Abschlussbericht zu Nr. 3.2

Zuwendungsempfänger:	Förderkennzeichen:
Leibniz Universität Hannover	13N10718

Vorhabensbezeichnung:
Verbundprojekt: Automatische Situationseinschätzung für ereignisgesteuerte Videoüberwachung (ASEV)
Teilvorhaben: Generierung, Verarbeitung und Sicherung von Wissen aus der Szene (ASEV-GVS)

Laufzeit des Vorhabens:

05.2010-10.2013

Inhaltsverzeichnis

I Kurze Darstellung zu 5
I.1 Aufgabenstellung 5
I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde 6
I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens 6
I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde 10
I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen 16
II Eingehende Darstellung 17
II.1 der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele . . 17
II.2 der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises . . . 44
II.3 der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit . 45
II.4 der voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplan 47
II.5 des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen 49
II.6 der erfolgten oder geplanen Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6 50
III Mit dem Schlussbericht ist außerdem eine "Kurzfassung" (Berichtsblatt) des wesentlichen fachlichen Inhalts des Schlussberichts nach den dem Zuwendungsbescheid beigefügten "Hinweisen zur Ausfüllung des Berichtsblattes" vorzulegen 52

Abbildungsverzeichnis

1 Das gesamte System. 6
2 Die Schnittstellen. 18
3 Die Public-Key-Infrastruktur. 20
4 Die Systemkonfiguration am Flughafen Braunschweig. 22
5 Ein Beispiel des Verfahrens “Motion-Split-And-Merge”. 24
6 Der Verfahren “Motion-Split-And-Merge” im Rahmen des Flughafenvorfelds. 25
7 Das Kalibrierungskript. 28
8 Der Ablauf der High-Level-Threads. 32
9 Natürlichsprachige Darstellung einer Warnmeldung 39
10 Bildverarbeitungssystem CamIQ mit Auswertungsmodul 40
11 Ausgaben von L3S und RRZN. 45

Tabellenverzeichnis

1 Im LUBM Benchmark verwendeten Objekte und Eigenschaften 37

I Kurze Darstellung zu

I.1 Aufgabenstellung

Das Projekt ASEV umfasst den Entwurf, den Prototypenbau und die Prüfung eines mit automatischer Situationseinschätzung ausgestatteten Videoüberwachungssystems. Die Einführung von automatischen Methoden ist dadurch motiviert worden, dass trotz der beständigen Erhöhung des öffentlichen Interesses an der Benutzung von Videoüberwachungssystemen die Beobachtung selbst noch überwiegend manuell durchgeführt wird und dies zu großer Ineffizienz führt. Tatsächlich birgt die manuelle Überwachung aufgrund der eintönigen Art der damit verbundenen Aufgaben eine hohe Fehlerrate. Von Bedeutung ist auch die rechtliche Problematik der intensiven Beobachtung über einen längeren Zeitraum.

Das Projekt setzt sich mit den folgenden beiden Problemen gleichzeitig durch die Integration einer automatischen Situationseinschätzung in ein herkömmliches Videoüberwachungssystem auseinander: Zum einen ist die Aufmerksamkeit des Operateurs durch Systemmeldungen erhöht worden, wodurch eine bedeutend verbesserte Beobachtung und eine geringere Fehlerrate erzielt werden konnte. Zum anderen sind Sicherheitsprobleme unter technischen und gesetzlichen Gesichtspunkten analysiert worden, da das System gegen Manipulationen geschützt werden musste. Da Informationsströme jetzt zu einem bestimmten Empfänger gezielt weitergeleitet werden können, wird eine absichtliche Manipulation unterbunden. Außerdem sind die Identität eines Operateurs und seine/ihre Aktivität im Rahmen eines Prüfungsverfahrens feststellbar, was einen unerkannten Missbrauch des Systems verhindert.

Die im Projekt entwickelte Situationseinschätzung ist das Resultat der Kombination von drei Bestandteilen: eine neue High-Level-Bildverarbeitungseinheit, eine neue spezialisierte Hardwarekomponente, und eine anwendungsspezifische Inferenzmaschine. Die neuen Bildverarbeitungsalgorithmen sind verantwortlich für die stabile Verfolgung der Objekte über lange Zeiträume so wie deren Klassifikation in generelle Kategorien. Die neuen Hardwarekomponente waren notwendig, um zu gewährleisten, dass die oben genannte Bildverarbeitungseinheit in Echtzeit funktionieren könnte. Die Inferenzmaschine, die erstmalig in einer solchen Anwendung verwendet worden ist, verwendet die von der Bildverarbeitungseinheit erzeugten Daten, um die aktuelle Situation mit einer Menge von Referenzregeln zu vergleichen, und benachrichtigt dann den Überwachungsoperateur auf einem Vollduplexkanal.

Im Hinblick auf Datensicherheit werden Informationen über Datennutzung und die gesamte Aktivität des Operateurs gespeichert. Um dies zuverlässig und gesetzeskonform zu erreichen, werden alle Datenwege kryptographisch gesichert. Die Daten werden außerdem verschlüsselt gespeichert, sodass auf sie nur von vorbestimmten Systemen und Personen zugegriffen werden kann.

Das Anwendungsszenario “Flughafenvorfeld” ist spezifisch in diesem Projekt berücksichtigt worden, der Anwendungsumfang des entwickelten Systems ist jedoch breiter. Die Systemarchitektur ermöglicht eine einfache Anpassung für Innen- und Außensituationen, hauptsächlich durch eine Anpassung der Systemparameter. Um erst die Machbarkeit und dann die Leistung der entwickelten Algorithmen zu prüfen,

ist ein prototypischer Demonstrator gebaut und vollständig für zwei Monate am Braunschweiger Flughafen getestet worden.

Vier Partner der Leibniz Universität Hannover sind im Rahmen des Projekts ASEV aktiv gewesen:

LfI-MMS: Entwicklung der Bildverarbeitungseinheit

LfI-AS: Entwicklung der Low-Level-Hardware-Komponenten

L3S: Entwicklung der Inferenzmaschine

RRZN: Schutzeinrichtung der Datenpfade und Informationsaufzeichnung

Abbildung 1 zeigt ein Blockschaltbild der vier vorgenannten und weiterer Partner des Projekts mit ihren jeweils zugeordneten Aufgaben.

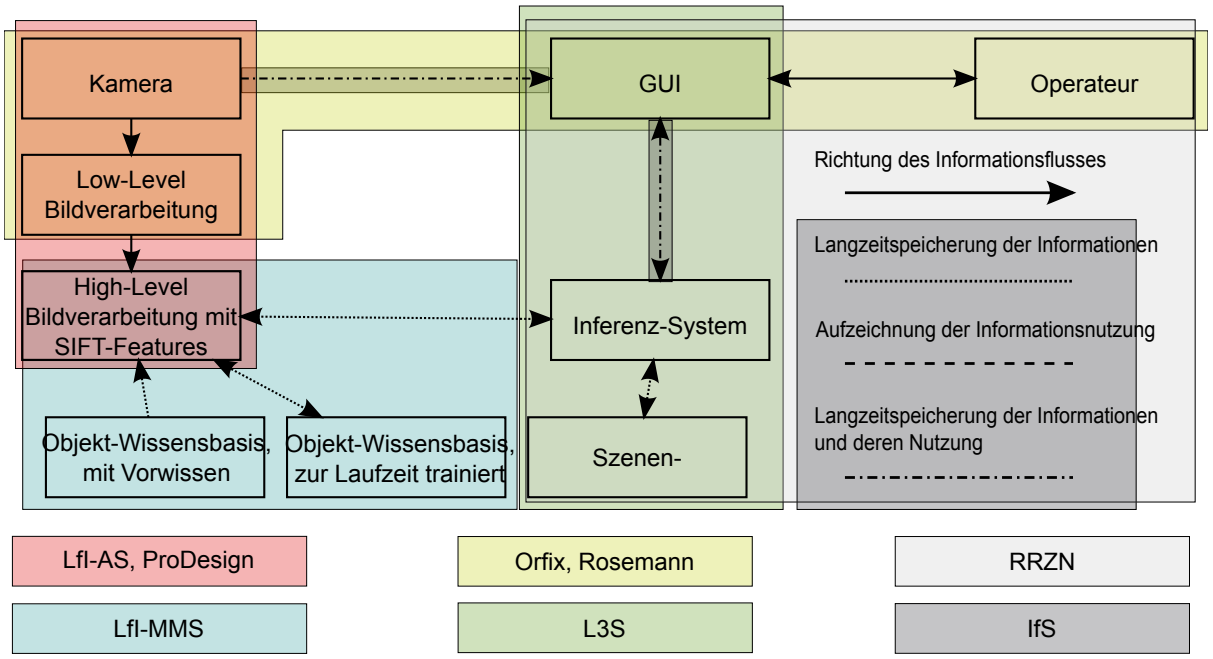


Abbildung 1: Das gesamte System.

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Es gab keine Voraussentzung.

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die vier Partner haben an drei der vier Arbeitsgruppen (AG) des Projekts teilgenommen. Jeder Partner ist aktiv in mehreren Arbeitspakete (AP) gewesen. Jede AG ist von einem in Klammern gezeigten Projektpartner geleitet worden. Arbeitsgruppen und Arbeitspakete der vier Projektpartner werden unten kurz

vorgestellt, die in dem Arbeitspaket beteiligten Partner werden in Klammern angegeben.

AG System (Orfix)

Integration und Verknüpfung der Komponenten in einem herkömmlichen Videoüberwachungssystem.

S1: Schnittstellenanalyse und -definition (alle Partner)

Definition und Implementierung der Schnittstellen der verschieden Hardware-und Softwaremodule.

S3: Entwurf und Implementierung gesicherter Kommunikationsbeziehungen im Gesamtsystem (RRZN)

Gesamtentwurf und Implementierung der nötigen Sicherheitsmechanismen.

S4: Aufbau einer Public-Key-Infrastruktur (RRZN)

Etablierung einer Public-Key-Infrastruktur. Außerdem enthält dieses Arbeitspaket die Definition von Policies für die Ausstellung von und den Umgang mit digitalen Zertifikaten.

S8: Testlauf des Demonstrators (alle Partner)

Zusammenfassung der Inferenzeinheit (L3S), des SIFT-Trackers (LfI-AS, LfI-MMS) und der gesicherten Kommunikationssysteme (RRZN) in einem prototypischen Demonstrator. Auswertung der Leistung für Schwachstellen und Verbesserungen am Flughafen Braunschweig.

AG SIFT-Tracking (LfI-MMS)

Implementierung der neuartigen High-Level-Bildverarbeitungskomponente in Software und Hardware.

T1: SIFT-Tracking-System in Software (LfI-MMS)

Aufbau eines ersten Tracking-Systems mit der Low-Level-Bildverarbeitungskomponente aus Orfix und dem von LfI-MMS implementierten SIFT-Tracker.

T2: Analyse und Optimierung der Robustheit des SIFT-Trackings (LfI-MMS)

Optimierung der Robustheit des Systems bezüglich ungünstiger Objektkonstellationen.

T3: Generierung von Profiling-Informationen, Optimierungsvorschläge für die Algorithmen, Partitionierungsvorschlag, Schnittstellendefinition (LfI-AS, LfI-MMS)

Profiling der vom LfI-MMS gelieferten Software-Referenzmodelle, um SIFT-Features-Extraktion in Hardware zu implementieren.

T4: Implementierung des SW-Anteils und des FPGA-basierten-Anteils, Berücksichtigung von Profiling-Informationen und Charakterisierung der Prozessor-und FPGA-basierten Anteile (LfI-AS)

Implementierung der einzelnen Anteile der Algorithmen.

T5: 3D-Szenenwissen vollautomatisch generieren (LfI-MMS)

Kamerakalibrierung mit SIFT-Features.

T6: 3D-SIFT-Tracking implementieren (LfI-MMS)
Anreicherung der SIFT-basierte Beschreibung der Objekte durch den 3D-Wissen der Kameras.

T7: PTZ-Unterstützte Szenenauswertung (LfI-MMS)
Integration der Pan-Tilt-Zoom-Kameras in dem System, um ausreichende hochwertige SIFT-Features durch herangezoomte Aussichten zu erhalten.

T8: Inbetriebnahme einer ersten Version des SIFT-Demonstrators (LfI-AS, LfI-MMS)
Emulation des entwickelten Prozessors und des FPGA-basierten Beschleunigers in dem SIFT-Tracking-System. Erste Demonstration des SIFT-Trackers.

T9: Integration des SIFT-Demonstrators in ein heterogenes DSP-FPGA-Board (LfI-AS)
Algorithmische Optimierungen auf Basis der in T8 erwähnten Tests. Entwicklung einer kompakten integrierten DSP-FPGA-Plattform, um echtzeitfähige SIFT-Verarbeitung zu ermöglichen. Implementierung neuer Schnittstellen, um die Hardware-Komponenten vom Emulationssystem auf die integrierte DSP-FPGA-Plattform zu portieren.

T10: Nutzung von Verdeckungswissen (LfI-MMS)
Kombination der extrahierten 3D-Szenenbeschreibung mit Tracking-Wissen über Verdeckungen.

T11: Konzeptstudie zur möglichen Integration des Gesamtsystems in einem heterogenen System-on-Chip (LfI-AS)
Studie zur Integration des Prozessorkerns und des FPGA-basierten Beschleunigers in Form eines heterogenen System-on-Chip (SoC).

AG Inferenz (L3S)
Forschung an intelligenten lernfähigen Methoden und Technologien, die es ermöglichen, Situationen auf der Grundlage von Wissen über eine aktuell vorliegende Situation und auf Basis weiteren Hintergrundwissens einzuordnen.

I1: Definition eines Anwendungsmodells (L3S, LfI-MMS)
Repräsentation von Wissen über Situationen und relevante Hintergründe mit dem Ontologie- und regelbasierte Anwendungsmodell.

I2: Objektlassifikation durch BoF (LfI-MMS, L3S)
Generalisierung unterschiedlich aussehender Objekte mit verschiedenen Merkmalen in Form von manuell erstellten Regeln.

I3: Entwurf und Entwicklung eines regelbasierten Inferenzsystems (L3S)
Verknüpfen des Wissens über aktuelle Situationen mit Hintergrundwissen mit Hilfe des Inferenzsystems.

I4: Erklärungen in natürlicher Sprache (L3S)
Entwurf und Entwicklung von Mechanismen für die automatische Generierung von Erklärungen in natürlicher Sprache.

I5: Semi-automatische Verbesserung der Situationseinschätzung (L3S)
Entwurf und Entwicklung von Mechanismen für die semi-automatische Verfeinerung und Generierung von Regeln, um die automatische Situationseinschätzung zu verbessern.

AG Datenschutz (IfS)
Untersuchung des möglichen Missbrauches sowie der Vermeidung von Missbrauchsszenarien. Schutz der Datenwege und abgesicherte Aufzeichnung der Informationsnutzung.

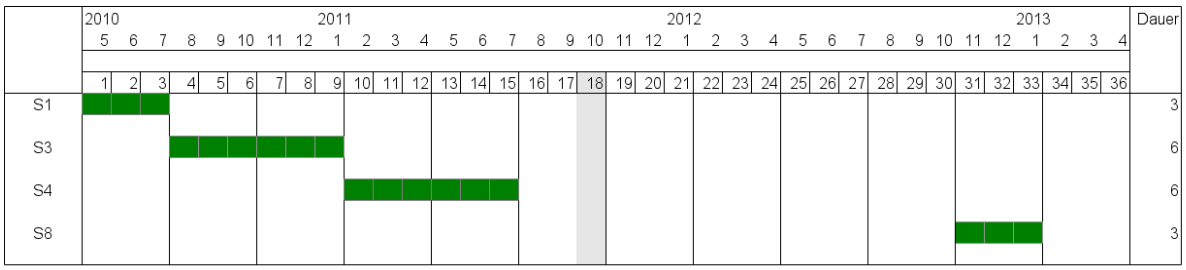
D6: Analyse Gesamtarchitektur nach Datenschutzgesichtspunkten (RRZN)
Identifikation potentiell schützenswerter Daten und Auswertung der erforderlichen Maßnahmen für einen adäquaten Schutz.

D7: Entwurf und Implementierung eines zentralen Logging-Dienstes (RRZN)
Bereitstellung einer zentralen Instanz, die Systemmeldungen an die Operateure des Überwachungssystems, manuelle und automatisch veranlasste Veränderungen an der Wissensbasis des Inferenzsystems speichert.

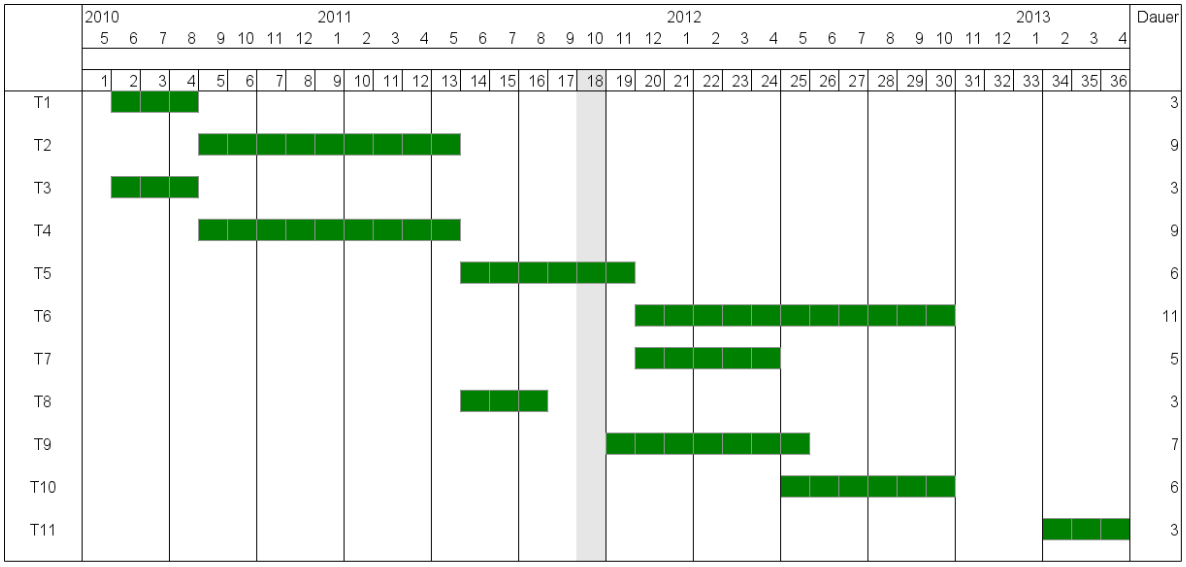
D8: Implementierung dezentraler Logging-Funktionalität (RRZN)
Schutz der Komponenten des Gesamtsystems, insbesondere der Arbeitsplätze der Operateure sowie des Inferenzsystems und der Wissensbasis, durch Meldung von Systemzugriffen an den zentralen Logging-Dienst.

Die Zeitplanung für jede Arbeitsgruppe und jedes Arbeitspaket wird in den folgenden Balkendiagrammen dargestellt. Ein Meilenstein wurde nach 18 Monaten geplant und er ist grau hinterlegt in dem Diagramm angezeigt. Das Ziel des Meilensteins war, potentielle Schwachstellen des ersten Demonstrators zu erforschen und Verbesserungen zu entwerfen.

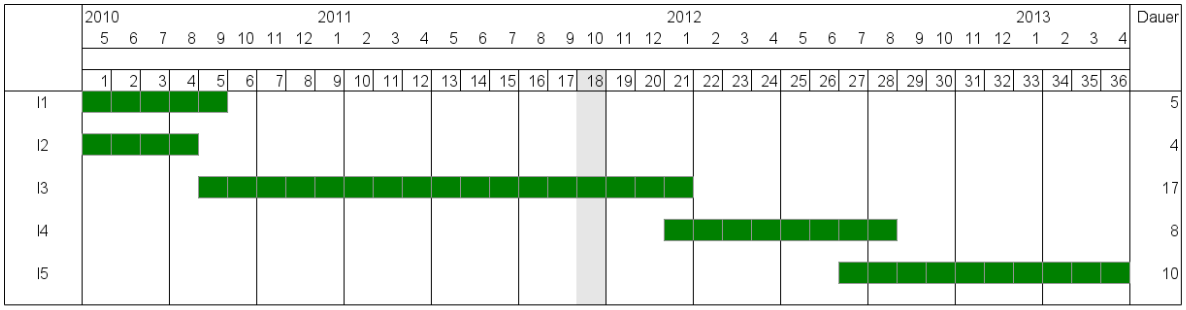
AG System



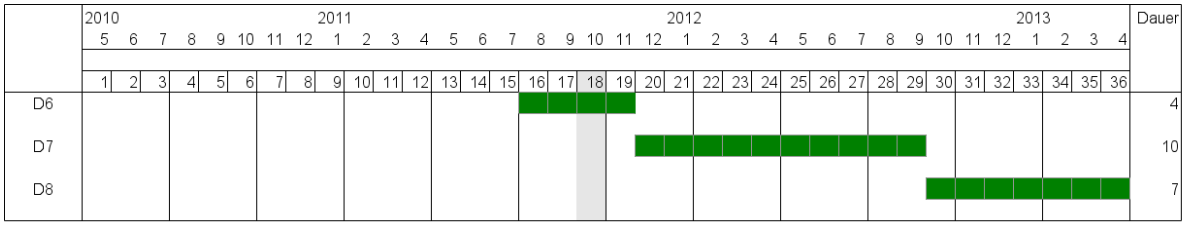
AG Tracking



AG Inferenz



AG Datenschütz



I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde

LfI-MMS Da Objekte in Mustererkennungssystemen in der Regel durch bestimmte Merkmale dargestellt werden, sind die folgende Eigenschaften maßgeblich:

- Merkmale sollten ein Objekt möglichst genau beschreiben, um es von anderen Objekten zu unterscheiden.
- Merkmale sollten möglichst wenig von äußeren Einflussfaktoren abhängen.

Beispielsweise sollten sichtbare Merkmale unabhängig von der Beleuchtung und der vorliegenden perspektivischen Abbildung sein.

- Objektklassen wie Fahrzeuge oder Personen sollten innerhalb einer Klasse gemeinsame Merkmale besitzen, allerdings sollten zwischen verschiedenen Klassen wenige gemeinsame Merkmale existieren.

Um die Szene zu analysieren, ist eine genaue Objektbeschreibung besonders wichtig. In der Vergangenheit sind viele verschiedene Merkmale entwickelt worden, die auf der Position, dem Aussehen [1], der Kontur [2] oder der Farbe [3] des Objekts basieren, aber diese haben sich als instabil herausgestellt, falls Störungen in den Prozess eingeführt werden.

In ASEV basieren das 3D-Wissen der Szene und die Identität der Objekte auf einer neuen Art von Merkmalen, den sogenannten SIFT-Features [4]. Die Erzeugung von SIFT-Features 2004 hat eine weitreichende Auswirkung in allen Bereichen der Objekterkennung. SIFT ist eine Technik, die erst Merkmalspunkte in dem Bild detektiert und dann das Bildsignal in der Umgebung eines Merkmalspunkts unter verschiedenen Invarianzen beschreibt: Helligkeits- und Kontrastinvarianz sowie Invarianz gegenüber Skalierung, Rotation und Translation. Die Neuartigkeit liegt in der Skalierungsinvarianz und in der Idee, einen Merkmalspunkt nicht nur durch dessen Position zu beschreiben, sondern zusätzlich durch einen Deskriptor, der durch die Histrogrammeneinteilung der Gradientorientierungen in der Umgebung eines Merkmalspunkts gebildet wird. Der Vergleich zweier Mengen von Merkmalspunkten wird dadurch sehr viel einfacher und zuverlässiger, und ermöglicht eine schnelle und effiziente Objektanpassung.

Während SIFT-Features gezeigt haben, dass sie effizient zu Objektverfolgung und Objekterkennung verwendbar sind, ist deren Benutzung zur Objektklassifikation leider unzuverlässig. Um eine hohe Leistung in im Bereich der Objektklassifikation zu erreichen, ist die sogenannte “Deformable Part-based Model”-Technik benutzt worden [5]. Diese Technik kann durch die Kombination der folgenden Hilfsmittel charakterisiert werden:

- Starke Low-Level-Features, die auf Histogram-of-Oriented-Gradients (gerichtete Gradienten) basieren.

- Effiziente Anpassungsalgorithmen für DPM (“pictorial structures”)

- Unterschiedliches Lernen mit latenten Variablen (“latent SVM”)

Gradientenbasierte Features werden wie in dem SIFT-Algorithmus so verwendet, dass sie das Bildsignal gröber, mit anderem Worten genereller beschreiben. Gerade hierdurch wird die Klassifikation von Objekten in der Szene ermöglicht.

Beide Verfahren sind in eine umfangreiche Bibliothek integriert worden, die während des Projekts am LfI-MMS entwickelt worden ist. Diese `libkeypoint` genannte Bibliothek bietet Methoden zu:

- Der Extraktion, Bearbeitung und Vergleich von SIFT- und andere Features, die auf dem Gradient basieren;

- Der Bewegungsegmentierung;
- Der 3D-Objekterekonstruktion durch SIFT-Features;
- Der 3D-Poseneinschätzung durch SIFT-Features;
- Der Kamerakalibrierung.

Außerdem enthält sie

- Input- und Output-Schnittstellen zu Datenströmen von Netzwerkkameras, Bild- und Videodateien;
- Bildverarbeitungsfilter zum Ausblenden des statischen Hintergrundes;
- Debugging-Funktionen und gezielte Speichermethoden von programminternen Parametern.

Bezüglich der Schutzrechte stehen SIFT-Features unter einem US-Patent der University of British Columbia [6]. Mittlerweile steht eine gleichwertige, lizensierbare Version zur Verfügung [7]. Die Verwendung des DPM-Verfahrens ist frei und die übrige Software besteht aus der eigenen Softwarebibliothek. Sie enthält Verfahren aus der Open-Source-Bibliothek OpenCV.

