisierte Beweissicherung.

Insbesondere die Sensoreinheiten und Ansätze zur Personensuche haben im Rahmen von Demonstrationen sehr positives Feedback erhalten. Die Ansätze der Personensuche konnten direkt im Anschluss an das Projekt bereits in eine forensische Software exemplarisch integriert werden. Alle Komponenten stehen in Form von Referenzimplementierungen zur Verfügung. Für den produktiven Einsatz ist eine Entwicklung der Komponenten zur Produktreife erforderlich, die beispielsweise durch externe IT-Dienstleister durchgeführt werden kann.

5. Fortschritt bei anderen Stellen

Während des Vorhabens ist dem ZE kein nennenswerter Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bekannt geworden. Diese Aussage beruht auf Erkenntnissen, die auf Besuchen einschlägiger Fachkonferenzen, Kommunikation mit Bedarfsträgern sowie auf Grundlage von Literaturrecherchen gewonnen wurde.

6. Veröffentlichungen

Wissenschaftliche Veröffentlichungen

1. F. Pagel, et.al. "A Legally Compliant Multi-Sensor System for Security Enhancement and Real-Time Situation Awareness in Complex Scenarios", Future Security, Berlin, 13.-15. September 2016
2. F. Pagel, J. Moßgraber, C. Decker, J. Germann "A Multi-Sensor Technology for Improving Security at Complex Scenarios with Increased Risk of Violence", Future Security 2015, September 15-17, 2015, Berlin