Bezüglich der benutzten Software ist die Lizensierung von MATLAB notwendig gewesen, da das DPM-Verfahren für dieses Umfeld implementiert wurde. Darüber hinaus ist keine kommerzielle Software benutzt worden, um die Projektanforderungen durchzuführen

Zu Fachliteratur und Informationsdiensten, die benutzt worden sind, um das Projekt zu bearbeiten, sind die Hauptquellen in der folgenden Liste aufgeführt:

- Fachzeitschrift Pattern Recognition Letters
- Fachzeitschrift IEEE Transactions on Image Processing
- Fachzeitschrift Pattern Recognition
- ICCV Konferenzband
- CVPR Konferenzband
- ECCV Konferenzband

Die Trainingsdaten zur Entwicklung des Projekts sind mit Zustimmung des Flughafen Braunschweig aufgenommen worden.

LfI-AS Die technische Umsetzung der merkmalsbasierten Objekterkennung im Bereich der digitalen Bild- und Videoverarbeitung erfordert eine extrem leistungsfähige und zugleich flexible Hardware-Architektur. Selbst Prozessoren, deren Systemfrequenz im Gigahertz-Bereich liegt, erreichen hier ihre Grenzen und können aufgrund ihrer hohen Leistungsaufnahme z.B. nicht in "intelligenten Kameras", die Basis-Funktionalitäten einer Bildanalyse enthalten, verbaut werden. Oft eingesetzten festverdrahteten Spezialschaltungen hingegen fehlen die erforderliche Flexibilität, um der stetigen Weiterentwicklung der verwendeten modernen Algorithmen kostengünstig sowie risikoarm (ohne Re-Design) zu folgen und so auf neue Anforderungen reagieren zu können. Beispiele aus internationalen Forschungsprojekten wie z.B. Applikationen zur Video-basierten Erkennung bewegter Kraftfahrzeuge [8] oder zur Berechnung von Bewegungstrajektorien [9] zeigen die geschilderte Problematik auf. Viele Ansätze bilden die verwendeten Verfahren auf Standard-Prozessoren ab, sind aber nur in der Lage, sehr kleine Bildausschnitte in Echtzeit zu verarbeiten. Zur echtzeitfähigen Prozessierung ganzer Bilder ist daher unabdingbar, die Abbildung rechenintensiver Teilverfahren auf applikationsspezifische Hardware-Architekturen anzustreben.

Einen geeigneten Lösungsansatz stellen hier dem komplexen Anforderungsprofil entsprechende Architekturen aus programmierbaren Prozessoren in Verbindung mit Hardwarebeschleunigern dar. Nur durch den Einsatz solcher Architekturen ist es beispielsweise möglich, die Flexibilität einer programmierbaren Prozessorarchitektur mit der hohen Rechenleistung einer rekonfigurierbaren Architektur zu kombinieren. So werden u.a. im Bereich der professionellen Signalverarbeitung in Fernsehstudios bereits seit einigen Jahren rekonfigurierbare FPGA-basierte Akzeleratoren in Kombination mit programmierbaren Prozessoren für elementare aber rechenintensive Videoverarbeitungstechniken eingesetzt.

Es ist ein Trend erkennbar, rekonfigurierbare Strukturen an programmierbare Prozessoren anhand unterschiedlicher Mechanismen anzukoppeln. Diese Kopplungsmechanismen besitzen unterschiedliche Vor- und Nachteile hinsichtlich Aspekten, wie erzielbarer Datenbandbreite im Datenaustausch mit dem Host-Prozessor, Granularität der auf die rekonfigurierbare Einheit auszulagernden Operation etc. Daher ist in jedem Anwendungsbereich eine wesentliche Aufgabenstellung, die zu realisierenden Algorithmen zu partitionieren und die auf die rekonfigurierbare Einheit ausgelagerten Operationen unter Verwendung des jeweils optimalen Kopplungsgrades an die Prozessorarchitektur anzubinden.

Die Attraktivität, die solche Prozessor-Architekturen für viele Bereiche der digitalen Signalverarbeitung besitzen, spiegelt sich in einer Vielzahl von Arbeiten sowohl aus dem akademischen Bereich [10, 11] wie auch ersten Projekten und Prototypen aus dem kommerziellen Umfeld [12, 13] wider. Auch die Ausrichtung aktueller Schwerpunktprogramme der deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG-Schwerpunktprogramm SPP 1148 "Rekonfigurierbare Rechensysteme") unterstreicht diese zunehmende Bedeutung rekonfigurierbarer heterogener Plattformen. Das höchst anspruchsvolle Gebiet der Überwachungstechnik unter Verwendung extrem rechenintensiver SIFT-Merkmalsextraktion [4] und deren Klassifikation (Bildung von Differenzmaßen zwischen SIFT-Vektoren) ist bislang noch in keinem den Antragstellern bekannten Projekt bearbeitet worden. Eine echtzeitfähige Implementierung solch hoch komplexer Algorithmen erscheint nur unter Verwendung sehr rechenleistungsfähiger

heterogener FPGA-Architekturen realisierbar.

Ökonomisch und technisch sinnvoll können diese Systeme zukünftig ggf. vollständig als integrierte Halbleiterschaltungen (System-on-Chip) aufgebaut werden und so für den breiten Einsatz im Surveillance-Markt nutzbar sein.

Die Benutzung des SIFT-Algorithmus sowie dessen Modifikation ist durch den Urheber David G. Lowe patenrechtlich geschützt (US Patent 6,711,293), darf aber für Forschungszwecke verwendet werden. Jeglicher kommerziellen Nutzung bedarf es der Zustimmung des Patentinhabers (University of British Columbia). Method and apparatus for identifying scale invariant features in an image and use of same for locating an object in an image. David G. Lowe, US Patent 6,711,293 (March 23, 2004). Provisional application filed March 8, 1999. Asignee: The University of British Columbia.

Der Prozessorkern der Firma Tensilica, mittlerweile zugehörig zu dem EDA-Softwareanbieter Cadence, unterliegt einer Lizensierungspflicht in einer kommerziellen Nutzung. Für die erste Hälfte des Projektes bestand eine Forschungslizenzvereinbarung zwischen ProDesign und Tensilica, die auf das ASEV-Projekt ausgeweitet wurde, sodass das LfI-AS ebenfalls berechtigt war, die Entwicklungsumgebung von Tensilica in vollem Umfang zu nutzen. Für die verbleibende Projektlaufzeit ist das LfI-AS direkt mit Tensilica in Kontakt getreten, um Lizenzvereinbarungen zu treffen.

Im Rahmen des Projektes sind verschiedene arithmetische Funktionen approximiert und architekturspezifische algorithmische Optimierungen vorgenommen worden. Der SIFT-Algorithmus wurde auf einem Softcore (Tensilica LX4) implementiert, zu dem entsprechende Dokumentation vorliegt. Folgende Quellen und Fachliteratur sind zur Bearbeitung des ASEV-Projekts herangezogen worden.

- Konferenzband: Conference on Computer Vision (Lowe, 1999)
- Konferenzband: Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (Lowe, 2001)
- Journalbeitrag: International Journal of Computer Vision (Lowe, 2004)
- Buch: Streamlining Digital Signal Processing (Richard G. Lyons, Wiley Verlag)
- Technical Report: Products and Convolutions of Gaussian Distributions (Bromiley, 2003)
- Technical Report: EmbeddedSystems Programming, Integer Square Roots (Crenshaw, 1998)

Diverse Dokumentationen für Tensilica Explorer 4.0.2 und den Tensilica Prozessor Xtensa LX4.

L3S Das Forschungsgebiet Stream Reasoning ist eine sehr junge Disziplin, die erst im Jahr 2008 formal von Della Valle et al. in [14] eingeführt wurde. In ersten Arbeiten wie [14] und [15] wurde das Problem der Inferenz auf Datenströmen zunächst formal definiert. Ferner wurden in [15] Forschungsaspekte identifiziert, die als besondere Herausforderungen im Bereich des Stream Reasoning genannt

werden können. Hierzu zählen (i) theoretische Grundlagen zu Stream Reasoning, (ii) logische Sprachen für Stream Reasoning, (iii) Stream Reasoning für das Semantic Web und (iv) Lösungen für spezielle Stream Reasoning Anwendungen. Lösungen dieser Forschungsherausforderungen gehen über die einfache Anwendung bestehender Lösungen für verwandte Forschungsgebiete hinaus. So erfordert Stream Reasoning die Erforschung neuer theoretischer Grundlagen im Gegensatz zu Data Stream Management Systems [16] und Ereignisgesteuerten Systemen [17] hinaus, da zum Beispiel Beweisbarkeit und Vollständigkeit vor dem Hintergrund von sich ständig verändernden Datenströmen neuer Konzeptionen benötigen.

Regelbasierte Wissensrepräsentation und Inferenz haben verschiedene Vorteile gegenüber herkömmlichen Ansätzen. Sie sind in hohem Maße generisch und können sich dynamisch an neue Begebenheiten anpassen. Ferner sind regelbasierte Ansätze deklarativ. Sie erfordern lediglich die Formulierung von Zielen, d.h. im Gegensatz zum imperativen Programmierparadigma, das die explizite Angabe des zielerfüllenden Algorithmus erfordert, obliegt die Implementierung des zielerfüllenden Algorithmus bei der deklarativen Programmierung einer interpretierenden Engine.

Der Einsatz von Ontologien erlaubt die Anpassung von Inferenzfunktionalitäten an verschiedene Situationen und Anwendungsszenarien. Für die Definition von Ontologien können Semantic Web Technologien wie OWL [18] eingesetzt werden. Die konkreten Daten, d.h. die Repräsentation der Videodatenströme, in denen Objekte bereits anhand ihrer Eigenschaften klassifiziert wurden, können mittels RDF modelliert werden.

RRZN Die Hauptziele bei der Absicherung von Kommunikationsverbindungen lassen sich mit den Eigenschaften Vertraulichkeit und Authentizität, d. h. Integrität und Verbindlichkeit beschreiben. Vertraulichkeit einer Kommunikationsverbindung ist
dann hergestellt, wenn die ausgetauschten Informationen nur den berechtigten Empfängern zugänglich sind. Technisch wird dieses Ziel in der Regel durch den Einsatz von Verschlüsselungsverfahren realisiert. Authentizität umfasst die Eigenschaften Integrität und Verbindlichkeit. Integrität einer Verbindung oder Nachricht steht dabei für die Unversehrtheit der ausgetauschten Informationen. Das bedeutet, dass die empfangenen Daten mit den gesendeten übereinstimmen. Unter Verbindlichkeit versteht man, dass die Handlungen einem Nutzer eindeutig zugeordnet werden können. Die Umsetzung dieser Teilziele erfolgt mit Hilfe von Hashfunktionen und Digitalen Signaturen [19]. Dabei kann die Veränderung von Nachrichten nicht verhindert werden, es ist jedoch gewährleistet, dass eine Veränderung detektiert werden kann und die Herkunft einer unveränderten Nachricht zweifelsfrei einer Identität zugeordnet werden kann. Der aktuelle State-of-the-Art für das Erreichen einer sicheren Kommunikation ist der Einsatz von gut untersuchten Public-Key-Infrastrukturen in Kombination mit sicheren Kommunikationsprotokollen wie IPSec (RFC 4301) oder SSL/TLS (RFC 5246). Diese stellen de facto Industriestandards dar und sind frei verfügbar. Zur Bestimmung der erforderlichen Schlüssellängen werden die jüngsten Empfehlungen [20] der ENISA herangezogen.

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

ProDesign

Aufgabe der Firma ProDesign im ASEV-Projekt war die Konzeption und Bereitstellung eines speziell an die Bedürfnisse des Signalverarbeitung im Rahmen des ASEV Projektes angepassten Entwicklungsboards auf FPGA-Basis (ASEV-Board 1 und 2). Sowohl für das ASEV-Board 1 wie auch für das ASEV-Board 2 hat ProDesign das OnChip-Framework sowie entsprechende Skripte zur Inbetriebnahme der Boards zur Verfügung gestellt.

Orfix

Aufgabe der Firma Orfix war die Integration und Zusammenfügung der erarbeiteten Komponenten in ein herkömmliches Videoauswertesystem. Weiterhin oblag der Firma Orfix die Gesamtorganisation des Verbundprojektes.

Rosemann

Rosemann software GmbH entwickelt Softwareprodukte für digitale Videoüberwachung zusammen mit passenden Kommunikationslösungen. Sie hat ihr Produkt CamIQ Satellite zur Verfügung gestellt. Es basiert auf eine Client-Server-Architektur, die Robustheit und Sicherheit gewährleistet. Es ist mit von L3S entwickelten Modulen erweitert worden.

Flughafen Braunschweig-Wolfsburg GmbH

Die Flughafen Braunschweig-Wolfsburg GmbH ist Betreiberin des Forschungsflughafens Braunschweig. Der Flughafen Braunschweig-Wolfsburg hat sich an vielen Forschungsprojekten beteiligt, hauptsächlich wissenschaftlichen Projekten beispielsweise mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und dem Institut für Flugführung der TU Braunschweig. Für das Projekt ASEV hat die Flughafen Braunschweig-Wolfsburg GmbH freien Zugang zu den Flughafeneinrichtungen für mehrere Monate eingeräumt, um das Demonstratorsystem aufzubauen, zu testen und zu modifizieren. Außerdem wurde eine feste Netzwerkverbindung von der Flugbetriebsleitung zum GAT (General Aviation Terminal), wo die Operateure arbeiten, hergestellt.

II Eingehende Darstellung

II.1 der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Im Folgenden wird eine detaillierte Liste mit erzielten Ergebnisses und Gegenüberstellung bezüglich der vorgegebenen Ziele für den ganzen Projektspakete gegeben.

S1 Schnittstellenanalyse und -definition (Dauer: 3 PM, alle Partner)

Erzielte Ergebnisse: Die für das System relevanten Schnittstellen gehen grundsätzlich aus dem Systemaufbau in Abbildung 2 hervor. Alle beteiligten Komponenten sind hier zunächst ohne qualitative Merkmale skizziert. Aus Sicht des RRZN und unter dem Gesichtspunkt der späteren Absicherung sind im konkreten Fall zwei Klassen von Schnittstellen zu unterscheiden. Erstens sind Schnittstellen vorhanden, die durch eine physisch feste Verkabelung gekennzeichnet sind. Das trifft auf Kamerakomponenten zu, sofern diese durch eine feste Schraubverbindung an eine weitere ASEV-Komponente angeschlossen sind. Als dazu äquivalent sind solche Kameras zu betrachten, die zwar über eine Netzwerkschnittstelle verfügen, jedoch durch eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit starker symmetrischer Verschlüsselung und ohne weitere aktive Netzkomponente an eine weitere ASEV-Komponente angeschlossen sind. Die verwendete ASEV-Kamerahardware ist dieser Klasse zuzuordnen. Zweitens sind Netzwerkverbindungen vorhanden, die ASEV-Komponenten durch geroutete TCP/IP-Strecken verbinden. Der Einheitlichkeit wegen werden alle im ASEV-Verbund erforderlichen Verbindungen, die nicht der ersten Klassifizierung zuzuordnen sind, als gleichermaßen unsicher und gefährdet betrachtet, da potenziell personenbezogene oder personenbeziehbare Informationen bzw. Abbildungen von Personen übertragen werden. Wegen der Vereinheitlichung werden alle Verbindungen dieser Klasse als maximal schützenswert beurteilt und der höchsten verfügbaren Schutzstufe zugeordnet. Die Klassifizierung der Schnittstellentypen ist konform zu den bestehenden Datenschutzbestimmungen und den entsprechenden Vorgaben des BSI.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Ziel des Arbeitspaketes S1 war die Analyse der im ASEV-Verbund vorhandenen Schnittstellen zwischen den beteiligten Komponenten sowie die Feststellung des Schutzbedarfs der einzelnen Verbindungen. Die Betrachtung sollte unter Berücksichtigung der datenschutzrechtlichen Bestimmungen, der Vorgaben des BSI, sowie der Common Criteria Standards erfolgen. Die entstandene Klassifizierung der Schnittstellen erfüllt diese Anforderungen auch im Hinblick auf später zuzuordnende technische Maßnahmen zur Umsetzung des identifizierten Schutzbedarfs. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

S3 Entwurf und Implementierung gesicherter Kommunikationsbeziehungen im Gesamtsystem (Dauer: 6 PM, RRZN)

Erzielte Ergebnisse: Die Kommunikation der IP-gestützten Komponenten des ASEV-Systems erfolgt stets mit starken kryptografischen Mitteln gesichert. Kon-

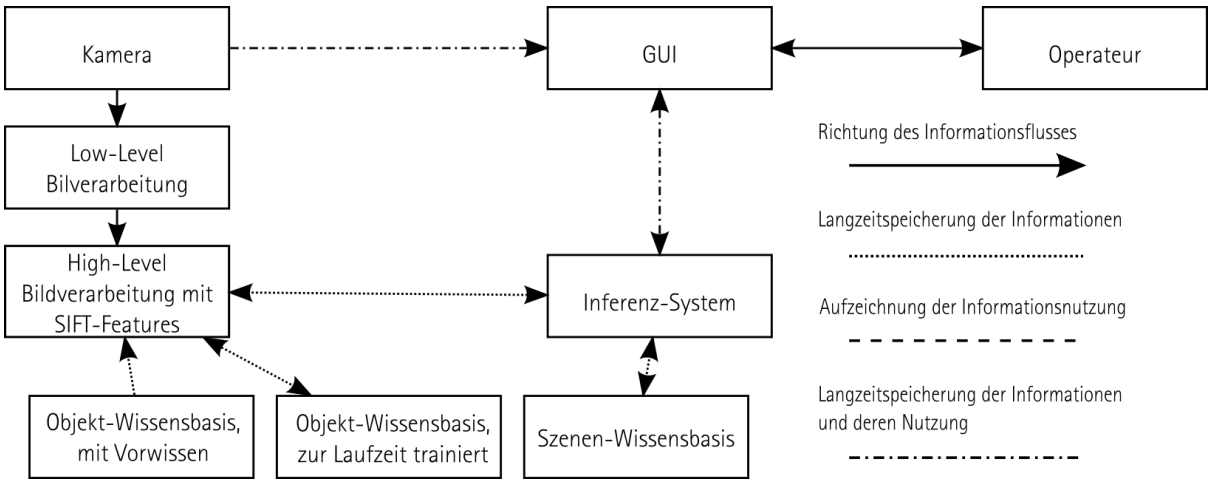


Abbildung 2: Die Schnittstellen.

kret werden bei ASEV sämtliche netzwerkgestützte Kommunikationsbeziehungen der in Arbeitspaket S1 definierten Verbindungsklasse 2 über VPN-Verbindungen mit dem Open-Source-Produkt OpenVPN gesichert. Die Erreichung der Vertraulichkeit erfolgt dabei durch den Einsatz von digitalen X.509-Zertifikaten, mittels derer die gesamte Kommunikation verschlüsselt wird. Auf technischer Ebene kommen hier RSA-basierte Zertifikate mit einer Schlüssellänge von 4096 Bits, zur Kanalverschlüsselung AES mit 256 Bits langen Schlüsseln zum Einsatz. Dies Schlüsselstärken werden durch die ENISA in ihren jüngsten Empfehlungen als geeignet für transaktionale Daten und Daten mit mittlerer Lebensdauer (bis 5 Jahre) empfohlen.

Der generelle Einsatz einer VPN-Lösung für die gerouteten IP-Verbindungen erfolgt aufgrund der Einheitlichkeit und eines minimal-invasiven Eingriffs in die Business-Logik der konzepttragenden Komponenten des ASEV-Systems. Auf diese Weise können Sicherheitsfunktionen vollständig entkoppelt in einer unteren Software-Schicht implementiert werden, auf die die Anwendungsschicht transparent aufsetzen kann. Dies ist auch von Vorteil, wenn einzelne Verschlüsselungsverfahren, Protokolle oder andere Sicherheitskomponenten ausgetauscht werden müssen. Die Verschlüsselung von Inhalten und die Authentifizierung von Kommunikationspartnern, sowie die Autorisierung von Zugriffen wird dabei über die im Arbeitspaket S4 umgesetzten Elemente der Public-Key-Infrastruktur abgewickelt.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Im Arbeitspaket S3 sollten als wesentliches Ergebnis ein Realisierungsplan für das Sicherheitskonzept erstellt werden. Der Schwerpunkt der Umsetzungsreihenfolge wurde auf Basis der Annahme formuliert, dass die Transportsicherheitsfunktionen direkt in den Business-Komponenten zu implementieren seien. Dies ist aufgrund der gewählten Umsetzungsstrategie jedoch nicht erforderlich, wodurch auch die Reihenfolge der Realisierung der einzelnen Komponenten flexibel gestaltet werden konnte. Der Schwerpunkt der Aufgabenzuordnung und Policy-Definitionen für beteiligte Systeme und Akteure wurde ebenfalls flexibel gelöst,

indem die Identitäten durch digitale Zertifikate abgebildet werden. Dadurch können die Entitäten für die Sicherheitsfunktionen eindeutig identifiziert werden, sodass die Schutzziele Authentizität und Verbindlichkeit ohne Eingriff in die Anwendungslogik direkt umgesetzt werden können. Der Betrieb und die Zuständigkeiten der entkoppelten Sicherheits- Infrastruktur wurde (bis auf Ausnahmen bei hierarchisch angeordneten Komponenten der Public-Key-Infrastruktur, siehe Aufgabenpaket S4) auf Einheiten des RRZN auf Basis der dort etablierten Verfahren und Prozesse übertragen. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

S4 Aufbau einer Public-Key-Infrastruktur (Dauer: 6 PM, RRZN)

Erzielte Ergebnisse: Zur eindeutigen Identifikation der beteiligten Entitäten im verteilten ASEV-Verbund ist die Verwendung kryptografischer, digitaler Zertifikate unerlässlich. Dabei erfolgte die Entscheidung, alle Komponenten einer Public-Key-Infrastruktur zu implementieren aufgrund von praktischen Erwägungen. Zum einen ist die Nutzung kommerzieller Anbieter digitaler Zertifikate mit z. T. erheblichen, wiederkehrenden Kosten verbunden. Außerdem haben etliche sicherheitsrelevante Zwischenfälle bei mehreren Herausgebern dieser Zertifikate gezeigt, dass prinzipiell kein Sicherheitsvorteil bei der Nutzung kommerzieller Anbieter besteht, zumal die baulichen und organisatorischen Sicherheitsmaßnahmen (z. B. gesicherte Serverräume, Zugangsberechtigungen und Zugangskontrollen) beim Rechenzentrumsbetrieb des RRZN gegeben sind. Zum anderen handelt es sich beim ASEV-Verbund um ein in sich geschlossenes System, bei dem keine externen Entitäten zugelassen sind und auch kein Anlass besteht, die ASEV-Komponenten gegenüber Dritten zu identifizieren.

In der tatsächlichen Umsetzung in Form einer X.509-basierenden PKI fällt die Funktion der zentralen Zertifizierungsstelle (Certification Authority, CA) der bereits etablierten, zentralen Zertifizierungsstelle des RRZN zu. Außerdem wird die Identifikation von Personen durch die angeschlossene, zentrale Registrierungsstelle des RRZN (Registration Authority, RA) abgewickelt. Durch diesen Umstand kann direkt auf die Expertise und die organisatorischen Gegebenheiten einer etablierten CA zurückgegriffen werden. Jedoch werden ASEV-spezifische Entitäten mit dem speziellen Wurzelschlüssel der ASEV-PKI unterschrieben. Weiterhin sieht das ASEV-Konzept vor, hierarchisch angeordnete Registrierungsstellen vorzusehen, wie in Abbildung 3 skizziert. Diese sind an den dezentralen Standorten des ASEV-Verbundes zu etablieren, was jedoch zunächst eine organisatorische Maßnahme darstellt. Die technischen Voraussetzungen wurden im Rahmen dieses Arbeitspaketes in Form von dedizierter Hard- und Software zur Verfügung gestellt.

Die technische Implementierung der zentralen ASEV-CA erfolgt auf Basis der Software EJBCA, die gemäß des Anforderungskatalogs auf dedizierter und zum Verschluss geeigneter Mobilhardware zur Ausführung kommt. Die hierarchisch gegliederten Sub-CAs sind als stationäre Hardware mit der Software EJBCA ausgeführt, die dezentral an baulich und organisatorisch gesicherter Stelle unterzubringen ist. Für den Fall, dass Zertifikate zurückgezogen werden müssen

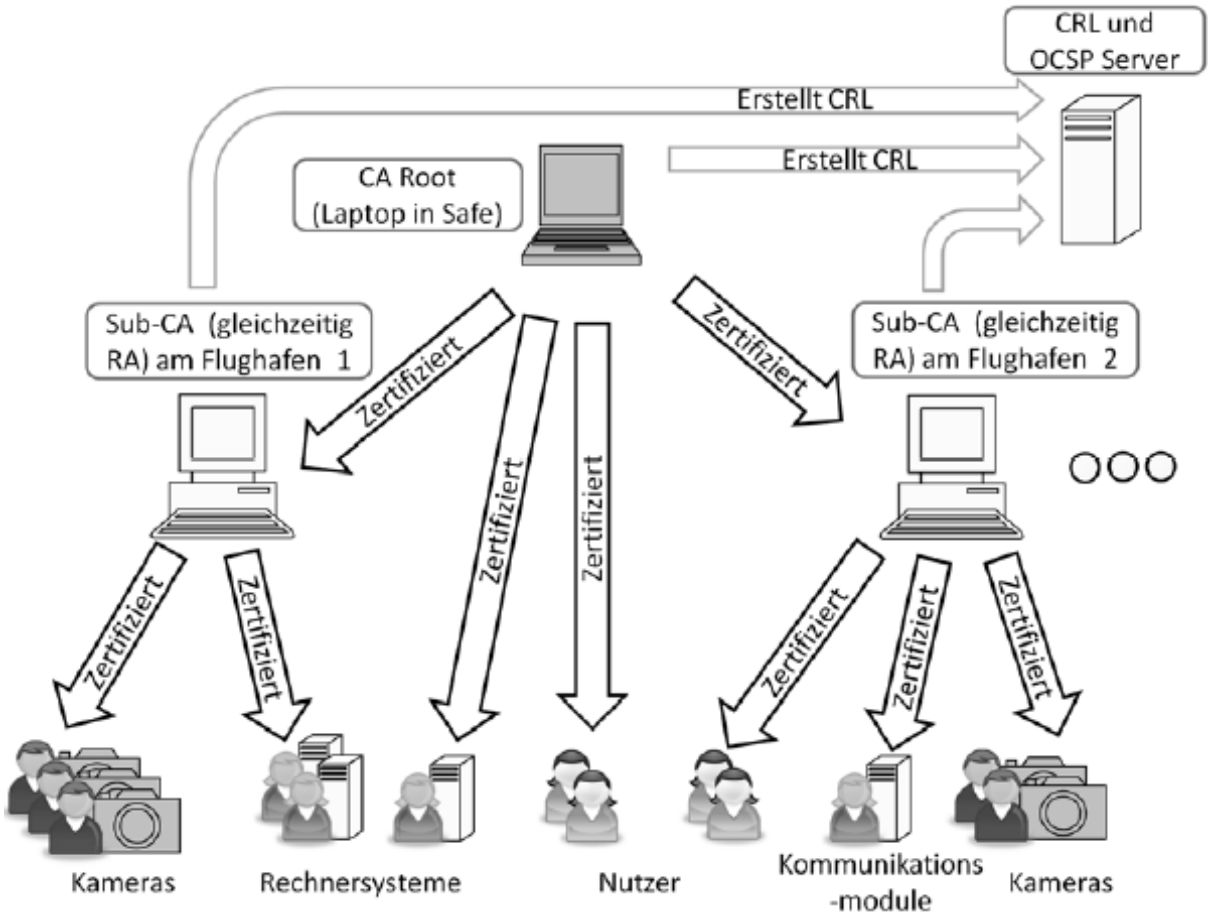


Abbildung 3: Die Public-Key-Infrastruktur.

(dies kann z. B. der Fall sein, wenn ein privater Schlüssel kompromittiert wird), wurde ein zweistufiger Mechanismus implementiert, der die beteiligten Komponenten in Kenntnis setzt. Zum einen wurde eine zentrale Stelle eingeführt, die online Auskunft über die Verwendbarkeit bestimmter Zertifikate gibt. Dies wurde auf Basis einer freien OCSP-Implementierung umgesetzt (Online Certificate Status Protocol). Um im Falle einer Netzwerkstörung dennoch zurückgezogene Zertifikate zurückweisen zu können, wurde zusätzlich der konventionelle Weg des Sperrlistenverteilers (Certificate Revokation List, CRL) implementiert. Zurückgerufene Zertifikate werden hier in eine statische Liste aufgenommen, die nach Bedarf durch die angeschlossenen Entitäten individuell abgefragt werden kann. Der entstehende Zeitversatz zwischen Aktualisierung der Sperrliste und dem Abfragen durch die ASEV-Komponenten wird in der Regel durch das Online-Verfahren aufgefangen. Dieses hybride Vorgehen ist dem State-of-the-Art voraus, da für gewöhnlich die Bereitstellung einer Sperrliste als ausreichend betrachtet wird.

Der Betrieb der PKI sowie die beteiligten Stellen und Akteure sind in der Zertifizierungsrichtline (Certification Policy, CP) definiert und verbindlich festgeschrieben. Das entsprechende CP-Dokument ist von der Zertifizierungsrichtline des DFN-Vereins abgeleitet und genügt dadurch den Anforderungen an Aufbau

und Inhalt, die im Referenzdokument RFC 3647 gefordert werden. Zusätzlich wurde eine Erklärung zum Zertifizierungsbetrieb der ASEV-PKI (Certification Practice Statement, CPS) formuliert, in der die Praxis bei der Herausgabe und Behandlung von digitalen Zertifikaten beschrieben wird. Diese ist in enger Zusammenarbeit mit der CA des RRZN entstanden und basiert ebenfalls auf einer Vorlage des DFN-Vereins.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Gegenstand des Arbeitspaketes S4 ist die Planung, Implementierung und Betriebsvorbereitung einer Public-Key-Infrastruktur für den ASEV-Verbund. Außerdem sollen die Infrastruktur-Maßnahmen von Richtlinien und organisatorischen Vorgaben begleitet werden. Die Infrastruktur wurde in Zusammenarbeit mit den betreffenden Fachabteilungen des RRZN umgesetzt und in einen betriebsbereiten Zustand überführt. Dabei wurden etablierte Prozesse und Betriebsabläufe weitestgehend übernommen, um den Betrieb der ASEV-PKI nahtlos in den laufenden Betrieb des RRZN einzuphasen. Die organisatorischen Vorgaben wurden in Form von Zertifizierungsrichtlinien und Betriebsablaufbeschreibungen definiert und sind im ASEV-Verbund publiziert worden. Eine Sensibilisierung der Beteiligten im Hinblick auf die Sicherheitsmaßnahmen wurde im Rahmen von Verbundtreffen und bei Ortsterminen bei den Partnern durchgeführt. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

S8 Testlauf des Demonstrators (Dauer: 3 PM, alle Parnter)

Erzielte Ergebnisse: Der einmonatige Test wurde an dem Flughafen Braunschweig in Kooperation mit dem Flughafenpersonal durchgeführt. Dem eigentlichen Test ging die Installation des Systems voraus. In einem Raum unter dem Kontrollturm sind die Prozesseinheit (PC-Rechner) und ein Router für Netzwerkverbindungen aufgestellt worden. Zwei Kameras wurden auf einer Balustrade draußen vor dem Kontrollturm montiert. Zu dem Kameraset gehören eine Übersichtskamera und eine PTZ-Kamera, die auch gleichzeitig in dieser Zusammenstellung die minimale Konfiguration darstellen, um das System im völligen funktionalen Umfang zu testen.

Ein zweiter Rechner stand in dem GAT-Raum, in dem das Sicherheitspersonal des Flughafens Braunschweig seine Arbeitsplätze hat, zur Verfügung. Dieser Rechner wurde über eine physikalische Ethernet-Verbindung mit dem Router und somit mit der Prozesseinheit verbunden. Dieser Laptop diente als Schnittstelle zwischen dem Operateur und dem System. Anhand einer modifizierten Version der von Rosemann bereitgestellten Software CamIQ konnten auf dem Laptop die visuellen Ergebnisse des Systems dem Sicherheitspersonal angezeigt werden. Bei den angezeigten Systemergebnissen handelte es sich um Informationsanzeigen und Warnungen bestimmter Ereignisse in den aufgenommenen Szenen des Flughafenvorfeldes. Durch fest bestimmte Interaktionen konnte das Sicherheitspersonal mit dem System kommunizieren. Diese Interaktionen sind eine statische Analyse zur Systemleistung benutzt worden.

In Abbildung 4 wird die aufgebaute Systemkonfiguration am Flughafen Braunschweig gezeigt.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Dieses Paket hat einen

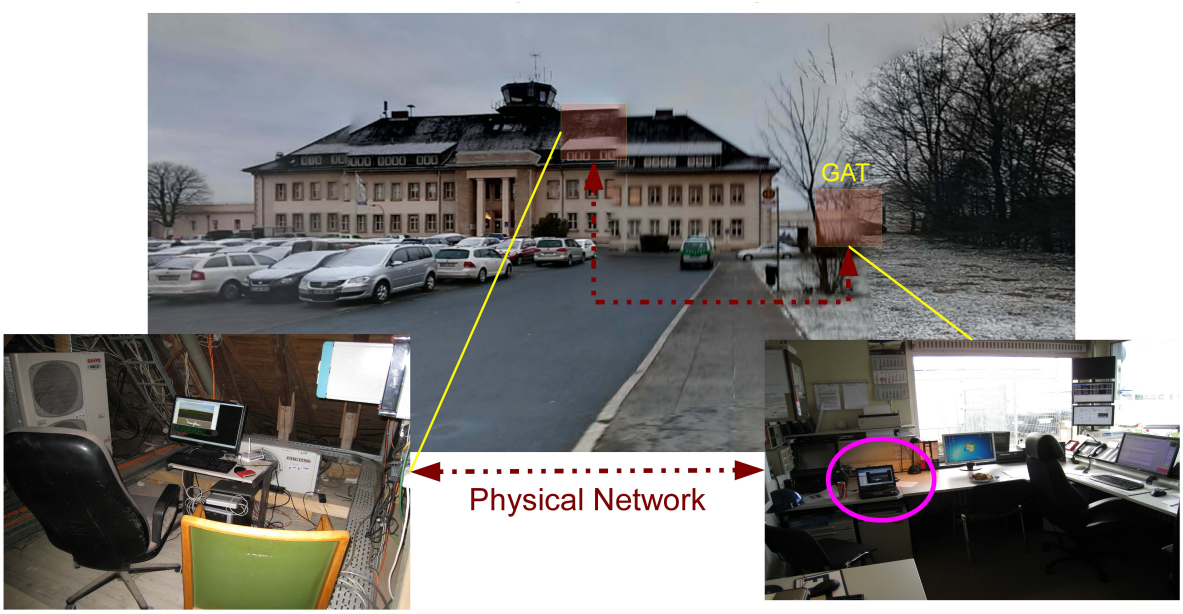


Abbildung 4: Die Systemkonfiguration am Flughafen Braunschweig.

einmonatigen Testlauf vorgesehen, um die Systemperformance mit Live-Sequenzen an dem Flughafen Braunschweig zu testen. Weiterhin sollten bestimmte Trainingssequenzen aufgezeichnet werden. Diverser Tracking-Details sind in einzelnen vorangehenden Arbeitspaketen anhand von Testsequenzen schon analysiert worden.

Dieses Paket konnte nur mit Verspätung starten, da die notwendige Kooperation des Flughafenpersonals für mehrere Wochen nicht garantiert werden konnte. Durch die Installation einer neuen EDV-Anlage und die Verlängerung der Startbahn am Flughafen Braunschweig ist das Arbeitspaket S8 an das Projektende verschoben und zusätzlich verkürzt worden. Das Ziel wurde vollständig erreicht, weil das System in dem Parkplatz der Universität intensiv getestet worden ist, um die kürzere Dauer des Flughafentests auszugleichen.

T1 SIFT-Tracking-System in Software (Dauer: 3 PM, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: Die Software-Bibliothek `libkeypoint` zur Merkmalsverarbeitung ist jetzt in der Version 0.10 verfügbar. Folgender Funktionsumfang steht mit dieser Version zur Verfügung:

- Extraktion, Verarbeitung und Vergleich von SIFT- und anderen gradientenbasierten Merkmalen
- Bewegungsegmentierung
- 3D-Objektrekonstruktion durch SIFT-Features
- 3D-Positionsschätzung durch SIFT-Features
- Kamerakalibrierung
- Bildverarbeitungsfilter zum Ausblenden des statischen Hintergrundes

- Input- und Output-Schnittstellen zu Datenströmen von Netzwerkkameras, Bild- und Videodateien
- Extrahieren von Objekten und Objektmerkmalen
- Debuggen und gezielten Abspeichern von programminternen Parametern

Die drei letzte Komponenten (IO, Debuggen, Testen) sind in der Schwestersoftwarebibliothek `framedistillery` zusammengefasst. Das entwickelte Tracking-System, das der Kern des ASEV-Projekts ist, gehört ebenfalls zur `libkeypoint`-Bibliothek.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Dieses Paket bedingte das Erzeugen einer Softwarebibliothek zur Verarbeitung von SIFT- und anderen gradientenbasierten Merkmalen. Den Projektzielen entsprechend sollte die Bibliothek, die in Grundzügen vor dem Projektanfang vorlag, durch entsprechende Module und Funktionen zur Beschreibung der Objektbewegung, zur Abspeicherung der Objektbeschreibungen und zur Multikamera-Aufnahme und -Auswertung erweitert werden. Die Bewegung eines Objekts wird durch die zur Bewegungssegmentierung und 3D-Rekonstruktion entwickelten Funktionen unter Berücksichtigung aller Relationen zwischen Objektposition und -aussehen in fortlaufenden Bildern analysiert und modelliert.

Unabhängig davon, ob es sich um eine zweidimensionale oder dreidimensionale Bildtransformation handelt, kann mit Hilfe der `libkeypoint`-Bibliothek die korrekte geometrische Transformation berechnen werden. Zu der Berechnung der geometrischen Transformation werden zwei Merkmalsmengen aus zwei verschiedenen Bildern zur Berechnung verwendet.

Falls eine unbekannte Merkmalsmenge eine Identität erhalten muss, ist die Objektdatenbank für den Objektvergleich notwendig. Diese Datenbank enthält die Beschreibung der bekannten Objekte in Form von Merkmalen. Am Flughafen Braunschweig sind Multikamera-Aufnahme und -Auswertung getestet worden, wobei ein Prototypensystem mit zwei Kameras zur Evaluation genutzt wurde. Das Tracking-System verkörpert alle diese Funktionalitäten und wird in vollem Umfang in Arbeitspaket T8 beschrieben. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

T2 Analyse und Optimierung der Robustheit des SIFT-Trackings (Dauer: 9 PM, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: Aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse ist die Technologie zum Erlernen der spezifischen Merkmale eines Objekts nicht, wie im Antrag beschrieben, eine Hintergrundsubtraktion und anschließende Zuordnung aller Merkmale zu Vordergrundobjekten. Stattdessen wurde ein Motion-Segmentation-Ansatz gewählt, bei dem Trajektorien von Merkmalspunkten über kurze Zeit analysiert und gruppiert werden. Motion-Segmentation erlaubt eine sehr robuste Gruppierung der Merkmale zu einzelnen Objekten, da keinerlei Annahmen über die Beleuchtung oder Farbunterschiede zwischen Vorder- und Hintergrund gemacht werden. Des Weiteren erlaubt Tracking durch Motion-Segmentation dynamischen Hintergrund und bewegte Kamera (siehe Abbildung 5).

Da das Verfahren nur auf Merkmalen basiert, wird das Originalbild nicht benötigt, was unter Datenschutzaspekten weitere Vorteile bringt. Ein weiterer Vorteil ist, dass Objektansichten gelernt werden können, mit denen ein Objekt auch nach Langzeitverdeckungen wieder erkannt werden kann (siehe Abbildung 6).

Abbildung 5: Ein Beispiel des Verfahrens "Motion-Split-And-Merge".

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Dieses Paket bedingte die Optimierung der Robustheit des Systems bezüglich ungünstiger Objektkonstellationen. Das Ziel des Pakets war es, die Objekte, die im Bild aneinander angrenzen oder sich überlappen, zu trennen. Die High-Level-Komponente muss robust auf solche Situationen reagieren. Es gibt fünf Situationen, die zu detektieren und zu handhaben sind:

"True Split" Zwei Objekte, die bisher stets gemeinsam gesehen wurden, teilen sich auf und müssen fortan als zwei Einzelobjekte behandelt werden.

"False Split" Ein Objekt wurde durch eine Störung in zwei Teile aufgeteilt, die allerdings das selbe Objekt beschreiben.

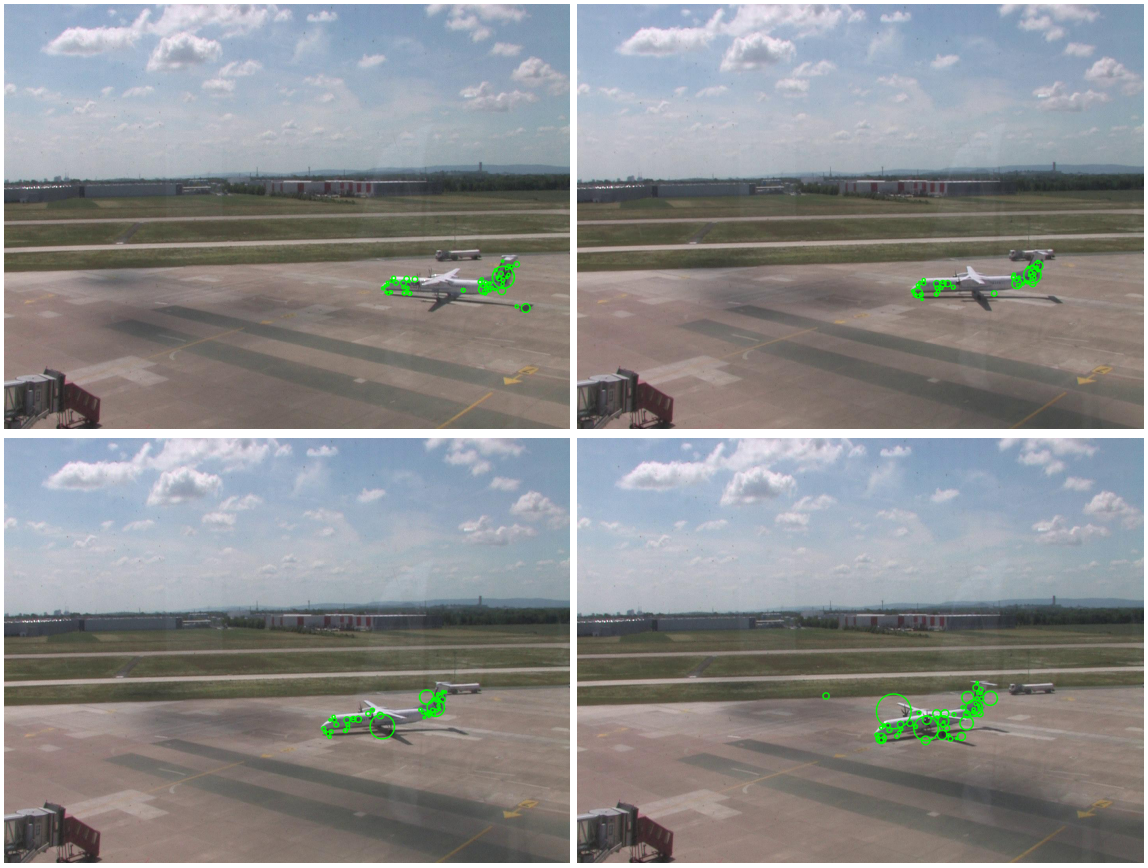


Abbildung 6: Der Verfahren “Motion-Split-And-Merge” im Rahmen des Flughafenvorfelds.

“True Merge” Die Objektsilhouetten zweier verschiedener Objekte berühren sich.

“False Merge” Durch Verdeckungen und andere Störungen wurde ein Objekt in der Vergangenheit unter verschiedenen IDs geführt, die nun zusammengeführt werden müssen.

“Split and Merge” Eine beliebige Kombination der vorangegangenen Punkte.

Alle diese Situationen werden durch die Nutzung des neuen Ansatzes “Motion-Split-And-Merge”, der während des Projekts ASEV entwickelt worden ist, gehandhabt. Da dieses Verfahren unabhängig erkannte Merkmale statt der gewöhnlich benutzen Tracklets oder Trajektorien benutzt, erlaubt es Korrespondenzen über nicht-fortlaufenden Bildern, sodass Objektverdeckungen und Aufteilungen konsistent bearbeitet werden können. Auf einer Bild-zu-Bild-Basis wird der klassische “split-and-merge” Algorithmus zur schnellen und präzisen Bild-zu-Bild-Motion-Segmentierung ergänzt. Global werden mehrere Bild-zu-Bild-Motion-Segmentierungen auf verschiedenen Zeitskalen mit einer exakten Bewertung der Anzahl der Bewegungen gruppiert. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

T3 Generierung von Profiling-Informationen, Optimierungsvorschläge für die

Algorithmen, Partitionierungsvorschlag, Schnittstellendefinition(Dauer: 3PM, LfI-AS, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: Auf Basis des Quelltexts der Bibliothek `libkeypoint` konnten erste Analysen bezüglich einer optimierten hardwarenahen Umsetzung durchgeführt werden. Es erfolgte eine Einteilung in Low-Level-Algorithmen (z.B. Aufbau der für die SIFT-Merkmalsextraktion benötigten Gauß-Pyramide) und Medium- bis High-Level-Algorithmen (z.B. die Suche nach Korrespondenzen). Anhand des übergebenen Quelltexts wurde eine PC-Demo-Applikation erstellt, die die wesentlichen Verarbeitungsschritte zur Identifikation von einzelnen Keypoints enthält. Diese Applikation diente als Grundlage für das in T4 erstellte Konzept von einer heterogenen Hardware-Architektur und dessen Umsetzung.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Dieses Paket bedingte die Analyse eines rudimentären Tracking-Systems (siehe T2) bezüglich der Laufzeit einzelner Komponenten. Die Hardware-Unterstützung muss für zwei Teilprobleme getrennt werden:

- Die Extraktion von SIFT-Features, d.h. die Lokalisierung der Merkmalspunkte und die Berechnung der Deskriptoren.
- Der Vergleich zweier BoFs, bzw. die Zuordnung von N unbekannten Objekten mit einem Datenbankwissen über M Objekte.

T4 Implementierung des SW-Anteils und des FPGA-basierten-Anteils, Berücksichtigung von Profiling-Informationen und Charakterisierung der Prozessor- und FPGA-basierten Anteile (Dauer: 18 PM, LfI-AS)

Erzielte Ergebnisse: Aus den in Arbeitspaket T3 gewonnenen Erkenntnissen ist eine von externen Bibliotheken (wie z.B. openCV) unabhängige Software-Version entstanden. Diese Software-Version ist auf dem ersten SIFT-Demonstrator des ASEV 1-Boards ausführbar, genügte aber den Anforderungen der Echtzeitfähigkeit nicht. Der rechenintensivste Teil des Algorithmus lag als optimierte Version in Form einer Software-Festpunktimplementierung zur Vorbereitung einer Hardwareimplementierung vor. Die Software-Festpunktimplementierung spiegelte das exakte Verhalten der späteren Hardware-Version in verschiedenen Entwicklungsstadien wider. Alle algorithmischen Optimierungen und Funktionsapproximationen wurden anhand dieser speziellen Software-Implementierung durchgeführt und verifiziert, sodass eine anschließende Auslagerung in spezielle Hardware-Beschleunigungseinheiten zielführend durchgeführt werden konnte.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Im Profiling identifizierten Anteile der Software-Referenzmodelle, die auf Hardwarebeschleuniger ausgelagert werden könnten, sind in diesem Arbeitspaket durch das LfI-AS untersucht und auf einem FPGA implementiert worden. Die Arbeiten, die in diesem Arbeitspaket das LfI-AS leistete, liegen in der Konzeptionierung und Erforschung von geeigneten Hardwarestrukturen, deren Implementierung und Anbindung an das zu entstehende Gesamtsystem.

In Rückkopplung mit dem für die Algorithmen verantwortlichen LfI-MMS wurden Optimierungsansätze für die Algorithmen berücksichtigt und die Auswirkungen auf die algorithmische Qualität simuliert. Dazu zählten insbesondere die Approximation bestimmter arithmetischer Funktionen und das Ersetzen von Fließpunktarithmetik durch Festpunktarithmetik.

Eine Hardware-Implementierung bei bislang unbekannter System-Spezifikation impliziert ein hohes Forschungsrisiko. Es erfolgte daher eine starke Wechselwirkung zwischen Algorithmen und Architekturen, falls festgestellt wird, dass die Anforderungen der Algorithmen an die Speicherbandbreite, Speicherzugriffe sowie Rechenleistung keine echtzeitfähige Implementierung mit der verwendeten Technologien ermöglichten.

T5 3D-Szenenwissen vollautomatisch generieren (Dauer: 6 PM, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: Für ein erweitertes Szenewissen wird die Lage der Kameras zueinander benötigt, insbesondere zwischen der statischen Übersichtskamera und den PTZ-Kameras, die gezielt bestimmte Teilbereiche der Übersichtskamera vergrößern. Ein solcher vergrößerter Bildausschnitt ist für die genauere Ansicht interessanter Bildbereiche nötig. Um die relative Lage der Kameras berücksichtigen zu können, müssen die Kameras kalibriert werden, d.h. bestimmte Kameraparameter werden extrahiert.

Die Kamerakalibrierung wird durch das Ausführen eines Softwareskriptes, dass in die `libkeypoint`-Bibliothek integriert worden ist, aufgerufen. Der Benutzer kalibriert die Übersichtskamera mit Hilfe des Skriptes anhand einer rechteckigen Region im Bild, von der die reale Größe bekannt ist. Es müssen die vier Eckpunkte des Rechtecks im aufgenommenen Bild markiert und die dazu korrespondierenden Seitenlängen angegeben werden. Die realen Größen des Rechtecks werden als Referenz gespeichert. Zusätzlich dazu werden die extrahierten SIFT-Merkmale des Kalibrierungsbildes ebenfalls gespeichert, sodass eine mögliche Kamerabewegung bei einer erneuten Kalibrierung erkennbar wird und ausgeglichen werden kann.

Die SIFT-Merkmale werden bei jedem Start des Programms aktualisiert, sodass das aktuelle Bild zur erneuten Kamerakalibrierung genutzt wird. Eine schnelle und präzise Kalibrierung wird durch diese Methode garantiert. Der Kalibrierungsschritt ist ein vollautomatischer Prozess, der nur durchgeführt werden muss, wenn die Übersichtskamera erstmalig in einem neuen Szenario in Betrieb genommen wird. Aus prozessbedingten Gründen müssen die PTZ-Kameras bei Ortsveränderung oder Neustart des Gesamtsystems keinen Kalibrierungsschritt durchlaufen. Der insgesamt sehr robuste Kalibrierungsprozess kann aufgrund der implementierten GUI-Schnittstelle schnell und einfach durch den Benutzer durchgeführt werden.

Im Folgenden wird eine kurze Beschreibung des Skripts gegeben und in Abbildung 7 das visuelle Interface gezeigt.

Kalibrierungsskript Das Ziel dieser Software ist die Kalibrierung der Überwachungskamera. Die Anwendung ist sehr benutzerfreundlich, es müssen nur vier Punkte und zwei Maße auf dem in der GUI angezeigten Bild eingegeben werden.

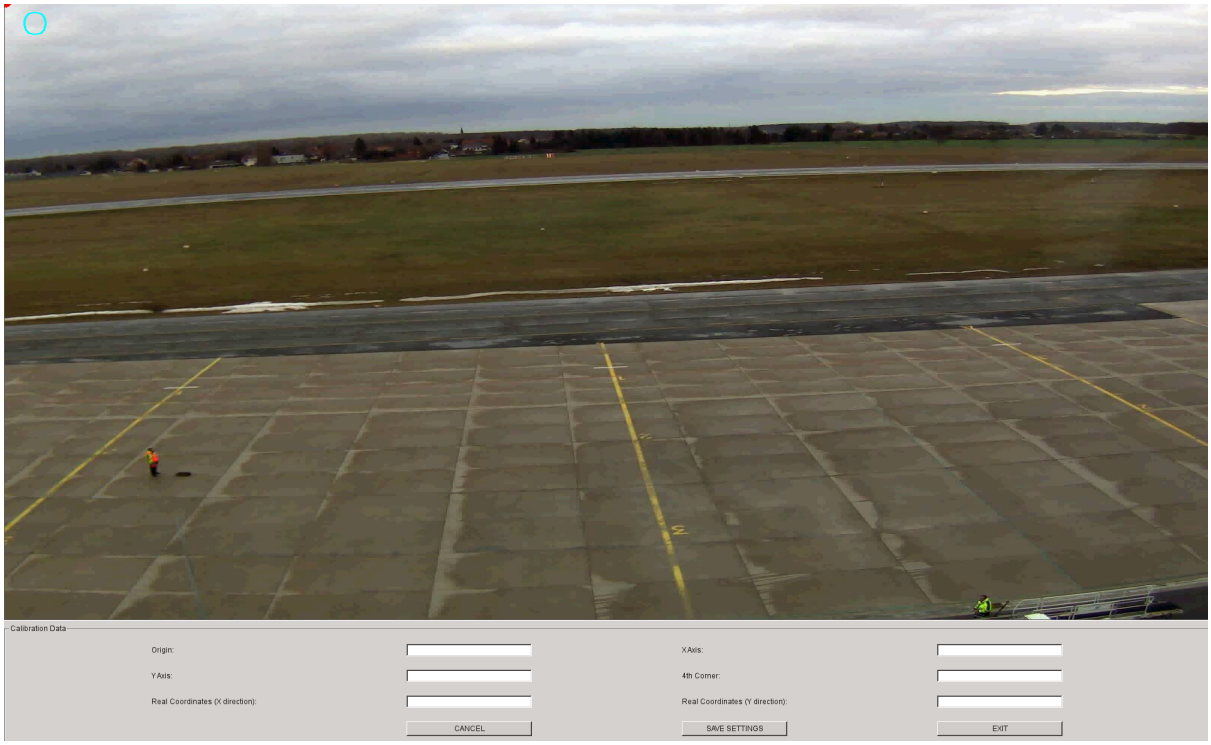


Abbildung 7: Das Kalibrierungskript.

Die vier zu markierenden Punkte stellen die vier Eckpunkte eines "virtuellen" Rechteckes auf dem Vorfeld dar, von dem der Nutzer die wahre Größe weiß.

Die Reihenfolge der zu markierenden Punkte ist sehr wichtig für eine korrekte Kamerakalibrierung. Zusätzlich zu den Eckpunkten im Bild werden die Bildkoordinaten des Punkts (x, y) für jeden Punkt in dem dafür vorgesehenen Feld eingeblendet.

Sobald die Punkte markiert sind, muss der Nutzer die realen Kantenlängen angeben. Diese Maßeinheiten der Kantenlängen ist in den entsprechenden Feldern in Metern anzugeben.

Die Bestätigung der Kalibrierung geschieht durch den Knopf `Save Settings`. Abschließend wird das Programm durch das Feld `Exit` beendet. Im Falle eines Fehlers erlaubt der Knopf `Cancel` die aktuellen Einstellungen zu verwerfen.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Dieses Arbeitspaket bedingte die Kamerakalibrierung und die Generation von 3D-Wissens einer Kameraszene. Durch das Kalibrierungsskript ist es möglich, die Lagen der Kameras zueinander einzurichten, sodass die Lage eines Objekts bezüglich der Bildkoordinaten bekannt ist. Gleichzeitig ist die Lage bewegter oder anderen Vorgrund- bzw. Hintergrundobjekts in realen Koordinaten bekannt, sodass Objektrelationen durch die Nutzung von Größeneinheiten wie Meter oder Kilometer angegeben werden können.

Als Kameramodell basiert auf dem Modell einer Lochkamera, bei dem angenommen wird, dass durch die Optik sämtliche Lichtstrahlen durch einen

Punkt fallen: das optische Zentrum. Die drei intrinsischen Parameter werden durch eine offline Kalibrierung bei der Nutzung eines Kalibrierungsmusters gewonnen. Die intrinsischen Parameter beschreiben die Fokallänge (der Abstand vom optischen Zentrum zur Bildebene) und die Hauptpunktverschiebung (die Verschiebung des Bildkoordinatensystems zum Schnittpunkt von optischer Achse und Bildebene) der verwendeten Kamera. Eine mögliche Radial- oder Tangentialverzerrung wird einfachheitshalber zu Null angenommen. Wird die verwendete Kamera nicht ausgetauscht, sind die extrahierten Parameter unveränderlich und können als Systemeinstellung gespeichert werden. Die sechs extrinsischen Parameter werden durch SIFT-Anpassung mit Hilfe eines Bildes der Übersichtskamera bestimmt. Diese geben die Lage und die Orientierung der Kamera bezüglich des Koordinatenrahms der Übersichtskamera an und sind für alle PTZ-Kameras gleich. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

T6 3D-SIFT-Tracking implementieren (Dauer: 11 PM, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: Die ursprüngliche Idee bedingte das Erzeugen eines 3D-Modells eines jeden in der Objektdatenbasis verfügbaren Flugzeugs. Zwei Faktoren sprechen gegen dieses Verfahren:

1. Die Rekonstruktion eines 3D-Objekts durch die Structure-from-Motion-Technik ist ein sehr komplexer Prozess, der qualitativ gute Ergebnisse nur unter einer sehr kontrollierten Umgebung erzielt.
2. Für eine zuverlässige 3D-Rekonstruktion ist die Struktur der meisten Flugzeuge nicht ausreichend. Daher kann nur eine kleine Anzahl von stabilen Features zu dem 3D-Rekonstruktionsprozess bereitgestellt werden.

Es sei darauf hingewiesen, dass, auch wenn alle andere Aufgaben dieser Anwendung mit SIFT-Merkmalen geleistet werden können, eine 3D-Rekonstruktion eine sehr große Anzahl von stabilen, sich wiederholenden Features benötigt und dies in realen Situationen mit unstrukturierten Objekten nicht der Fall ist.

Die Idee zum erfolgreichen Lösen dieser Aufgabe kann in der Projektbeschreibung gefunden werden. Da SIFT-Merkmale teilweise rotationsinvariant sind und die Variation unter der gezeigten stetigen Positionsänderung glatt ist, können instabile SIFT-Merkmale mit einer Regressionsfunktion modelliert werden. Die Regressionsfunktion kann dabei auf Basis einer Eingangsposition die Werte des SIFT-Deskriptors vorhersagen.

In diesem speziellen Anwendungsfall wird aus dem dreidimensionalen Positionsproblem ein eindimensionales Positionsproblem, da sich das Flugzeug auf dem Vorfeldboden befindet. Die Komplexität des Problems zur Positionsschätzung vereinfacht sich, so dass es in Echtzeit handhabbar wird.

Der Regressionsansatz ist eine naheliegende Wahl für eine kontinuierliche Funktion, die das Verhalten des SIFT-Deskriptors unter Positionsänderungen modellieren kann. Mathmatisch betrachtet basiert die Idee auf dem Finden einer Funktion $F(\alpha)$ für jedes SIFT-Merkmal, sodass deren Ergebnis der vorhergesagte SIFT-Deskriptor ist. Sobald ein neues Bild verfügbar ist, werden dessen aktuelle

Merkmale mit den Objektmerkmalen angepasst, sodass Merkmal-Regressor-Korrespondenzen erhalten bleiben. Die Orientierung der Merkmale, durch die sich der Fehler zwischen dem vorhersagten Wert und dem aktuellen Wert für alle passenden Regressoren verringert lässt, ist das Ergebnis.

Somit ist keine eigentliche 3D-Geometrie erforderlich, das System kann aber trotzdem eine 3D-Objektposition bestimmen.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Dieses Paket bedingte das Nutzen der zweidimensionalen Anordnung der SIFT-Merkmale, um eine dreidimensionale Objektbeschreibung zu erhalten. Das Ziel war es, aus einer Kameraansicht auf die Objektposition zu schließen.

Unter der Annahme, dass das Objekt intransparent ist, kann durch die durchgeführten Arbeiten bei der Objekterkennung aus einer Kameraansicht direkt auf die Objektposition und ebenfalls auf die Objektentfernung geschlossen werden. Des Weiteren kann die Position durch die perspektivische Umrechnung von SIFT-Deskriptoren, die in AP T5 untersucht wurde, in einem zweiten Schritt verbessert werden. Das Ziel wurde mit einer alternativen Lösung vollständig erreicht.

T7 PTZ-Unterstützte Szenenauswertung (Dauer: 5 PM, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: Einen großer Teil der Projektsoftware nimmt die Integration und Benutzung der PTZ-Kameras zur Objektverfolgung ein. Da PTZ-Kameras Schwenk- (Pan), Nick- (Tilt) und Zoombewegungen durchführen können, besteht die Möglichkeit, an bestimmte Bildbereichen heranzuzoomen um Objektdetails zu extrahieren. PTZ Kameras sind dann notwendig, wenn bestimmte Objekte eines Bildes detaillierter dargestellt werden sollen. Die Hauptteil der für die PTZ-Kameras entwickelten Software liegt in den Instruktionen um die Bewegung der Kamera zu steuern und in der Bewegungsprädiktion beweglicher Objekte. Da PTZ-Kameras aufgrund ihrer Trägheit plötzliches Herauszoomen, Heranzoomen oder abrupte Bewegung nicht durchführen können, ist eine Verzögerung in der Prädiktion zu berücksichtigen, um den richtigen Ort zu fokussieren.

Die Steuerung der PTZ-Kamera ist als C++-Klasse mit mehreren Mitgliedsfunktionen und -variablen realisiert. Erwähnenswert hierbei sind folgende zwei Funktionen:

- `moveAreazoom(x,y,z)`: Kamerabefehl, der die Kamera zur Position (x, y) mit Zoomfaktor z bewegt.
- `transformTo1stFramePosition(x,y)`: Transformation, die die aktuelle Lage des Objekts in das originalen Koordinatensystem der PTZ-Kamera überführt. Dazu wird die folgende geometrische Transformation verwendet:

  $$x' = K \times R_p \times R_t \times K_z^{-1} x$$

  wobei x' die Lage in dem originalen PTZ-Koordinatensystem und x in dem aktuellen PTZ-Koordinatensystem ist. Weiterhin ist K die Matrix der intrinsischen Parameter, R_p die Rotationsmatrix des Schwenks, R_t die

Rotationsmatrix des Nicks und K_z^{-1} die inverse Matrix der intrinsischen Parameter mit Zoomfaktor. Durch die Transformation der aktuellen Objektposition in das ursprüngliche Koordinatensystem der PTZ-Kamera und durch die Kalibrierung der Übersichtskamera mit der PTZ-Kamera (siehe T5) ist es möglich, die Position des Objekts in realen Koordinaten anzugeben.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Dieses Paket bedingte die Entwicklung einer Steuerungssoftware um die PTZ-Kameras zu kalibrieren, sodass diese an bestimmte Bildgebiete heranzoomen können, um Objekte detaillierter darzustellen. Die Ansteuerung der kalibrierten Kameras ist in die Bewegungssoftware integriert, sodass mehr Wissen aus eine aufgezeichneten Situation extrahiert werden kann. Da PTZ-Kameras durch ihren mechanische Aufbau nicht unmittelbar auf eine gewünschte Position zoomen können, wird eine variable Verzögerung in die Berechnung der neuen Zoomposition eingebracht. Diese variable Verzögerung basiert auf dem aktuellen Zoomfaktor und der momentanen Größe des Objekts. Falls mehrere PTZ-Kameras auf das zu zoomende Objekt zeigen, sind Verfahren implementiert, die die Kamera mit der am Besten geeigneten Objektansicht priorisieren. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

T8 Inbetriebnahme einer ersten Version des SIFT-Demonstrators (Dauer: 3 PM, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: Ein Demonstrator ist durch den Zusammenbau der verschiedenen Komponenten, die von den Projektpartnern entwickelt worden sind, aufgebaut worden. Der Demonstrator besteht aus der vom LfI-MMS entwickelten High-Level-Bildverarbeitungseinheit, der vom LfI-AS entwickelten Low-Level-Hardwarekomponente, der vom L3S entwickelten Inferenzmaschine und dem vom RRZN entwickelten Dienst zum Informationsloggen.

Die Bilddaten, die aus den Kameras kommen, werden von der Low-Level-Hardwarekomponente zur Merkmalsextraktion bearbeitet und dann an die High-Level-Bildverarbeitungseinheit gesandt. Es muss die angemerkt werden, dass alle Verbindungen nur logische sind, weil sie in dem gleichen Rechner integriert werden. Die extrahierten Features werden dann von der High-Level-Bildverarbeitungseinheit analysiert, um die folgenden Aufgaben zu leisten: Objekttracking, Objekterkennung, und Objektklassifikation. Die High-Level-Bildverarbeitungseinheit ist ein Multi-Threaded-System, das die oben genannten Aufgaben parallel zu leisten vermag.

Der logische Ablauf der Threads ist in Abbildung 8 gegeben. Der Hauptthread, der dauerhaft läuft, ist der Bewegungsdetektionsthread. Er "befindet" sich logisch in der Übersichtskamera, und nutzt das Motion-Split-And-Merge-Verfahren. Dessen Ziel ist zu entdecken, ob es ein sich bewegendes Objekt in der Szene gibt, und es ggf. zu lokalisieren. Sobald ein sich bewegendes Objekt entdeckt wird, wird ein zweiter Thread gestartet, um erweiterte Aufgaben durchzuführen. Der Hauptthread ordnet dem startenden Thread auch die Kamera zu, die bezüglich des sich bewegenden Objekts am besten gelegen ist.

Die erweiterten Aufgaben werden logisch der PTZ-Kamera “zugewiesen”.

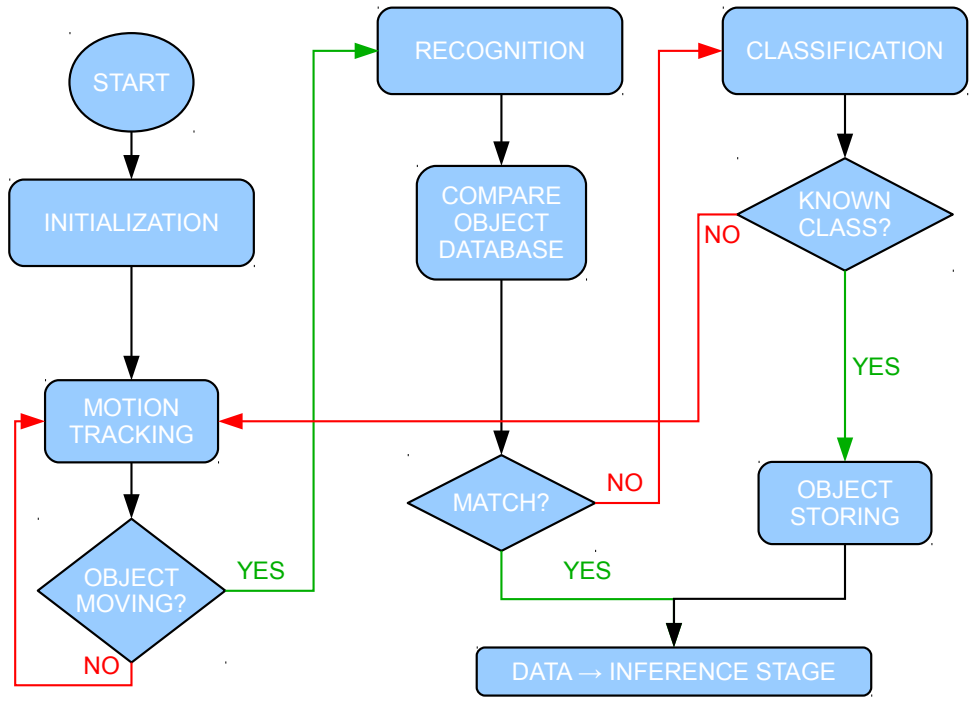


Abbildung 8: Der Ablauf der High-Level-Threads.

Dieser zweite Thread implementiert einen Objekttrackingthread mit Erkennungs-und Klassifikationsfähigkeiten. Das bedeutet, dass die Hauptaufgabe dieses Threads ist, dem Objekt während dessen Bewegung zu folgen, und die Nutzung der PTZ-Kameras ist daher selbstverständlich. Gleichzeitig startet er zuerst einen Detektionsthread, um dem Objekt eine Identität zuzuordnen. Wenn es nicht möglich ist, dem sich bewegenden Objekt eine Identität zuzuordnen, wird ein Klassifikationsthread gestartet, sodass mindestens die Objektkategorie bekannt wird. Im Falle von Tracking, Erkennung und Klassifikation werden verschiedene Mitteilungen an die Inferenzmaschine gesendet, deren Aufgabe es ist, die Information über die aktuelle Situation mit der Ontologie- und Regelwissenbasis zu vergleichen.

Zwecks Demonstration sind die folgenden Daten als Eingang in der Simulation am Flughafenvorfeld gesetzt werden:

Klassen: Fahrzeuge, Flugzeuge und Personen.

Interessenbereiche: Startbahn und Parkplatz.

Daher prüft das System die Anwesenheit eines dieser Objekte im gesamten

beobachteten Bereich. Wenn ein Objekt gefunden wird, werden die folgenden Informationen an die Inferenzmaschine gesendet:

- Objektidentität
- Objektklasse
- Objektlage in realen Koordinaten
- Objektgeschwindigkeit

Die bereitgestellten Informationen werden von der Inferenzmaschine mit der Regelwissenbasis verglichen, um zu prüfen, ob es den einzelnen sich bewegenden Objekten erlaubt ist, die aktuelle Position zu durchqueren. Da verschiedene Klassen verschiedene Regeln haben, ist der Ausgang des Systems verschieden gemäß der Identität/Klasse des sich aktuell bewegenden Objekts. So wird die Inferenzmaschine keine Mitteilung senden, wenn ein Flugzeug an der Startbahn ist, eine Informationsmitteilung im Falle eines Fahrzeugs machen, oder eine Warnmitteilung im Falle einer Person senden. Andere Regeln sind für den anderen Bereich definiert worden. Die Inferenzmaschine teilt ihre Ergebnisse dem Operateur durch eine GUI mit, die als ein zusätzliches Modul in dem Programm CamIQ integriert wird. Daher erhält der Operateur die Mitteilungen als Layouttexte auf dem Beobachtungsschirm. Der Operateur kann die Mitteilungen entweder akzeptieren oder abweisen, und die Akzeptanz-/Abweisungsrate kann statistisch benutzt werden, um die Leistung des Überwachungssystems auszuwerten.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Nach Implementierung der einzelnen Komponenten ist das Software-System des LfI-MMS mit einer ersten Version der Hardware-Akzeleratoren des LfI-AS gekoppelt worden. Eine erste Version der hardwareunterstützten SIFT-Bildverarbeitung ist am Flughafen Braunschweig demonstriert worden. Das Ziel wurde vollständig erreicht, auch wenn der Demonstratortestlauf am Ende des Projekts verschoben werden musste (siehe §III.6).

T9 Integration des SIFT-Demonstrators in ein heterogenes DSP-FPGA-Board (Dauer: 7 PM, LfI-AS)

Erzielte Ergebnisse: Eine Version des kompletten SIFT-Algorithmus wurde erarbeitet und konnte ab diesem Zeitpunkt genutzt werden. Anhand einiger Profilingergebnisse aus vorherigen Arbeitspaketen wurde deutlich, dass weitere algorithmische Optimierungen notwendig waren, um die Leistungsfähigkeit des Demonstrators zu gewährleisten. Der Hardware-Demonstrator wurde so flexibel gestaltet, dass, wie es sich im weiteren Verlauf des Projektes zeigen sollte, falls die Performance des bestehenden Hardware-Demonstrators nicht ausreicht, weitere Optimierungen (bspw. Integration weiterer Akzeleratoren) für eine Performance-Steigerung ohne Probleme vorgenommen werden konnten.

Die funktionale Beschreibung des späteren ASEV-Boards ist in das LfI-MMS Gesamtsystem integriert worden, sodass das Verhalten des SIFT-Boards in Software simuliert werden konnte. Neueste Anpassungen in der Hardware konnten

so direkt in Software verifiziert werden, um das reibungslose Zusammenspiel des Hardware-Demonstrators mit dem Demonstrator des LfI-MMS sicherzustellen. Der Integrationsschritt des Hardware-Demonstrators in den Demonstrator des LfI-MMS wurde weiterhin stark vereinfacht, da bei gleichem Verhalten der Softwarebeschreibung und des Hardware-Demonstrators algorithmische Fehlerquellen größtenteils ausgeschlossen werden konnten.

Probleme bereitete der begrenzte Speicher des Demonstrators in Relation zu der im Verlauf der Berechnung entstehenden Datenmenge. Mit der Spezifizierung bestimmter Parameter auf den Testlauf am Flughafen Braunschweig konnte diesen Herausforderungen rechtzeitig entgegengewirkt werden.

Die zuwendungsneutrale Verlängerung des Arbeitspakets ist dazu genutzt worden, weitere Optimierungen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des ASEV-Boards vorzunehmen.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Auf Basis der ersten Systemtests aus AP T8 sollten algorithmische Optimierungen erfolgen, die in einem SIFT-Demonstrator zu implementieren waren. Dieser SIFT-Demonstrator diente dann als Bestandteil des Demonstrators, der im Verbundvorhaben erarbeitet werden sollte. Sobald ein erstes algorithmisch ausgereiftes Stadium erreicht war, sollte der Hardware-Aufbau des SIFT-Demonstrators weiter optimiert und integriert werden.

T10 Nutzung von Verdeckungswissen (Dauer: 6 PM, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: In vielen Fällen sind Objekte teilweise verdeckt und müssen dennoch zuverlässig erkannt werden. Die Objekterkennung trotz statischer oder dynamischer Verdeckung wird durch die Wahl von SIFT-Merkmalen gelöst. Da es sich bei dieser Art von Merkmalen um lokale Deskriptoren handelt, lassen sich teilweise verdeckte Objekte anhand der noch sichtbaren SIFT-Merkmale immer noch zuverlässig erkennen.

Falls es sich um eine komplette, aber statische Verdeckung handelt und diese nur vorläufig ist, kann durch einen in das Tracking-System integrierter Wartemechanismus das Objekt eindeutig wiedererkannt werden. Falls ein Objekt in dem Bild verdeckt wird, setzt das Objekttracking also nicht sofort aus, sondern erst nach einer parametrisierbaren Anzahl von Bildern. Ein Wiedererkennen von Objekten und demnach auch ein Objekttracking wird somit möglich. Dauert die Objektverdeckung länger an, als die Wartezeit des Tracking-Systems beträgt, wird ein neuer Tracking-Prozess begonnen, sobald das Objekt wieder erscheint. Durch aufgezeichnete Testsequenzen lässt sich sagen, dass das Flughafenvorfeld normalerweise frei von statischen Objektverdeckungen ist. In einer Anordnung mit mehreren PTZ-Kameras lassen sich zusätzlich noch Verdeckungen durch den Wechsel in ein anderes Kamerasichtfeld unter Umständen umgehen.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Dieses Paket bedingte die Bearbeitung der Objektverdeckungen durch statische Objekte. Das 3D-Szenewissen sollte für Verdeckungsvorhersagen verwendet werden, um Verdeckungssituationen durch zusätzliche PTZ-Kamerafelder aufzulösen.

Als Referenz war eine Tiefenkarte oder eine volle 3D-Rekonstruktion der Szene notwendig, um die Lage der statischen Objekte in realen Koordinaten zu erhalten. Mit der geometrischen Annahme, dass alle Objekte auf dem Grund liegen, ist eine 3D-Information möglich, aber auch überflüssig, da das Verdeckungsproblem durch 2D-Merkmale gelöst werden kann (wie oben beschrieben). Die gleiche Argumentationsweise ist in Arbeitspaket T6 angewendet worden. Das Ziel wurde mit einer alternativen Lösung vollständig erreicht.

T11 Konzeptstudie zur möglichen Integration des Gesamtsystems in einem heterogenen System-on-Chip (Dauer: 3 PM, LfI-AS)

Erzielte Ergebnisse Die abschließende Konzeptstudie zielte auf das Konzept sog. Smart Cameras ab, d.h. auf ein geschlossenes System mit einer Optik zur Aufnahme von Bilddaten in direktem Verbund mit einem Prozessor für die digitale Datenverarbeitung.

Das ASEV-Projekt hat gezeigt, dass es möglich ist, die SIFT-Merkmalsextraktion unter bestimmten Randbedingungen auf einem Prozessor mit anwendungsspezifischen Instruktionssatz mit Hardwarebeschleunigern zu implementieren. Die resultierenden Leistungs- und Flächenabschätzungen hatten ergeben, dass es durchaus möglich ist, ein solches System aufzubauen. Durch die Flexibilität des programmierbaren Prozessors ist die Smart Camera zusätzlich nicht ausschließlich auf die SIFT-Merkmalsextraktion begrenzt, sondern kann in bestimmten Umfang weiterhin ähnliche Algorithmen dieser Klasse prozessieren. Zusätzliche Module zur Kommunikation mit weiteren merkmalsverarbeitenden Systemen könnten ein größeres Anwendungsfeld öffnen.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen Nach Fertigstellung des ASEV-Boards sind weitere Testreihen am zu überwachenden Vorfeld durchgeführt worden. In einer Abschlussphase des Projektes ist zur Vorbereitung einer Kommerzialisierung der erarbeiteten heterogenen Hardware-Plattform eine Studie zur Integration des Prozessorkerns und des FPGA-basierten Akzelerators in Form eines heterogenen System-on-Chip (SoC) durchgeführt worden. Aufgabe des LfI-AS war es, die Synthesearbeiten für die einzelnen attraktiven möglichen Zieltechnologien durchzuführen. Abschließend wurde ein Konzept für einen integrierten ASIC erarbeitet, welches die insgesamt erforderlichen Systemressourcen auf einem einzelnen ASIC bereitstellt.

I1 Definition eines Anwendungsmodells (Dauer: 4 PM, L3S, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: Auf Basis von öffentlich verfügbaren und durch die Flughäfen bereitgestellten Dokumenten sowie Interviews mit Flughafenmitarbeitern wurde ein Anwendungsmodell, bestehend aus einer Flughafen-Ontologie sowie Sicherheitsvorschriften erarbeitet. Für die Flughafen-Ontologie wurden etablierte Semantic-Web Repräsentationsformen und -Werkzeuge verwendet (RDF Schema, Protegé). Die Sicherheitsvorschriften werden als Regeln repräsentiert, in denen aus der Nichteinhaltung von Bedingungen (z. B. Abstandsvorschriften) Warnungen inferiert werden. Das erarbeite Modell stellt eine gute Grundlage für die Tests des Inferenzalgorithmus dar.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Ziel des Arbeitspaketes war die Definition einer Wissensrepräsentation in Form einer Ontologie für das Anwendungsgebiet des Inferenzsystems zu entwickeln. Dazu wurden Experteninterviews am Flughafen Braunschweig durchgeführt und ein genaues Abbild der für die Sicherheit relevanten Begebenheiten als RDF-Schema konstruiert. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

I2 Objektlassifikation durch BoF (Dauer: 1 PM, L3S, LfI-MMS)

Erzielte Ergebnisse: Das Lernen der Objekt-Wissensbasis (vgl. Abbildung 1) geschieht durch Abspeichern von relevanten Objektmerkmalen. Ein Problem ergibt sich, wenn zwei Objekte A und B in Teilbereichen gleich aussehen (siehe Abbildung 2). Durch Auswertung von gefundenen Korrespondenzen kann nicht ohne weiteres entschieden werden, ob es sich bei Objekt A nicht um ein teilweise verdecktes Objekt B handelt. Das Nutzen von 3D-Informationen soll dieses Verdeckungsproblem lösen. Diese Aufgabe wurde in AP T7 zusätzlich durchgeführt.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Das Ziel dieses Arbeitspaketes war die Objektklassifikation mit Hilfe eine Bag-Of-Feature-Klassifikationssystems. Durch Abspeichern relevanter Objektmerkmale wird eine Objekt-Wissensbasis aufgebaut. Diese dient der BoF-Klassifikation zur Identifikation von Objekten. Um das Problem von Verdeckungen zu adressieren wurde in AP T7 zur Nutzung von 3D-Information erweitert. Das Ziel wurde mit einer alternativen Lösung vollständig erreicht.

I3 Entwurf und Entwicklung eines regelbasierten Inferenzsystems (Dauer: 24 PM, L3S)

Erzielte Ergebnisse: Auf Basis einer ausführlichen Analyse des Stands der Forschung wurde der Ansatz für die Entwicklung des Inferenzsystems für Ereignisströme festgelegt und die Implementierung vollzogen. Die Wissensbasis wird in RDF repräsentiert. Der auf Forward Chaining basierende Rete-Algorithmus wurde erweitert, um für jeden abgeleiteten Fakt die Abhängigkeiten zu anderen Fakten zu erfassen und in einem Index zu speichern. Hiermit können effizient Fakten aktualisiert werden, wenn z.B. die Position eines Objektes sich geändert hat. Da sämtliche abgeleiteten Fakten gespeichert bleiben, ist eine Aktualisierung des Wissensnetzes effizient möglich. Weiterhin wurde für die Kommunikation mit der Trackingkomponente ein XML-Protokoll zum Informationsaustausch definiert und als Streaminganwendung implementiert und somit ein Demonstrator entwickelt, der die Ergebnisse der AG Tracking und Inferenz in einem Beispielszenario zum Einsatz bringt.

Es wurde ein Standardtest für Inferenzsysteme, der Lehigh University Benchmark (LUBM), zu einem strombasierten Test erweitert. LUBM basiert auf einer Ontologie, die eine Universität beschreibt. Es werden 43 Klassen definiert, wie Department, Kurs, Student, Professor, etc. Um den Benchmark in einem strombasiertes Szenario einzusetzen, wurde die Datengenerierung um eine temporale Dimension erweitert. Der Literatur entsprechend definieren wir RDF Streams als Tripel, die mit einem monoton wachsenden Zeitstempel versehen

Objekteigenschaft	Zeitlicher Typ
'has a degree from'	Statisch
'has as a member'	Dynamisch
'has as a research project'	Dynamisch
'has as an alumnus'	Statisch
'is a TA for'	Hochdynamisch
'is about'	Statisch
'is affiliated with'	Dynamisch
'is being advised by'	Hochdynamisch
'is taking'	Hochdynamisch
publishes	Statisch
teaches	Hochdynamisch
'takes Course'	Hochdynamisch
'was written by'	Statisch

Tabelle 1: Im LUBM Benchmark verwendeten Objekte und Eigenschaften

werden. Hierbei werden nur die RDF Triple mit Zeitstempel versehen, die keine unveränderlichen, statischen Eigenschaften aufweisen. Tabelle 1 detailliert die im LUBM Benchmark verwendeten Objekte und ihre temporalen Eigenschaften.

Der angepaßte Benchmark wurde mit vier verschiedenen Implementierungen von Reasoning Methoden evaluiert. Die Implementierungen Jess[1] und BaseVISOr [21] basieren auf dem RETE-Algorithmus wobei BaseVISOr speziell optimiert ist für die Verarbeitung von Triples. Der Pellet[2] Prozessor nutzt Description Logic. C-SPARQL [22] ist eine neue Abfragesprache für das Reasoning von Datenströme, die abgeleitet ist von SPARQL. Die Ergebnisse zeigen, dass der BaseVISo Prozessor die effizienteste Implementierung darstellt, während der C-SPARQL Prozessor in der getesteten Version noch einige funktionale Problem in Bezug auf Streamreasoning hatte. Für die Implementierung in ASEV wurde deshalb der BaseVISOr Prozessor verwendet.

Mit fortschreitendenden Semestern generiert der Benchmark rekursiv die Universitätsdaten. Als offensichtliches Beispiel werden hierbei die Kurse, die Studenten nehmen (Eigenschaft 'takes Course') in jedem Semester neu, und damit hochdynamisch, generiert. Insgesamt definieren wir drei temporale Klassen, statisch, dynamisch, und hochdynamisch. Unveränderlich ist beispielsweise, dass ein Student oder Mitarbeiter einen Abschluss von einer Universität hat ('has a degree from'). Dieser Fakt muss niemals neu bearbeitet werden. Andere Eigenschaften, wie bearbeitete Forschungsprojekte ('has as a research project') ändern sich schon, aber nicht jedes Semester. Weiterhin wurde die Ausgabemodalität von LUBM von der klassischen Dateierzeugung auf eine TCP/IP basiertes Strommodell umgestellt, dass eine Echtzeitverarbeitung der generierten Ströme ermöglicht. Im Anschluss wurde der Benchmark mit verschiedenen streamingbasierten Inferenzsystemen getestet.

[1] `http://jena.apache.org/`
[2] `http://clarkparsia.com/pellet/`

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Die Ziele dieses Arbeitspaketes untergliedern sich in mehrere Teilschritte. Zunächst mußten Verfahren entwickelt werden, mit denen die Videodatenströme, die durch die Objektklassifikation (I2) bereits auf das Anwendungsmodell (I1) verweisen, in eine für das "Stream Reasoning" geeignete Form überführt werden. In der Umsetzung wurde für die Repräsentation der Objekte RDF verwendet und eine geeignete Ontology definiert.

Anschließend mussten Mechanismen konzipiert und implementiert werden, die eine Fusion der verschiedenen Datenquellen ermöglichen, sodass die aufbereiteten Datenströme, die ihren Ursprung in den verschiedenen Überwachungskameras haben, mit Hintergrundwissen und Regeln verknüpft werden können. Dazu wurde in der Umsetzung der auf Forward Chaining basierende Rete-Algorithmus erweitert. Zur Evaluation des Algorithmus wurde der Standard Lehigh University Benchmark (LUBM), zu einem strombasierten Test erweitert.

Vor dem Hintergrund der Echtzeitanforderungen an das Gesamtsystem, das im ASEV Projekt als Demonstrator realisiert wird, ist ferner die Entwicklung von Optimierungsstrategien unabdingbar, die zu einer Skalierbarkeit des Inferenzsystems führen. Die Lösungen zu den einzelnen Teilaufgaben werden schließlich im Inferenzsystem vereint und implementiert.

Durch die vorwärts gerichtete Arbeitsweise des Rete Algorithmus, ist das Inferenzsystem bereits skalierbar und effizient. Weitere Optimierungsstrategien mussten deshalb nicht umgesetzt werden. Die Implementierung des Streaming Inferenzsystems wurde in das Gesamtsystem integriert. Das Ziel wurde mit einer alternativen Lösung vollständig erreicht.

I4 Erklärungen in natürlicher Sprache (Dauer: 10PM, L3S)

Erzielte Ergebnisse: Es wurde ein System entwickelt, das die vom Inferenzsystem erkannten Regelverletzungen in natürliche Sprache übersetzt. Hierzu überprüft die Inferenzengine dynamisch beim Eintreffen von neuen Daten aus dem Datenstrom inkrementell, ob Regeln ausgelöst wurden. Ist dies der Fall, wird ein Übersetzungsprozess gestartet, der diese Regel mit den betreffenden Objekten in eine für Menschen verständliche Form übersetzt. Als Beispiel sei hier die Regel für strikt verbotene Flughafenbereiche genommen:

- Regel zum erkennen von verbotenen Flughafenbereichen:
  - (defrule ZoneRule3 (NamedIndividual (name ?name) (type Highly-RestrictedZone))(NamedIndividual (name ?name) (position ?position)) (Named-Individual (name ?name2) (type PriorityVehicle)) (NamedIndividual (name ?name2) (position ?position2)) (forbiddenZoneCheck (?position ?position2))
- Übersetzungsregel für natürlichsprachige Meldung:
  - (printout t "WARNUNG: "?name2 "fährt auf"?name)
- Beispiel für fertige Meldung:
  - WARNUNG: Polizei fährt auf Startbahn.

In diesem dreischrittigen Prozess wird aus der formalen Regel, mit Hilfe einer formalen Übersetzungsregel eine fertige Meldung generiert, die den Sachverhalt anhand der konkreten Objekte der Regelüberschreitung beschreiben.

Abbildung 9: Natürlichsprachige Darstellung einer Warnmeldung

Abschließend wird diese Information an das Bildverarbeitungssystem übergeben, in dem ein Overlaybild generiert wird, das sowohl die Meldung zeigt, als auch das betreffende Objekt markiert. Abbildung 9 zeigt einen Ausschnitt aus dem Bildverarbeitungssystem, das das aktuelle Kamerabild mit dem Overlaybild verbindet. Weiterhin wird auch der Warnungstext übergeben, um eine nachgeschaltete Auswertung zu ermöglichen.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Die Ergebnisse des Inferenzsystems sollten in einer für Operatoren verständlichen Sprache in der Bildverarbeitung dargestellt werden. Hierbei wird das Objekt, auf das sich die Meldung bezieht, eindeutig gekennzeichnet, und der Regelverstoß konkret beschrieben werden. Diese Ziele wurden im Rahmen des Projektes vollständig umgesetzt. Der Operator bekommt natürlichsprachliche Meldungen und Hinweise zu den Objekten.

I5 Semi-automatische Verbesserung der Situationseinschätzung (Dauer: 12PM, L3S)
Erzielte Ergebnisse: Um die Verbesserung von Fehldetektionen des Systems auf der einen, und die Verfeinerung der Regeln auf der anderen Seite zu unterstützen, wurde in das System eine Feedbackmöglichkeit für die Operatoren integriert, die es ihnen ermöglicht, Warnmeldungen zu bewerten. In Abbildung 10 ist die Darstellung einer aufgezeichneten Warnmeldung im System CamIQ, sowie das ASEV Bewertungsmodul zu sehen. Mit ihm ist es möglich, die aufgezeichneten Bilder inkl. Overlay zu den eingegangenen

Warnmeldungen einzusehen. Dem Operator wird zusätzlich der vollständige übersandte Warntext im Modul angezeigt.

Abbildung 10: Bildverarbeitungssystem CamIQ mit Auswertungsmodul

Der Operator hat die Möglichkeit, jede Warnmeldung zu beurteilen. Zur weiteren Analyse der Ergebnisse können die erfassten und bewerteten Daten aus dem System exportiert werden. Anschließend können dieses zur Verfeinerung der Regeln verwendet werden.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Ziel des Arbeitspaketes war die Verbesserung von Fehldetektionen des Systems auf der einen, und die Verfeinerung der Regeln auf der anderen Seite zu unterstützen. Dazu wurde in das System eine Feedbackmöglichkeit für die Operatoren integriert, die es ihnen ermöglicht, Warnmeldungen zu bewerten. Weiterhin soll dieses Feedback statistisch ausgewertet werden, um eine semi-automatische Verbesserung des Systems zu ermöglichen. Dazu wurde eine Exportschnittstelle geschaffen mit der die bewerteten Daten zur weiteren Analyse aus dem System exportiert werden können. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

D6 Analyse Gesamtarchitektur nach Datenschutzgesichtspunkten (Dauer: 4 PM, RRZN)

Erzielte Ergebnisse: Auf den heterogenen, verteilten Komponenten des Gesamtsystems werden potentiell schützenswerte Daten, d. h. personenbezogene bzw. -beziehbare Daten oder Personenabbildungen erzeugt und gespeichert. In diesem Zusammenhang ist es gesetzlich vorgeschrieben, die gesetzlichen Datenschutzrichtlinien bezüglich der Speicherung und Verarbeitung von personenbezogenen Daten einzuhalten. Der BSI-Grundschutz-Katalog fordert einen Datenschutzmanagementprozess, um die Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen des Datenschutzes bei der Planung, Einrichtung sowie dem Betrieb von Verfahren zur Informationsverarbeitung sicherzustellen. Die gesetzlichen Vorgaben sind in diesem Zusammenhang aufgrund der geografischen Verteilung der ASEV-Verbundpartner das Bundesdatenschutzgesetz (BSDG), das Datenschutzgesetz des Landes Niedersachsen (NDSG) sowie das Hamburgische

Datenschutzgesetz (HmbDSG). Für die durchgeführte faktische Videoüberwachung kommen weitere Verordnungen hinzu, wie die zur staatlichen Videoüberwachung (§15a PolG), zur vorgeschriebenen Videoüberwachung (§6 UVV) und zur privaten Videoüberwachung (§6b BDSG als Auffanggesetz).

Zur vorgeschriebenen Eingliederung des Betriebes der ASEV Public-Key-Infrastruktur in den Betrieb des RRZN und damit in die IT-Infrastruktur der Leibniz Universität Hannover wurde eine Verfahrensbeschreibung nach dem Niedersächsischen Datenschutzgesetz (NDSG) verfasst und als Anlage für das allgemeine Datenschutzkonzept der Leibniz Universität vorbereitet. Auf der Rechtsgrundlage des §10, Abs. 1 NSDG definiert die Verfahrensbeschreibung Auftraggeber, Betroffene, Methoden der Datenverarbeitung und Art der verarbeiteten Daten, sowie den Umgang mit erhobenen Daten bezogen auf die Speicherungsdauer und Zugriffsprotokollierung. Außerdem werden bauliche und organisatorische Sicherheitsmaßnahmen definiert. Die entstehende Verordnungshierarchie besteht somit aus den Datenschutzgesetzen des Bundes und der Länder und mit zunehmender Spezialisierung dem Datenschutzkonzept der Leibniz Universität Hannover, dem Katalog der datenschutzrelevanten Verfahren bei der Leibniz Universität, sowie der konkreten ASEV-spezifischen Verfahrensbeschreibung.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Das Arbeitspaket D6 hat zum Ziel, die Architektur des ASEV-Systems nach Maßgabe der bestehenden Datenschutzgesetze und -richtlinien zu beurteilen und entsprechende Maßnahmen vorzubereiten. In diesem Zusammenhang war ein Datenschutzkonzept für das Gesamtsystem zu erarbeiten. Der BSI-Grundschutz-Katalog listet erforderliche Datenschutzaspekte auf und diente dabei als Orientierungshilfe für das zu erstellende Datenschutzkonzept. Auf Basis dieser Analyse und des erarbeiteten Datenschutzkonzepts wurden in einem zweiten Schritt die erforderlichen Maßnahmen für einen adäquaten Datenschutz abgeleitet und in einer Verfahrensbeschreibung zum Datenschutzkonzept der Leibniz Universität Hannover umgesetzt.

D7 Entwurf und Implementierung eines zentralen Logging-Dienstes (Dauer: 10 PM, RRZN)

Erzielte Ergebnisse: Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) fordert in den Maßnahmenkatalogen des IT-Grundschutz (M 4.81) ein angemessenes Logging und Auditing in IT-Netzen. Ziel dieser Maßnahmen ist es, wichtige Ereignisse und Zustände von aktiven Netzkomponenten für eine spätere Auswertung zu protokollieren, auszuwerten und zu archivieren. Ein typischer Fall, der protokoliert werden muss, sind beispielsweise ein nicht autorisierter Zugriff auf eine Systemkomponente oder ein Operator-Eingriff mit Auswirkung aus personenbezogene oder –beziehbare Daten. Eine Auswertung solcher Protokolle mit geeigneten Hilfsmitteln - auch in Echtzeit - ermöglicht zudem die Erkennung von Angriffen auf das System. Nachfolgend können dann entsprechende Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Der BSI-Standard definiert sowohl Online- als auch Offline-Auditing Verfahren. Bei der Online-Variante werden die Ereignisse in Echtzeit betrachtet und ausgewertet. Beim Offline-Auditing geschieht dies nach ihrer Protokollierung. Das Revisionsverfahren

geht einen Schritt weiter, indem die beim Offline-Auditing gesammelten Daten von mehreren unabhängigen Personen überprüft werden. Dies kann auch erfolgen, um die Arbeit von Administratoren und Operateuren, aber auch von automatischen Systemen zu kontrollieren. Das ASEV-Logging unterstützt die genannten Modi.

Das Logging wird auf allen beteiligten Komponenten des ASEV-Verbundes je nach gesetzlichen den Vorgaben, oder sofern nicht davon betroffen, nach Bedarf eingesetzt. Wesentliche Eigenschaft des Logging-Verfahrens ist die kryptografische Sicherung der Logging-Informationen, die sich in folgende Maßnahmen gliedert:

- Digitale Signatur: die loggende Entität signiert die von ihr aufgezeichneten Informationen mit dem privaten RSA-Schlüssel, der ihr in der ASEV-PKI zugeordnet wurde. Dadurch wird sichergestellt, dass die Informationen einerseits authentisch sind und der aufzeichnenden Entität später wieder exakt zugeordnet werden können.
- Verschlüsselung: alle Logging-Informationen werden verschlüsselt. Dies erfolgt mit den öffentlichen Schlüsseln der Logging-Authority, d.h. der die Logging-Informationen verwaltenden Stelle. Dies dient dem Zweck, die Informationen vor dem Zugriff Dritter zu schützen und einen Zugriff ausschließlich durch ein Mehraugen-Audit-Verfahren zu gestatten.
- Integritätssicherung: die dezentral abgelegten Logging-Informationen werden durch ein kumulatives Hash-Verfahren geschützt. Dadurch können inhaltliche Modifikation, Austausch, Reihenfolgeänderung und ähnliches detektiert werden.

Digitale Signatur: Jede Logging-information muss nachvollziehbar und revisionssicher einer Komponente zugeordnet werden können. Dazu verwendet jede Komponente den privaten Schlüssel des RSA-Schlüsselpaars der ASEV-PKI, welches ihr ausgestellt worden ist. Die loggende Entität kann entweder ein Operator oder ein sonstiger Benutzer sein. Bei Komponenten, die automatisch ablaufen, kann dies ein Prozess oder ein Host sein. Die unterschiedlich ausgestellten Zertifikate berücksichtigen diese Unterscheidung um der Zuordnungfähigkeit Rechnung zu tragen. So haben beispielsweise durch Host-Zertifikate signierte Logging-Informationen eine geringere Relevanz, als solche, die durch ein auf eine natürliche Person ausgestelltes Zertifikat signiert wurden. Die digitale Signatur wird über dem SHA-256 Hash des Textes eines Log-Eintrags erstellt.

Verschlüsselung: Die Logging-Informationen werden zur Sicherung vor dem Zugriff Dritter verschlüsselt. Dies erfolgt mit dem öffentlichen RSA-Schlüssel der zentralen Logging-Authority. Aus diesem Grunde sollten im ASEV-Logging nur solche Informationen hinterlegt werden, die aus der Gruppe der datenschutzrelevanten Ereignisse stammen. Log-Informationen, die zum Betrieb, zur operativen Fehlererkennung oder zur Systemoptimierung eingesetzt werden sollen (also solche Informationen, die typischerweise dezentral und unverschlüsselt benötigt werden), werden über andere Mechanismen

gespeichert. Die Verschlüsselung erfolgt hybrid. D. h. zunächst wird der Log-Text mit einem symmetrischen Einmalschlüssel verschlüsselt. Hierzu kommt AES zum Einsatz. Der AES-Schlüssel wird dann mit dem öffentlichen RSA-Schlüssel der Logging-Authority verschlüsselt und dem verschlüsselten Log-Eintrag beigefügt.

Integritätssicherung: Um die Log-Daten gegen jegliche Modifikation zu schützen, werden die einzelnen Informationen gekennzeichnet. Dazu wird ein kumulatives Hashverfahren mit einem Status-Hash auf Basis von SHA-256 verwendet, welcher mit jedem eingehenden Log-Eintrag erweitert wird. Der initiale Hashwert H0 ist dabei ein Zufallswert, alle weiteren hängen vom vorherigen Status-Hash und dem Hash des aktuell verarbeiteten Log-Eintrages nach dem folgenden Schema ab:

$$H_0 = \text{rnd}(2^{256})$$

$$H_x = \text{SHA}(H_{x-1}||\text{Timestamp}||\text{nonce}||\text{SHA(logtext)})$$

Der Zeitstempel (Timestamp) und der Einmalzufallswert (nonce) dienen in diesem Zusammenhang der Nachvollziehbarkeit der Reihenfolge und der Verhinderung des nachträglichen Einfügens von Log-Informationen.

Zentrale Datenhaltung: Die dezentral generierten Log-Informationen werden unmittelbar am Entstehungsort den dezentralen Sicherungsmaßnahmen (digitale Signatur, Verschlüsselung) unterzogen und über die verschlüsselte Transportstrecke zum zentralen Logging-Dienst in den Räumen des RRZN übertragen. Hier steht eine dedizierte Server-Instanz einer relationalen Datenbank, in der die Informationen verschlüsselt gespeichert werden. Dabei ist die Server-Instanz den im Rechenzentrumsbetrieb des RRZN üblichen baulichen und organisatorischen Sicherheitsmaßnahmen, sowie weiteren Sicherungsmaßnahmen (z. B. verschlüsseltes Backup) und Ausfallsicherungsmaßnahmen (z. B. unterbrechungsfreie Stromversorgung) unterworfen.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Das Ziel dieses Arbeitspakets ist es, einen Logging-Dienst zu konzipieren und zu erstellen. In diesem Arbeitspaket wird eine zentrale Instanz für die Aufzeichnung von Zugriffen auf das Gesamtsystem geschaffen, die sowohl Meldungen an die Operateure des Überwachungssystems als auch manuelle oder automatische Veränderungen an der Wissensbasis des Inferenzsystems aufzeichnet. Jede dieser Event-Meldungen wird dabei mit einem kryptographischen Hash-Verfahren gegen Manipulationen geschützt. Die in einer Datenbank abgelegten Event-Meldungen werden durch eine Schnittstelle für das Auditing von Vorgängen bereitgestellt und mit einem fein-granularen Autorisierungssystem vor unerlaubten Zugriffen geschützt. Dieser Prozess arbeitet nach dem Vieraugenprinzip, das auf der Authentifizierung der berechtigten Auditoren unter Nutzung der im Rahmen des Projekts aufgebauten Public-Key-Infrastruktur (PKI) aufbaut. Das Ziel wurde vollständig erreicht.

D8 Implementierung dezentraler Logging-Funktionalität (Dauer: 7 PM, RRZN)

Erzielte Ergebnisse: Die Bereitstellung der Logging-Funktionalität erfolgt durch eine Programmbibliothek für Linux auf Basis von OpenSSL und Apache ActiveMQ als verschlüsseltem und transaktionssicherem Transportmedium. Die Software ist in dem frei zugänglichen Repository `https://github.com/hcrypt-project/logsafe` verfügbar. Alle Softwarekomponenten können das Logging durch Integration einer leichtgewichtigen API mit minimalem Aufwand nutzen. Durch die Einheitlichkeit der technischen Schnittstellen auf Basis von VPN-Verbindungen können die anderen Sicherheitsmerkmale, wie die verschlüsselte Übertragung der Log-Informationen zum zentralen Log-Server ohne weiteren Eingriff in die Anwendungslogik transparent genutzt werden. Unverzüglich nach der Erstellung des Log-Eintrags wird dieser mit den Audit Schlüsseln verschlüsselt, sodass die geloggten Informationen weder einem Systemadministrator noch sonst einer Entität außer den Auditoren zugänglich ist.

Gegenüberstellung mit den vorgegebenen Zielen: Die Komponenten des Gesamtsystems, insbesondere die Arbeitsplätze der Operateure sowie das Inferenzsystem und die Wissensbasis werden hier erweitert, um relevante Systemzugriffe an den zentralen Logging-Dienst zu melden. Diese Erweiterung wird mittels geeigneter Logging-Softwarekomponenten mit angepasster Konfigurierung vorgenommen. Dabei werden die entsprechenden Meldungen mit einem verlässlichen Zeitstempel versehen und durch das ausstellende System signiert. Die Übermittlung an den zentralen Logging-Dienst erfolgt ausschließlich über verschlüsselte Kommunikationsverbindungen, die mittels der in Arbeitspaket S4 gebauten Public-Key-Infrastruktur erstellt werden. Die Ergebnisse der Datenschutzanalyse im Arbeitspaket D4 müssen beim Aufbau des Logging-Dienstes berücksichtigt werden, damit der Logging-Dienst datenschutzrechtlich konform bleibt. Das Ziel wurde vollständig erreicht

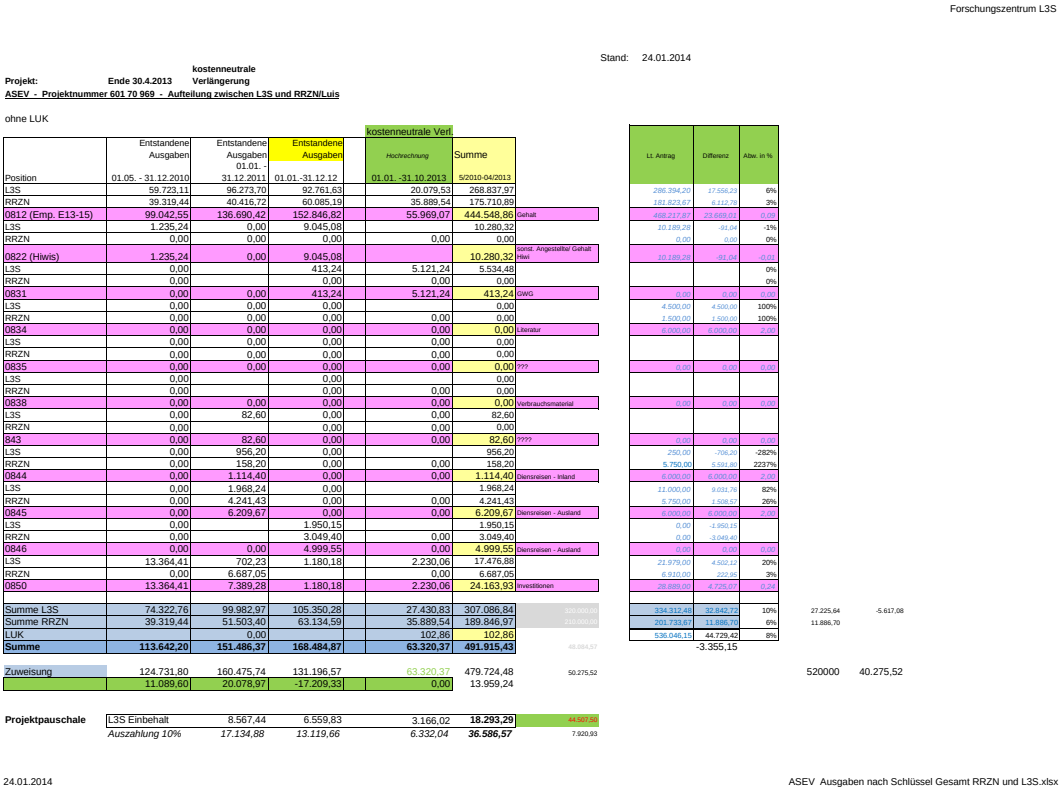
II.2 der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Ausgaben des Projektzeitraums 2012 sind für LfI-MMS und LfI-AS bereits abgerechnet und dem VDI mitgeteilt worden. Für die Ausgaben des Projektzeitraums 2013 liegen momentan nur Planungswerte vor. Die genauen Beträge werden mitgeteilt, sobald dies möglich ist.

Folgenden Positionen sind verbucht:

- Personalausgaben: 1063,6 T€
- Sachausgaben: 37,3 T€
- Investitionsausgaben: 61,8 T€

Für L3S und RRZN werden die Ausgaben in Abbildung 11 gegeben.



Forschungszentrum L3S

Stand: 24.01.2014

Projekt: **Ende 30.4.2013** **kostenneutrale Verlängerung**

ASEV - Projektnummer 601 70 969 - Aufteilung zwischen L3S und RRZN/Luis

ohne LUK

Position	Entstandene Ausgaben 01.05. - 31.12.2010	Entstandene Ausgaben 01.01. - 31.12.2011	Entstandene Ausgaben 01.01.-31.12.12	kostenneutrale Verl. Hochrechnung 01.01. -31.10.2013	Summe 5/2010-04/2013		Lt. Antrag	Differenz	Abw. in %		
L3S	59.723,11	96.273,70	92.761,63	20.079,53	268.837,97		286.394,20	17.556,23	6%		
RRZN	39.319,44	40.416,72	60.085,19	35.889,54	175.710,89		181.823,67	6.112,78	3%		
0812 (Emp. E13-15)	99.042,55	136.690,42	152.846,82	55.969,07	444.548,86	Gehalt	466.217,87	21.669,01	0,05		
L3S	1.235,24	0,00	9.045,08		10.280,32		10.189,28	-91,04	-1%		
RRZN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0%		
0822 (Hiwis)	1.235,24	0,00	9.045,08		10.280,32	sonst. Angestellte/ Gehalt Hiwi	10.189,28	-91,04	-0,01		
L3S	0,00		413,24	5.121,24	5.534,48				0%		
RRZN	0,00		0,00	0,00	0,00				0%		
0831	0,00	0,00	413,24	5.121,24	413,24	GWG	0,00	0,00	0,00		
L3S	0,00	0,00	0,00		0,00		4.500,00	4.500,00	100%		
RRZN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1.500,00	1.500,00	100%		
0834	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Literatur	6.000,00	6.000,00	2,00		
L3S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
RRZN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
0835	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	???	0,00	0,00	0,00		
L3S	0,00		0,00		0,00						
RRZN	0,00		0,00	0,00	0,00						
0838	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Verbrauchsmaterial	0,00	0,00	0,00		
L3S	0,00	82,60	0,00	0,00	82,60						
RRZN	0,00		0,00	0,00	0,00						
843	0,00	82,60	0,00	0,00	82,60	????	0,00	0,00	0,00		
L3S	0,00	956,20	0,00		956,20		250,00	-706,20	-282%		
RRZN	0,00	158,20	0,00	0,00	158,20		5.750,00	5.591,80	2237%		
0844	0,00	1.114,40	0,00	0,00	1.114,40	Dienstreisen - Inland	6.000,00	6.000,00	2,00		
L3S	0,00	1.968,24	0,00		1.968,24		11.000,00	9.031,76	82%		
RRZN	0,00	4.241,43	0,00	0,00	4.241,43		5.750,00	1.508,57	26%		
0845	0,00	6.209,67	0,00	0,00	6.209,67	Dienstreisen - Ausland	6.000,00	6.000,00	2,00		
L3S	0,00		1.950,15		1.950,15		0,00	-1.950,15			
RRZN	0,00		3.049,40	0,00	3.049,40		0,00	-3.049,40			
0846	0,00	0,00	4.999,55	0,00	4.999,55	Dienstreisen - Ausland	0,00	0,00	0,00		
L3S	13.364,41	702,23	1.180,18	2.230,06	17.476,88		21.979,00	4.502,12	20%		
RRZN	0,00	6.687,05		0,00	6.687,05		6.910,00	222,95	3%		
0850	13.364,41	7.389,28	1.180,18	2.230,06	24.163,93	Investitionen	28.889,00	4.725,07	0,24		
Summe L3S	74.322,76	99.982,97	105.350,28	27.430,83	307.086,84	320.000,00	334.312,48	32.842,72	10%	27.225,64	-5.617,08
Summe RRZN	39.319,44	51.503,40	63.134,59	35.889,54	189.846,97	210.000,00	201.733,67	11.886,70	6%	11.886,70	
LUK		0,00		102,86	102,86		536.046,15	44.729,42	8%		
Summe	**113.642,20**	**151.486,37**	**168.484,87**	**63.320,37**	**491.915,43**	48.084,57		-3.355,15			
Zuweisung	124.731,80	160.475,74	131.196,57	63.320,37	479.724,48	50.275,52				520000	40.275,52
	11.089,60	20.078,97	-17.209,33	0,00	13.959,24						
Projektpauschale	L3S Einbehalt	8.567,44	6.559,83	3.166,02	**18.293,29**	44.507,54					
	Auszahlung 10%	*17.134,88*	*13.119,66*	*6.332,04*	***36.586,57***	7.920,93					

24.01.2014

ASEV Ausgaben nach Schlüssel Gesamt RRZN und L3S.xlsx

Abbildung 11: Ausgaben von L3S und RRZN.

II.3 der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

LfI-MMS In den Aufgabenbereich des LfI-MMS fiel die Entwicklung der in dem allgemeinen Beobachtungssystem zu benutzenden High-Level-Bildverarbeitungseinheiten. Die drei wichtigsten Hauptkomponenten dabei sind:

- Objekttracking
- Objektdetektion
- Objektklassifikation

Die Notwendigkeit dieser drei Aufgaben wird im folgenden erläutert. Ein Objekttracking ist unumgänglich, da Objekte sich in einer Szene bewegen können und deren Standort einer der wichtigsten Hinweise darauf ist, den Zustand einer Situation zu bewerten bzw. ein Verständnis dafür zu erlangen, was in der Szene passiert. Eine weiterer wichtiger Faktor für die Szenebewertung ist die Identitäten der sichtbaren Objekte. Objektposition und -identität finden zusammen in der Inferenzmaschine ihre Anwendung, durch die die Bewertung der Szene vorgenommen wird. Die Objektklassifikation ergänzt die Objektdetektion, da eine Objektdetektion nicht immer möglich ist. Aufgrund ungünstiger Objektkonstellationen, wie z.B. Verdeckungen, oder falls ein Objekt nicht in der Objektdatenbank gefunden werden kann, ist es mit der Objektklassifikation möglich, das Objekt in eine Objektklasse einzuordnen und

somit über unbekannt Objekte trotzdem eine Aussage treffen zu können. Oftmals ist es für eine effektive Szenenbewertung ausreichend, die Kategorie eines Objekts zu wissen.

Der Begriff "Objekttracking" bedeutet, ein Objekt in Raum und Zeit zu verfolgen. Mit Hilfe des sog. "Motion-Split-And-Merge"-Verfahrens, das im Rahmen des ASEV-Projekts als Forschungsergebnis entwickelt wurde, ist ein solches rein merkmalbasiertes Objekttracking möglich. Die Entwicklung des Objekttrackings war angemessen, da ein Verfahren, das verlässlich bewegte Objekte auf Basis dessen Merkmale verfolgen kann, nach dem Wissen des ZEs zum Zeitpunkt des Projektstarts nicht existiert hat. In dem Verfahren wird die geometrische Kohärenz einer Merkmalsbewegung in Zeit und Raum ausgenutzt. Da die Objekte auf dem Vorfeld äußerlich unveränderlich sind, können die Distanzen der Merkmalen nur in Abhängigkeit von der relativen perspektivischen Bewegung des Objekts in Beziehung zu der Kamera ändern. Die Detektion einer kohärenten Bewegung impliziert somit die Präsenz eines bewegten Objekts. Das Objekttracking wird weiterhin durch die Benutzung der PTZ-Kameras begünstigt. Zum einen ist die Verwendung von PTZ-Kameras bezüglich der Effizienz angemessen, da eine verhältnismäßig geringe Zahl dieser Kameras aufgrund des großen Sichtfeldes ausreichend sind, um ein komplettes Flughafenvorfeld zu überwachen. Andererseits können PTZ-Kameras durch den Zoom eine große Menge Objektmerkmalen liefern, um ein verlässliches Objekttracking zu ermöglichen.

Objektdetektion heißt, über die Identität eines unbekannten Objekts zu entscheiden. Auch diese Aufgabe wird im Rahmen des Beobachtungssystem merkmalsbasiert gelöst. Objekte werden durch Merkmale beschrieben, die in einer Datenbank abgelegt sind. Durch den Vergleich von gefundenen Merkmalen einer Szene mit den Merkmalen in der Datenbank kann das Identitätsproblem gelöst werden. Die Angemessenheit der Nutzung von SIFT-Merkmalen zur Objektdetektion wird dadurch gerechtfertigt, dass einerseits die SIFT-Merkmalsextraktion qualitativ hohe Ergebnisse liefert und somit ebenfalls eine hohe Zuverlässigkeit in der Objektdetektion bietet. Andererseits wird die Systemeffizienz dadurch erhöht, dass die SIFT-Merkmalen als Eingangsinformation für mehrere Aufgaben in dem Beobachtungssystem genutzt werden. Erneut unterstützen die verwendeten PTZ-Kameras mit der Zoomfähigkeit dieses Ziel, da in vergrößerten Bildausschnitten aufgrund des höheren Detailreichtums mehr und zuverlässigere Merkmale extrahiert werden können, was sich wiederum positiv auf die Qualität der Objektdetektion auswirkt.

Mit dem Bergiff "Objektklassifikation" ist gemeint, über die allgemeine Kategorie eines Objekts zu entscheiden. Die Angemessenheit, HOG-Merkmale für die Objektklassifikation zu verwenden, ist in Anbetracht der Tatsache gerechtfertigt, dass die im Rahmen des ASEV-Projekts geleistete Forschungsarbeit zu dem Ergebnis geführt hat, dass HOG-Merkmale qualitativ bessere Ergebnisse für diese Anwendung geliefert haben als SIFT-Merkmale. Obwohl HOG-Merkmale auf einer Einteilung der Gradientorientierungen basieren, sind diese generischer als SIFT-Merkmale und ermöglichen daher eine zuverlässigere Objektklassifikation.

LfI-AS Das Thema einer Hardwareimplementierung der SIFT-Merkmalsextraktion war bis zum Zeitpunkt des Projektstarts im akademischen Umfeld nur unzureichend erforscht. Durch eine Förderung des Teilvorhabens und der damit verbundenen Forschung auf dem Gebiet der hardwarebeschleunigten Mustererkennungssysteme kann LfI-AS einen Beitrag zum aktuellen Forschungsgeschehen leisten. Das Beobachten der aktuellen Forschungslandschaft lässt klar erkennen, das bezüglich der hardwarebeschleunigten SIFT-Merkmalsextraktion momentan viele Forschungsvorhaben im Bereich der merkmalsbasierten Objekterkennung unternommen werden. Die Förderung dieses Forschungsvorhabens im Kontext der aktuellen Forschungslandschaft hat sich dementsprechend als strategisch richtig herausgestellt und ist deshalb angemessen gewesen. Die Förderung ermöglichte weiterhin den Aufbau von Basiswissen in der hardwaregestützten echtzeitfähigen Realisierung von hochqualitativen Mustererkennungsverfahren, die dem Forschungs- und Industriestandort Deutschland zugutekommen.

L3S Die Ergebnisse und Erfahrungen, die das L3S im Rahmen des ASEV Projektes auf dem Gebiet der Streaming-Inferenztechnologien gesammelt hat, werden in anderen Anwendungsszenarien weiterentwickelt. Die Verarbeitung und Analyse von Datenströmen gewinnt in letzter Zeit immer mehr an Bedeutung. Für das L3S mit seiner Web Science Ausrichtung ist die Verarbeitung von Datenströmen in sozialen Netzen, z.B. Twitter, von hoher Bedeutung um automatische auf Ereignisse reagieren zu können. Das L3S plant die Technologie in Nationalen und Europäischen Projekten weiterzuentwickeln. Entsprechend werden die ASEV Ergebnisse auch in der Lehre verwendet werden.

RRZN Alle Entwicklungsmaßnahmen waren zur Sicherstellung der Konformität zu geltenden datenschutzrechtlichen Bestimmungen zwingend erforderlich und erfüllen diese.

II.4 der voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplan

Das Ergebnis der Zusammenführung aller technischen Module ist ein funktionsfähiger Prototyp, der von allen Projektpartnern über die Projektlaufzeit hinaus zu Forschungs- oder Demonstrationszwecke genutzt werden kann. Der voraussichtliche Nutzen der entwickelten Systeme, sowohl für Software als auch für Hardware, wird im Folgenden für jeden Projektpartner separat erläutert.

LfI-MMS Die während des ASEV-Projekts gesammelten Erfahrung wie auch das Software- und Hardwarematerial werden zukünftig in andere Projekten einfließen und ausgebaut bzw. erweitert werden. Der größte Teil dieses Projekts wird in dem langfristigen Forschungsthema “Helpful Use of Surveillance Cameras” erfasst werden, das am LfI-MMS seit vielen Jahren verfolgt wird. Die Hauptantriebskraft hinter diesem Thema ist die Idee, dass erweiterte Beobachtungssysteme nicht nur

dazu genutzt werden Verbrechen zu bekämpfen, sondern auch aktiv denjenigen zu helfen, die beobachtet werden. Beispielsweise sind hier Projekte zur Sturzdetektion im Heimbereich zu nennen, um älteren Menschen zu helfen, wie auch zukünftige Projekte, die auf die Detektion von vergessenen Objekten, wie z.B. Reisegepäck oder Regenschirme, abzielen.

Gleichzeitig wird die Bibliothek genutzt werden, um die Leistung nicht nur der videoüberwachungsbasierten Projekte, sondern auch aller weiteren Projekte des Instituts für Nachrichtentechnik, die Objekterkennung-, Objekttracking-und Objektklassifikationsaufgaben thematisieren, zu modellieren und zu verbessern. Tatsächlich kann die hier entwickelte Bibliothek um eine Fülle von Anwendungen im Bereich Computer Vision erweitert werden, da ihre Implementierung generisch und flexibel gestaltet ist.

Diverse wissenschaftliche bzw. technische Teil- und Endergebnisse, die während des ASEV-Projekts gewonnen werden konnten, resultierten in Konferenz- und Journalveröffentlichungen. Zusätzlich sind zwei Dissertationen und mehrere Studentenarbeiten ermöglicht worden. Eine Dissertation wurde mit dem Titel "*Keypoint-Based Object Segmentation*" von Dr.-Ing. Ralf Dragon (jetzt in Zürich) im März 2013 vorgelegt, das zweite Promotionsvorhaben wird in den folgenden Monaten abgeschlossen sein. Beide Promotionen werden die internationale Sichtbarkeit der Leibniz Universität Hannover erhöhen. Tatsächlich wird sich das LfI-MMS langfristige Forschung in Computer Vision und Artificial Intelligence aufgrund der durchgeführten Arbeit und der gewonnen Ergebnisse in ASEV-Projekt leisten können. Die Liste der während des Projekts vorgelegten Veröffentlichungen bezieht sich auf §II.6. Durch das Mitwirken einiger Studenten konnte ein wesentlicher Beitrag zu aktuellen Bildverarbeitungsverfahren in Form von am Institut betreuten Bachelor- und Masterarbeiten ermöglicht werden. Somit hat das ASEV-Proejtk einen entscheidenden Beitrag zur Studentenausbildung beigetragen.

- Aitor Aldoma, *SIFT Object Tracking for Surveillance Sequences*, Diplomarbeit 2008
- Frank Saul, *Evaluation von Verfahren zur bildpunktweisen Segmentierung auf Basis von Merkmalskorrespondenzen*, Diplomarbeit 2012
- Sergi Segura-Morros, *3D Object Detection and Pose Estimation using Feature Descriptor Regression in a Bayes' Framework*, Diplomarbeit 2012

Sieben Hilfswissenschaftler sind darüber hinaus zur Entwicklung der notwendigen Software eingestellt werden.

LfI-AS Eine Studie entsprechend den Projektzielen mit dem Ergebnis, dass sich die SIFT-Hardware als anwendungsspezifische integrierte Schaltung (engl.: ASIC) realisieren lässt, ist durchgeführt worden. Die hardwarebeschleunigte merkmalsbasierte Objekterkennung liegt als Konzept vor und kann somit als Machbarkeitsstudie für sog. "Smart Cameras" interpretiert werden.

Für energiekritische Anwendungsszenarien der merkmalsbasierten Objekterkennung, wie sie im Rahmen dieses Vorhabens gegeben waren, sind Low-Power-Lösungen unumgänglich. Die vorliegende Konzeptstudie zeigt, dass sich der SIFT-

Algorithmus als Prozessor mit anwendungsspezifischem Instruktionssatz unter entsprechenden Leistungsanforderungen abbilden lässt.

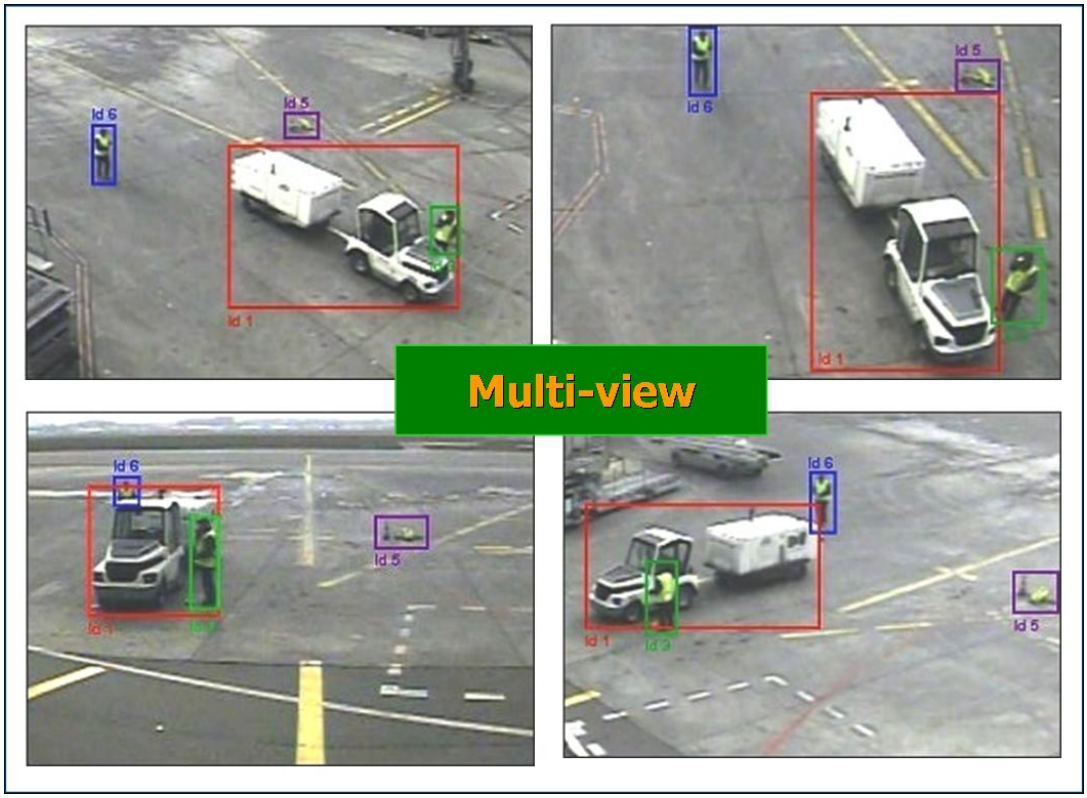
Die erarbeitete Hardware-Architektur kann als Grundlage für die Umsetzung weiterer Anwendungen aus dem Bereich der Objekterkennung (z.B. Verkehrs-Monitoring, zivile Sicherheitstechnik und Fahrerassistenzsysteme) dienen, die auf dem SIFT-Tracking basieren. Das erarbeitende Wissen lässt sich gewinnbringend ausbauen, was einerseits zu einem Zugewinn an potentiellen Abnehmern für eine Smart Camera brächte, andererseits aber auch in der Forschung neue Anwendungsszenarien erschließen könnte.

Die aktuelle Marktsituation zeigt einen erkennbaren Trend in Richtung Smart Cameras. Erste Produkte dieser Kameras sind heutzutage erhältlich, allerdings mit wenigen grundlegenden Bildverarbeitungsalgorithmen. Eine frühzeitige Positionierung in Richtung Kameras mit einer Prozessierung komplexer Bildverarbeitungsalgorithmen, wie z.B. die SIFT-Merkmalsextraktion, böte ein Alleinstellungsmerkmal auf dem Markt und somit einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Mitanbietern von Smart Cameras. Es ist anzumerken, dass Objekterkennung anhand SIFT-Merkmale nicht anpassungsfrei für alle entsprechenden Szenarien automatisch die beste Methode ist. Je nach Anwendungsfeld ist abzuwägen, ob die Prinzipien der merkmalsbasierten Objekterkennung geeignet für die Applikation sind.

RRZN Die erzielten Erkenntnisse dienten im RRZN als Teil von Lehrveranstaltungen über IT-Sicherheit, die von der Distributed Computing & Security Group durchgeführt wurden. Darüber hinaus ist die entstandene Software frei verfügbar und unterliegt so der bewährten Qualitätskontrolle der Open-Source-Gemeinde. Außerdem sind so die Wiederverwendung in anderen Projekten und die Weiterentwicklung des gewählten Ansatzes sichergestellt.

II.5 des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während des ASEV-Projekts hat sich der ZE mit den Inhalten des früheren Europäischen Forschungsprojekt “AVITRACK” beschäftigt. [23]. Das AVITRACK-Protjekt war ein IST-FP6 Europa-Projekt in Zusammenarbeit mit Silogic S.A. Toulouse (Frankreich), University of Reading (Vereinigtes Königreich), CCI Aeroport Toulouse Blagnac (Frankreich), Fedespace (Frankreich), Tekever LDA, Lisbon (Portugal), ARC Seibersdorf research GmbH, Wien (Österreich), Technique Universities, Vienna (Österreich), IKT (Norwegen) and Euro Inter (Frankreich). Die Projektlaufzeit ist der Februar 2004 bis März 2006 gewesen. Forschungsgegenstand des Projekts war die Algorithmenentwicklung zur Erkennung von Dienstleistungsaktivitäten an geparkte Flugzeuge auf einem Flughafenvorfeld. Das Vorfeld wurde mit acht festen Überwachungskameras observiert um Aktivitäten wie die z.B. die Ankunft oder Abfahrt von Bodenfahrzeugen, das Auftanken oder das Einladen von Gepäck zu erkennen. Obwohl das Szenarienmodell sehr komplex war und viele Objekte, zusammengefasste Komponenten und zeitliche Bedingungen beinhaltete, war die



Menge der Kameras, die notwendig waren, um alle mögliche Situationen abzudecken, sehr viel größer als die Anzahl der Kameras, die im ASEV-Projekt genutzt wurden. Ohne das Nutzen der PTZ-Kameras hätte auch im ASEV-Projekt das gesamte Vorfeld ständig beobachtet werden müssen. Weiterhin ist kein Reasoning im AVITRACK-Projekt verwendet worden, da alle Situationen, gefährlicher Natur oder nicht, bezüglich der Objekte und der Standorte vordefiniert waren und daher diesbezüglich keine Interaktion mit dem Operateur möglich war, um die Regelbegrenzungen anzupassen. Im Folgenden wird ein Screenshot der Ergebnisse des AVITRACK-Projekts gezeigt.

II.6 der erfolgten oder geplanen Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6

LfI-MMS Im Rahmen des ASEV-Projekts wurden mehrere Veröffentlichungen auf viele hochkarätigen internationalen Konferenzen aus dem Bereich des Computer Vision und in wissenschaftlichen Zeitschriften getätigt. Im Folgenden wird eine Liste dieser Veröffentlichungen in chronologischer Reihenfolge gegeben:

- R. Dragon, C. Dolar, J. Ostermann, M. Rieger, H. Blume, F. Abel, P. Kärger, “Intelligente Videoüberwachung”, UniMagazin, Vol. 3, 2010

- R. Dragon, B. Rosenhahn, J. Ostermann, “Multi-Scale Clustering of Frame-to-Frame Correspondences for Motion Segmentation”, ECCV 2012

- R. Dragon, M. Fenzi, W. Siberski, B. Rosenhahn, J. Ostermann, "Towards Feature-Based Situation Assessment for Airport Apron Video Surveillance" Theoretic Foundations of Computer Vision: Outdoor and Large-Scale Real-World Scene Analysis, 2012

- M. Fenzi, R. Dragon, L. Leal-Taixé, B. Rosenhahn, J. Ostermann, "3D Object Recognition and Pose Estimation for Multiple Objects using Multi-Prioritized RANSAC and Model Updating", DAGM 2012

- R. Dragon, J. Ostermann, L. Van Gool, "Robust Realtime Motion-Split-And-Merge for Motion Segmentation", DAGM 2013

- M. Fenzi, L. Leal-Taixé, B. Rosenhahn, J. Ostermann, "Class Generative Models based on Feature Regression for Pose Estimation of Object Categories", CVPR 2013

Zum Projektende ist weiterhin eine umfassende Veröffentlichung für März 2014 geplant, die die gemeinsame Arbeit der vier Partner der Leibniz Universität thematisiert.

LfI-AS Eine Projektvorstellung im Bereich der intelligenten Videoüberwachung ist in dem Unimagazin der Leibniz Universität Hannover (Ausgabe 3/04, 2010) zum Thema „Forschungsinitiative Sicherheit" mit allen Uni-internen Projektpartnern veröffentlicht worden:

- R. Dragon, C. Dolar, J. Ostermann, M. Rieger, H. Blume, F. Abel, P. Kärger, "Intelligente Videoüberwachung", Unimagazin Leibniz Universität Hannover, Vol. 2010, No. 03/04, March 2010, pp. 34 - 3

Im Rahmen des ASEV-Projektes plant das LfI-AS zwei abschließende Publikationen. Die erste Publikation wird die ASIP-Implementierung mit Instruktionssatzerweitung zur Beschleunigung der Bildverarbeitung thematisieren. Das Paper soll zur "International Conference on Embedded Computer Systems" (Samos, Griechenland, Juli 2014) eingereicht werden. Ein gemeinsames Paper mit den Projektpartnern der Leibniz Universität Hannover ist darüberhinaus in Vorbereitung. Die Präsentation und Evaluation des Gesamtsystems steht hier im Vordergrund, wobei jeder beteiligt Projektpartner einen Beitrag zur jeweiligen Projektaufgabe verfassen wird. Das Paper wird zur "International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance" (Seoul, Südkorea, August 2014) eingereicht werden.

L3S

- Nguyen, Tu Ngoc & Siberski, Wolf; SLUBM: An extended LUBM Benchmark for Stream Reasoning; In: Proc. of 2nd International Workshop on Ordering, Reasoning, co-located with the 12th International Semantic Web Conference (ISWC 2013); CEUR Workshop Proceedings; 2013

III Dem Schlussbericht ist als Anlage ein kurzgefasster Erfolgskontrollbericht beizufügen, der nicht veröffentlicht wird. Dieser muss darstellen:

III.1 den Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen, z.B. des Förderprogramms - (ggf. unter Angabe des Schwerpunkts) - soweit möglich ist

Das BMBF fördert im Rahmen des Sicherheitsforschungsprogramms “Forschung für die zivile Sicherheit” innovative Lösungen, die die Sicherheit der Bürger verbessern, ohne ihre Freiheit einzuschränken. Das Verbundprojekt ordnet sich in das Themenfeld “Mustererkennung” ein, das zur Programmlinie 2 (Technologieverbünde, neuartige Technologien) des Forschungsprogramms gehört.

Die Realisierbarkeit von komplexen Objekt- und Mustererkennungsalgorithmen in Echtzeit mit Unterstützung von Hardwarebeschleunigern, die durch dieses Vorhaben bestätigt wurden, erfüllen die geforderten förderpolitischen Ziele. Durch die Arbeit an der hardwaregestützten Beschleunigung der SIFT-Merkmalsextraktion und die damit verbundene Forschung an der architekturspezifischen Modifikationen der Algorithmen konnte technologisches Basiswissen über die merkmalsbasierte Objekterkennung selbst und weiterhin über programmierbare Architekturen zur Beschleunigung von rechenintensiven Algorithmen der digitalen Bildverarbeitung aufgebaut werden. Ein neues sicherheitsrelevantes System, hier in Form des Demonstrators, hat sich im Testlauf auf dem Flughafen Braunschweig bewährt. Die Hardwareimplementierung spielt bei dem Demonstrator eine entscheidende Rolle, da die verlustleistungsrelevanten Rahmenbedingungen für spätere energiekritische Anwendungen nur durch entsprechende verlustleistungsarme Hardwarebeschleuniger erfüllt werden können.

Die zivile Sicherheit soll innerhalb des Forschungsprogramms erhöht werden ohne die Freiheit der Bürger einzuschränken. Der Minimalkonsens in diesem Anwendungsfall ist daher das anonyme Erkennen einzelnen Personen als allgemeine Objektklasse. Bestimmte Objekte wie z.B. Flugzeuge können dagegen eindeutig wiedererkannt werden. Das Bereitstellen der SIFT-Merkmale zur weiteren Verarbeitung kann ohne das eigentliche Bildmaterial erfolgen, sodass entsprechend der Weiterverarbeitung zwangsläufig keine einzelnen Personen erkannt werden, aber dennoch die Sicherheit erhöht wird. Mit dem Verwerfen des Bildmaterials nach der SIFT-Merkmalsextraktion können datenschutztechnische Vorgaben, wie z.B. die Problematik des Überwachens einzelnen Personen, in vielen Fällen eingehalten werden.

III.2 das wissenschaftliche-technische Ergebnis des Vorhabens, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen

LfI-MMS Im Folgenden werden die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Vorhabens des LfI-MMS beschrieben. Die Ergebnisse können von zwei Standpunkten

aus betrachtet werden:

- Technische Ergebnisse, die Code- und Softwareentwicklung bedingen,
- Wissenschaftliche Ergebnisse, die die Softwareleistung bedingen.

Beide Aspekte sind wichtig, um den Erfolg des Projekts zu bewerten.

In Bezug auf technische Ergebnisse waren zwei Ziele von Interesse. Angesichts der Echtzeitvoraussetzungen des Projekts sind sämtliche Aufgaben sowohl in Hardware als auch in Software optimiert worden, um Echtzeitfähigkeit zu gewährleisten.

Die am meisten rechenintensiven Aufgaben sind die Extraktion und Anpassung der SIFT-Features. In Bezug auf Feature-Extraktion erlaubt die Software zwischen einer GPU-Implementation oder der Benutzung des vom LfI-AS implementierten SIFT-Boards zu wählen, falls dieses verfügbar ist. In beiden Fallen ist die benötigte Zeit zur Extraktion ausreichend gering, dass dies eine Echtzeitrealisierung sogar für strukturierte Szenen erlaubt, bei der die Anzahl der Features in der Größenordnung mehrerer Tausend ist. In Bezug auf die Anpassung der Features, entsprechend Lowes Paper, wird jedes Feature an seinen nächsten Nachbarn im Testbild angepasst, solange das Verhältnis zwischen der Distanz zu dem nächsten Nachbarn und dem zweiten nächsten Nachbarn unter einer vordefinierten Grenze ist. Auch wenn die euklidische Distanz keine rechenintensive Aufgabe ist, liegt das Hauptproblem in der hohen Dimensionalität der Features. Die Wahl fiel auf einen probabilistischen Algorithmus, der k-d Bäume mit einer Best-Bin-First-Suche benutzt. Obwohl k-d Bäume effiziente Datenstrukturen für die Suche sind, die einen multidimensionalen Suchschlüssel benötigen, sinkt ihre Geschwindigkeit im Falle von hochdimensionalen Räumen. Die Benutzung einer angenäherten Nächste-Nachbarn-Suche (Best Bin First) erhält die Effizienz des k-d-Bäume-Ansatzes und resultiert in höherer Geschwindigkeit. Die Kombination von hardwarebasierter (entweder durch GPU oder SIFT-Board) Feature-Extraktion und softwarebasierter Feature-Anpassung erlaubt eine Echtzeitumsetzung für diese zwei Aufgaben.

Die andere wichtige Aufgabe der Implementierung der Software ASEV ist die hierarchische Kombination von Threads. Das System besteht aus mehreren synchronen und asynchronen Threads:

- Initialisierung des Systems
- Kalibrierung der Kameras
- Bewegungsdetektion
- Objekttracking
- Objektdetektion
- Objektklassifikation
- Objektspeichern

Die ersten zwei Threads, Initialisierung des Systems und Kalibrierung der Kameras, sind asynchrone Threads, die einmal durchlaufen werden, wenn das System gestartet wird. Der zweite wird in Form von einem Skript integriert, sodass er direkt von anderer Software wiederbenutzt werden kann, sobald eine Kamerakalibrierung notwendig ist.

Bewegungsdetektion, Objekttracking, -detektion und -klassifikation sind die vier Hauptthreads der Software ASEV. Sie sind synchron, damit ASEV ein Multi-Threaded-System wird. Bewegungsdetektion ist immer aktiv, um die Szene zu kontrollieren und die Präsenz von sich bewegenden Objekten zu detektieren. Sobald ein sich bewegendes Objekt gefunden wird, startet es den Objekttrackingthread. Dieser Thread hat die Aufgabe des Trackings des sich bewegenden Objekts, wenn es sich in der Szene bewegt. Auch hat dieser Thread die Nebenaufgabe der Bestimmung der Information über die Identität des Objekts. Der Mechanismus, der die Synchronisation zwischen dem Bewegungsthread und dem Trackingthread regelt, ist derart, dass falls im Bewegungsthread eine besonders gefährlichen Bewegung detektiert wird, der Trackingthread gestoppt werden kann und die Aufgabe erhält, dem anderen sich bewegenden Objekt zu folgen. Die Threads von Objektdetektion und -klassifikation werden asynchron vom Objekttracker gestartet. Die Objektdetektion ist aktiv in jedem Bild. Die aus dem sich bewegenden Blob extrahierten Features werden gegen die Objektdatenbank verglichen. Da die Zeitanforderungen dieser Aufgaben nicht hoch sind, kann dies in jedem Bild durchgeführt werden. Die Objektklassifikation startet, falls die Detektion ausfällt, und sie ist der zweite Versuch zur Bestimmung von Informationen bezüglich des unbekannten sich bewegenden Objekts. Der Klassifikationsthread läuft asynchron, wahrend das Objekt noch verfolgt wird. Dies ist notwendig, da das Klassifikationsmodul in MATLAB implementiert wird und seine Leistung nicht echtzeitfähig ist.

Objektspeichern ist der letzte asynchrone Thread, der den Operateur die neu gefundenen Objekte in die Datenbank speichern lässt, sodass sie in dem nächsten Lauf des Systems verfügbar gemacht werden.

Diese Architektur gewährleistet, dass die Systemleistung gleichzeitig auf Echtzeitaufgaben und Modularität ausgelegt wird. Letztere war der zweite Erfolg bezüglich der technischen Entwicklung der Software ASEV. Das Ziel der Modularität in der Software ASEV basiert auf dem Konzept, dass jeder einzelne Partner seine einzelnen Teile sowohl für verschiedene Zwecke als auch weitere Forschung und Entwicklung wiederverwenden kann. Alle Komponenten, die oben erwähnt worden sind, sind profiliert worden, sodass sie eigenständig sind und ihre Integration in andere Software transparent ist. Dies ist durch ein umsichtiges Design aller Schnittstellen erreicht worden. Zum Beispiel ist das Modul zur Feature-Extraktion flexibel, da es Features unter Nutzung vieler verschiedener Techniken extrahieren kann and es den Deskriptor unter Nutzung vieler verschiedener Methoden berechnen kann, aber immer mit derselben Schnittstelle, sodass es transparent gegenüber dem Rest des Programms ist.

In Bezug auf wissenschaftliche Ergebnisse sollen zwei verschiedene Aspekte aufgezeigt werden. Der erste bedingt wissenschaftliche Veröffentlichungen, während der zweite die eigentliche Leistung des entwickelten Systems ASEV einbezieht.

Hierbei sind insbesondere zwei Veröffentlichungen zu erwähnen. Die erste, “Robust Realtime Motion-Split-And-Merge for Motion Segmentation”, beschreibt das wissenschaftlichen Verfahren, das zur Bewegungsdetektion benutzt wird. Dieses Verfahren benutzt unabhängig erkannte Merkmale statt der gewöhnlich benutzen Tracklets oder Trajektorien, und es erlaubt Korrespondenzen über nicht-fortlaufende Bilder, sodass konsistent Objektverdeckungen und Aufteilungen bearbeitet werden können. Auf einer Bild-zu-Bild-Basis wird der klassische “split-and-merge” Algorithmus zur schnellen und präzisen Bild-zu-Bild-Motion-Segmentierung ergänzt. Global werden mehrere Bild-zu-Bild-Motion-Segmentierungen auf verschiedenen Zeitskalen mit einer exakten Bewertung der Anzahl der Bewegungen gruppiert. Die zweite Veröffentlichung “Class Generative Models based on Feature Regression for Pose Estimation of Object Categories”, ist zur Posenschätzung der Objekte benutzt worden. Beide Veröffentlichungen sind ein Fazit der in die Entwicklung der Software ASEV investierten wissenschaftlichen Anstrengungen.

In Bezug auf wissenschaftliche Ergebnisse müssen mehrere Aspekte der Systemleistung berücksichtigt werden. Der erste wichtige Aspekt ist die Betriebszuverlässigkeit des Systems. Betriebszuverlässigkeit bezieht sich auf die Fähigkeit des Systems, sich zu erholen im Fehler- oder Absturzfall, oder sogar bei unvorhersagbaren Ereignissen, z.B. Blackouts. Das wahrscheinlichste Ereignis, das während der Versuche im Laboratorium und im Testlauf in Braunschweig aufgetreten ist, ist ein Trackingfehler. Trackingfehler treten meistens auf, wenn die Prädiktion der künftigen Position des Objekts falsch ist. Das Prädiktionsmodul ist mit Echtzeitfähigkeit als Hauptziel implementiert worden, weshalb die Fehlerrate etwa größer als mit erweiterten Bewegungsprädiktoren ist. Trotzdem ist die Leistung durch die Nutzung eines konservativen Ansatzes vergrößert worden. Dies wird beim Halten des Zoomfaktors auf einem geringeren Wert erreicht, sodass das Objekt, auch wenn nicht im Zentrum des Bildes, noch sichtbar ist. Dies gestaltet sich als nützlich während des Testlaufs in Braunschweig, wo fast alle Fahrzeuge verfolgt worden sind, solange sie sich auf dem Vorfeld bewegten. Für den Fall von Trackingfehlern ist eine Wiederherstellungsmaßnahme entworfen worden. Die Kamera zoomt heraus, bis das Objekt wieder im Bildfeld ist. Dies benötigt eine kürzere Zeit, und angesichts der geringeren Geschwindigkeiten der sich auf dem Vorfeld bewegenden Objekte ist dies ausreichend. Im Falle von problematischeren Fehlern wie Systemabstürzen läuft ein Watchdogprozess fortlaufend im Hintergrund, sodass das System automatisch neu gestartet werden kann.

Allerdings ist der wichtigste Aspekt die Systemleistung in Form von Tracking, Detektion und Klassifikation. Um zu demonstrieren, dass das System tatsächlich verfolgen, detektieren und klassifizieren kann, ist eine Folge von Tests in verschiedenen Konditionen und verschiedenen Umgebungen gemacht worden. Alle Tests haben sehr gute Ergebnisse in den drei Aufgaben erzielt. In den Abbildungen **??**, **??**, **??** und **??** werden einige visuelle Ergebnisse des Systems im Rahmen der Versuche im Flughafen Braunschweig gezeigt.

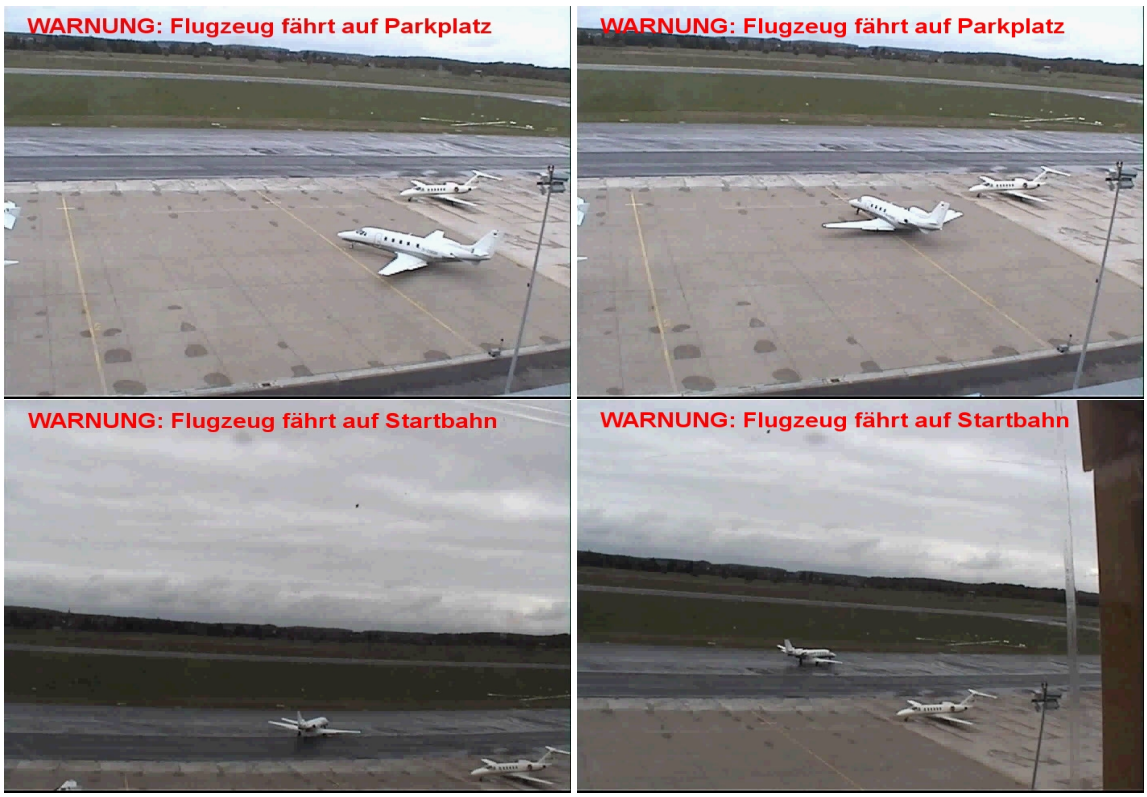


Abbildung 12: Erste Sequenz.

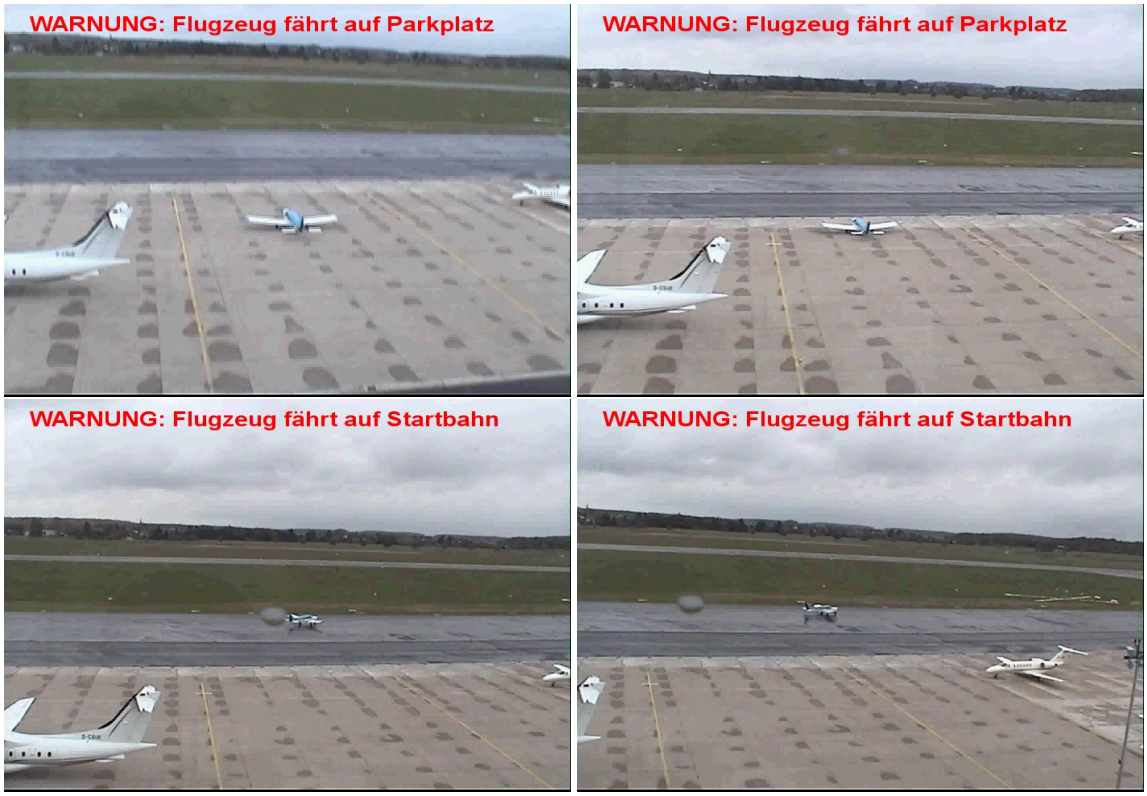


Abbildung 13: Zweite Sequenz.

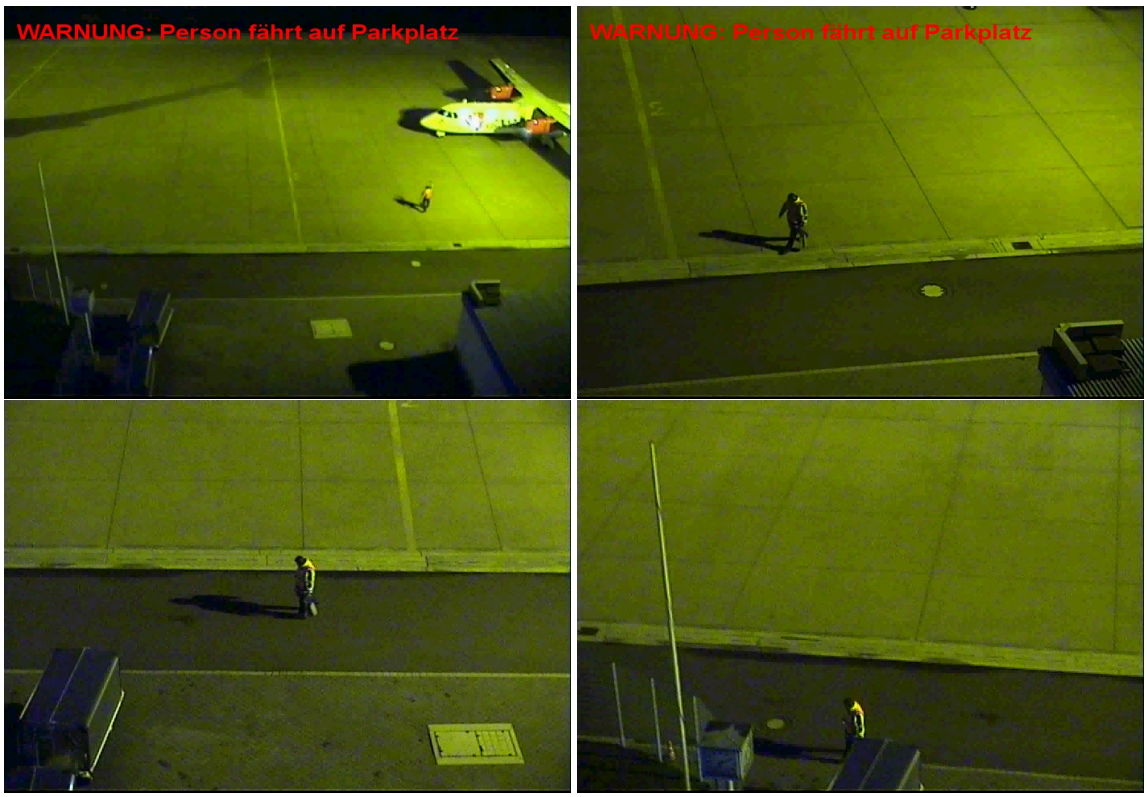


Abbildung 14: Dritte Sequenz.

Abbildung 15: Vierte Sequenz.

Die ersten zwei Sequenzen zeigen die Leistung des Systems ASEV mit Flugzeugen. Es wird gezeigt, dass das System gegenüber verschiedenen Typen von Flugzeugen robust ist und es zwischen verschiedenen Bereichen unterscheiden kann. Die letzten zwei Sequenzen zeigen die Leistung des Systems ASEV mit Personen. In der dritten Sequenz wird gezeigt, dass das System gegenüber sehr geringer Beleuchtung robust ist, während in der letzten Sequenz die Fähigkeit des Systems, zwischen verschiedenen Personen umzuschalten, gezeigt wird.

Bezüglich der Leistung können mehrere Kriterien berücksichtigt werden, um das im Projekt ASEV entwickelte System zu bewerten. Da das System ASEV die Aufgaben Tracking und Detektion leistet, ist es wichtig, diese Aufgaben einzeln und jeweils detailliert zu berücksichtigen.

Zuerst ist zu erwähnen, dass das System sich als geringfügig empfindlich gegenüber Beleuchtungsänderungen herausgestellt hat. Bei abrupten Wetteränderungen, zum Beispiel wenn die Sonne voll sichtbar wird, treten Schatten auf, die den Bewegungsdetektor stören.

Bezüglich der Detektion wird die Leistungsbewertung in Form der Konfusionsmatrix des Klassifikators für die drei Klassen, die im beim System ASEV benutzten Klassifikator vorgesehen sind, in Tabelle **??** angegeben.

Objekt in der Szene \ Ausgabe des Klassifikators	**Person**	**Flugzeug**	**Fahrzeug**	**Kein Objekt**
Person	72.5%	3.4%	0%	24.1%
Flugzeug	10%	70%	0%	20%
Fahrzeug	25%	0%	50%	25%
Kein Objekt	5%	7%	0%	88%

Tabelle 2: Die Konfusionsmatrix des Klassifikators

In den Zeilen der Konfusionsmatrix sind die Leistungen des Klassifikators für die jeweiligen Objekte eingetragen. Zum Beispiel klassifiziert der Klassifikator, wenn eine Person in der Szene ist, diese korrekt in 72.5%, klassifiziert sie fälschlich als ein Flugzeug in 3.4% oder findet keine passende Kategorie in 24.1% der Fälle. Die letzte Zeile beschreibt die Leistung für die False Positives des Klassifikators. Dies bedeutet, dass, wenn nichts in der Szene ist, der Klassifikator "Kein Objekt" in 88% der Fälle ausgibt, während er "Person" in 5% und "Flugzeug" in 7% der Fälle erkennt. Es ist anzumerken, dass das Ergebnis für Flugzeuge und Personen sehr gut ist. Auf der anderen Seite liegt der Grund der mittelmäßigen Leistung für Fahrzeuge im Unterschied zwischen den Trainingsbildern des Klassifikators und dem echten Fahrzeugtyp auf dem Flughafenvorfeld. Ein Beispiel wird in Abbildung**??** gegeben. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Leistung des Klassifikator stark von den

Trainingsdaten abhängt. Es wurde die Trainingsdatenbank benutzt, die zusammen mit dem MATLAB-Code des Deformable-Part-Model-Verfahrens bereitgestellt wird[3]. Die Trainingsdatenbanken für Flugzeuge und Personen enthalten Bilder, die sehr ähnlich zu dem sind, was am Flughafen Braunschweig aufgenommen wurde. Aber die Braunschweiger Flughafenfahrzeuge unterscheiden sich sehr von den Beispielen in der Trainingsdatenbank der Fahrzeuge.

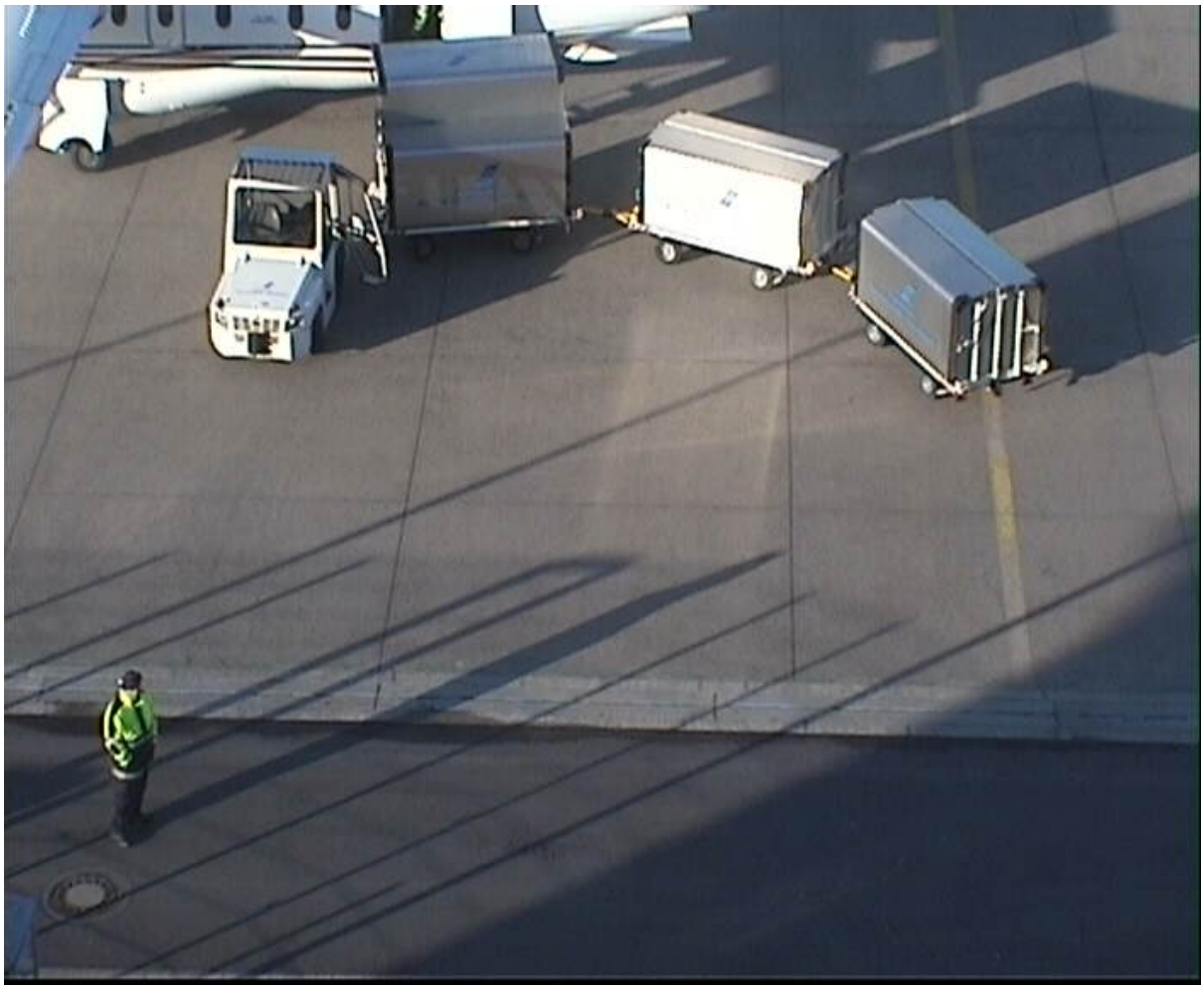


Abbildung 16: Spezialisiertes Fahrzeug für Flughäfen.

Bezüglich des Trackings ist die Leistung am Flughafen Braunschweig nach die folgenden Maßstäben evaluiert worden:

- Precision
- Recall
- Durchschnittliche Dauer des korrekten Trackings
- Durchschnittliche Rate der verlorenen Trackings

[3]http://www.cs.berkeley.edu/ rbg/latent/

Precision ist als $\frac{TP}{TP+FP}$ definiert, wobei TP True Positive bedeutet, d.h. wenn ein Objekt sich bewegt und von dem System ASEV detektiert wird, und FP False Positive bedeutet, d.h. wenn sich kein Objekt in der Szene bewegt, aber etwas von dem System detektiert wird. Nach unseren Flughafentests erreicht das System einen Precision-Wert von 60%. Dieser Wert wird hauptsächlich von der obengenannten Anfälligkeit gegenüber Wetteränderungen verursacht. Recall ist als $\frac{TP}{TP+FN}$ definiert, wobei FN False Negative bedeutet, d.h. wenn ein Objekt sich bewegt, aber es nicht von dem System detektiert wird. Nach der Auswertung der am Flughafen Braunschweig geleisteten Experimente erreicht Recall einen bemerkenswert hohen Wert von 95%. Um die Trackingleistung weiter zu analysieren, berücksichtigten wir die durchschnittliche Dauer des korrekten Trackings, definiert als die Anzahl fortlaufender Bilder, in denen das Objekt von der PTZ-Kamera verfolgt wird, und die durchschnittliche Rate der verlorenen Trackings. Bezüglich der durchschnittlichen Dauer des korrekten Trackings kann das System ASEV ein Objekt fortlaufend für durchschnittlich 10,4 Bildern verfolgen, während die durchschnittliche Rate der verlorenen Trackings 25% ist. Bezüglich dieses relativ hohen Werts ist zu erwähnen, dass das Tracking für große Objekte wie Flugzeuge und Fahrzeuge fast immer perfekt ist, während das Tracking für Personen schwieriger ist. Der Grund liegt in der Kombination von schnelleren und abrupteren Bewegungen, die von Personen auf dem Flughafenvorfeld gezeigt werden, und dem geringeren Komplexitätsgrad des Bewegungsprediktors.

Trotz der insgesamt sehr zufriedenstellenden Leistung des Systems ASEV bezüglich der Klassifikation, Erkennung und des Trackings sind einige Schwachstellen nach der Testphase gefunden worden. Diese sollen in Angriff genommen werden, wenn das System oder einige seiner Komponenten in weiteren Projekten benutzt werden. Wie schon erwähnt kann der Bewegungsdetektor von abrupten Beleuchtungsveränderungen irregeführt werden. Daher wäre ein Mechanismus, der das System unabhängig von Wetterbedingungen macht, nützlich zur Steigerung der Leistung. Ein weiterer wichtiger Aspekt, der verbessert werden kann, ist die Bewegungsprädiktion des Trackers. Das einfache, konstante Bewegungsmodell, das hier benutzt worden ist, um für Echtzeitfähigkeit des Systems zu sorgen, ist nicht leistungsfähig genug, um den zukünftigen Ort des sich bewegenden Objekts korrekt zu prädizieren, da die Bewegungen komplex und oft abrupt sind. Eine Methode, die ein umfangreicheres Bewegungsmodell berücksichtigt, zum Beispiel unter der Nutzung vorheriger Bilder, könnte bessere Ergebnisse produzieren, und dennoch Echtzeitfähigkeit erlauben. Außerdem kann eine Implementation des Klassifikators in C/C++ die Klassifikation beschleunigen und damit mehr Klassifikationsversuche während der Trackingszeit erlauben.

LfI-AS Im Folgenden werden die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Vorhabens des Projektpartners LfI-AS dargelegt. Neben der entwickelten Architektur zur hardwaregestützten SIFT-Merkmalsextraktion sind die durch die angewendete Methodik entstandenen Software-Modelle und die damit abgebildeten Entwicklungsstadien der letztendlichen Hardware ebenfalls ein wesentlicher Teil der Ergebnisse.

Der SIFT-Merkmalsextraktor ist neben einer Vielzahl anderer ein möglicher und dabei besonders leistungsfähiger Merkmalsextraktor, der zur merkmalsbasierten

Objekterkennung genutzt werden kann. Nach momentanem Forschungsstand liefert der Algorithmus qualitativ hochwertige Ergebnisse, hat im Vergleich aber auch die längste Berechnungszeit pro Merkmal.

Viele Merkmalsextraktoren bestimmter Algorithmenklassen sind mehrstufig aufgebaut und unterscheiden sich nur in bestimmten Teilen in ihrer Berechnungsvorschrift. Ein modularer Aufbau der Softwarearchitektur mit definierten Modulschnittstellen bietet den Vorteil, einzelne Module zwecks Optimierung oder Wechsel der Merkmalsextraktor schnell austauschen zu können. Die im Projekt entstandenen Implementierungen sind daher alle nach dem Toolboxen-Prinzip aufgebaut (siehe Abbildung **??**). Der in der Berechnung vierstufige SIFT-Merkmalsextraktor ist in die IMS-Scale Space- und IMS-SIFT-Toolbox unterteilt. Jede Toolbox besteht dabei aus mehreren Modulen, die definierte Parameter zur Vereinheitlichung der Schnittstellen aufweisen. Jedes Modul ist wiederum ist drei Schritten aufgebaut. Nach einem Initialisierungsschritt folgt der eigentlich Prozessierungs- und abschließend ein Deinitialisierungsschritt. Dieses Prinzip ermöglicht ein schnelles Austauschen der Toolboxen bzw. Module, um Optimierungen durchzuführen oder den Merkmalsextraktor von SIFT zu einem anderen zu wechseln.

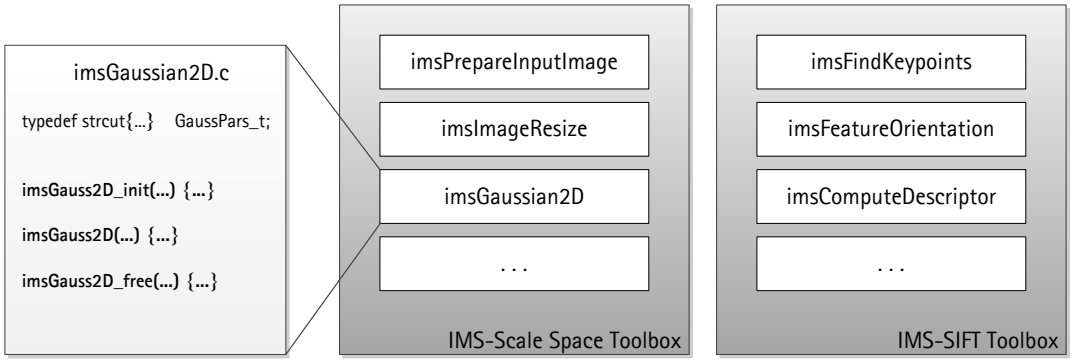


Abbildung 17: Toolboxen-Prinzip der Software. Jeder Berechnungsabschnitt setzt sich aus definiertem Parametersatz zur Schnittstellenvereinheitlichung sowie aus einem speziellen Initialisierungs-, Prozessierungs- und Deinitialisierungsschritt zusammen.

Aktuelle Forschungsprojekte im Bereich der digitalen Bildverarbeitung bringen oftmals zu späten Projektzeitpunkten erhebliche algorithmische Modifikationen mit sich. Eine flexible Entwicklungsumgebung ist daher wichtig, damit algorithmische Änderungen schnell in den Hardwareentwurf übernommen werden können. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden hat das LfI-AS in enger Zusammenarbeit mit dem LfI-MMS eine gemeinsame Merkmalsextraktionsschnittstelle erarbeitet, die einen schnellen Austausch von Merkmalsextraktoren garantiert (siehe Abbildung **??**). Sobald das LfI-MMS-Gesamtsystem SIFT-Merkmale eines Frames anfordert, wird über einen festgelegten Parameter entschieden, welche der möglichen Merkmalsextraktoren aufgerufen wird. Neben einer Referenzimplementierung stand in diesem Vorhaben u.a. eine SIFT-GPU-Variante zur Verfügung. Durch einheitliche

Schnittstellen sind nicht nur SIFT-Merkmale möglich, sondern weitere Formen von Merkmalsextraktoren können integriert werden. Das LfI-AS hat zu dieser Schnittstelle zwei verschiedene Varianten beigetragen. Zum einen steht eine Software-Variante (IMSSIFT_SW) zur Verfügung, die das exakte Verhalten der SIFT-Hardware abbildet. Anhand dieser Implementierung können optimierte LfI-AS-SIFT-Varianten schnell im LfI-Gesamtsystem evaluiert und gegebenenfalls angepasst werden. Weiterhin existiert ein Parameter, der die Implementierung der hardwaregestützte SIFT-Merkmalsextraktion (IMSSIFT_HW) festlegt. Das ASEV-Board wird dabei direkt angesprochen. Die nötige Kommunikation zwischen Host PC und der SIFT-Hardware ist in die IMSSIFT_HW-Schnittstelle integriert, sodass im LfI-MMS-Gesamtsystem keine weiteren Anpassungen vorgenommen werden müssen. Die erreichte Flexibilität der Schnittstelle garantiert eine schnelle Verifikation neuer Optimierungen im Gesamtsystem. Weitere Merkmalsextraktoren können bei Einhalten der Schnittstelle direkt eingefügt und evaluiert werden.

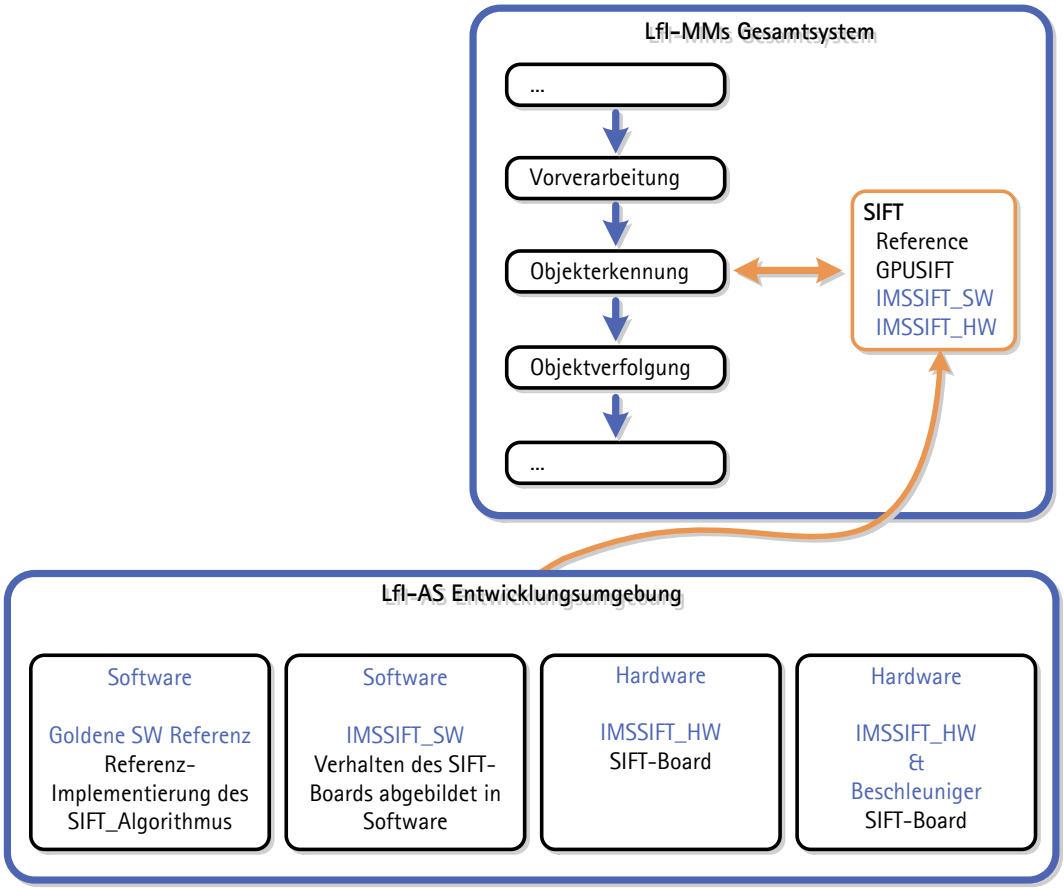


Abbildung 18: Integration der Schnittstelle zur Merkmalsextraktion, um einen schnellen Wechsel bestimmter Merkmalsextraktoren zu garantieren.

Das im Verlauf des Vorhabens entwickelte ASEV-Board besteht aus mehreren

Funktion	Beschleunigungsfaktor im Vergleich zur Softwarereferenz	Anmerkung
Arkustangens	x844	Polynomiale Approximation mit Octantenselektor
Integer-Quadratwurzel	x16	Iterative Suche nach der größten ganzen Zahl kleiner des exakten Ergebnisses
Sinus, Cosinus	x945	Zwei-stufige Polynomapproximation

Tabelle 3: Approximierte arithmetische Funktionen mit Beschleunigungsfaktor im Vergleich zu der Softwarereferenz.

Komponenten, die in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen Projektpartnern entwickelt wurden.

Das LfI-MMS-Gesamtsystem realisiert die High-Level-Bildverarbeitung und fordert zu einem bestimmten Zeitpunkt während der Bildverarbeitung SIFT-Merkmale an (siehe Abbildung **??**). Der Funktionsaufruf greift auf die Kommunikationsschnittstelle zwischen Host PC du ASEV-Board zu. Neben dem eigentlich zu verarbeitenden Bild werden zusätzliche Parameter für die SIFT-Merkmalsextraktion übergeben. Das OnChip-Framework ist durch den Projektpartner ProDesign realisiert worden. Neben dem Prozessor mit anwendungsspezifischem Instruktionssatz und Hardwarebeschleunigern befindet sich auf dem ASEV-Board die Kommunikationsschnittstelle und entsprechender Speicher zur Bildverarbeitung. Bei dem programmierbaren Prozessor handelt es sich um den lizenzpflichtigen Prozessor Xtensa LX4 von Tensilica (mittlerweile zu Cadence zugehörig). Alle Komponenten auf dem ASEV-Board sind über das Open Core Protokoll (OCP) miteinander verknüpft.

Der Tensilica Prozessor Xtensa LX4 ist speziell für die SIFT-Merkmalsextraktion bezüglich Cachegröße, Busbreite, Floatingpoint-Unit sowie für Dividierer- und Multipliziereinheit konfiguriert. Durch sogenannte Tensilica Instruction Extensions (TIEs) ist der Prozessor zusätzlich erweitert worden. Die entwickelten Erweiterungen lassen sich in zwei Klassen einteilen. Zum einen sind TIEs entwickelt worden, die den Datenfluss beschleunigen (TIE_LOAD, TIE_SHIFT, TIE_STORE), um die volle Busbreite ausnutzen zu können. Eine beschleunigte Pixelverarbeitung wird dadurch möglich. Zum anderen sind arithmetische Operationen in TIEs approximiert worden. Die approximierten Funktionen ermöglichen eine deutlich schnellere Berechnung im Vergleich zur referenzimplementierung. Eine Übersicht ausgewählter Funktionsapproximationen findet sich in Tabelle **??** wieder. Nicht für alle implementierten Approximationen lassen sich eindeutige Beschleunigungsfaktoren angeben, da erhebliche Umstellungen in der Softwarestruktur notwendig gewesen sind, die einen fairen Vergleich verhindern.

Insgesamt sind während des Vorhabens neben der C-Referenz drei weitere

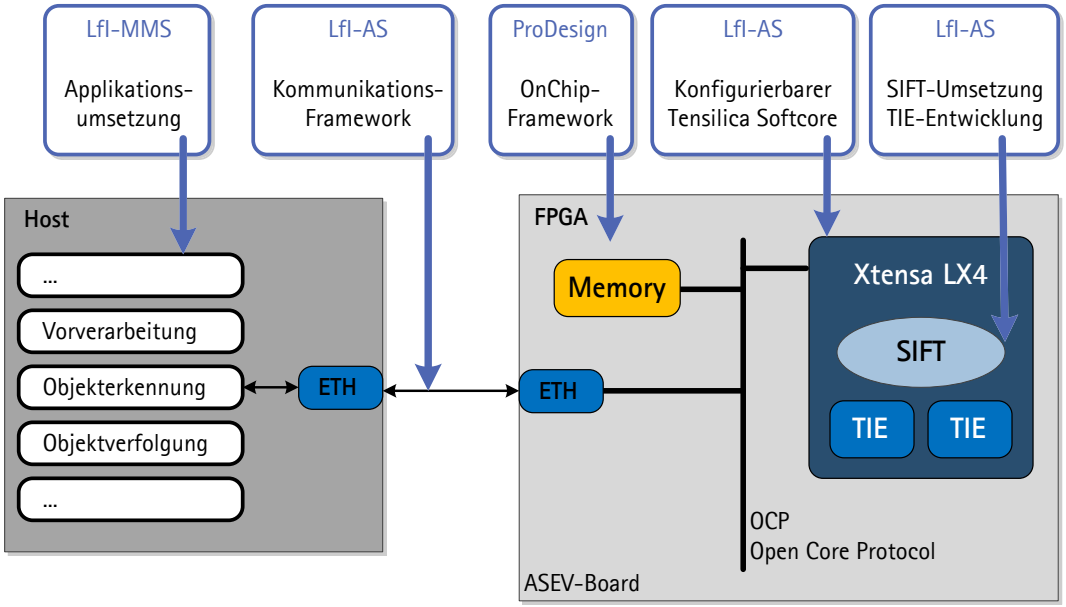


Abbildung 19: Dargestellt ist das in diesem Vorhaben entwickelte Gesamtsystem mit einzelnen Komponenten des ASEV-Boards und den beteiligten Projektparten.

SIFT-Implementierungen mit jeweils unterschiedlicher Prozessorvariante entwickelt worden, die die verschiedenen Entwicklungsstadien widerspiegeln. In Tabelle **??** sind die verschiedenen Varianten aufgelistet.

Die Bewertung der SIFT-Hardware und die daraus ermittelten Beschleunigungsfaktoren des Gesamtsystems im Vergleich zur Referenz-Implementierung sind anhand der Konfigurationen in Tabelle **??** ermittelt worden. Es konnte ein Gesamtbeschleunigungsfaktor von 170 gegenüber der SIFT-Referenzimplementierung erzielt werden. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich der Beschleunigungsfaktor zwischen den verschiedenen Implementierungen mit steigender Spezialisierung auf den Anwendungsfall deutlich erhöht. Weiterhin lassen sich die extrem hohen Beschleunigungsfaktoren in der Vorverarbeitungs- und Bildpyramidenstufe durch sehr reguläre Berechnungsvorschriften erklären. Ein niedriger Kontrollaufwand ermöglicht zusätzlich das Erreichen der ermittelten Werte. Dem gegenüber stehen kleinere Beschleunigungswerte in der zweiten und dritten Berechnungsstufe. Hier ist ein extrem hoher Kontrollaufwand zur Berechnung nötig, die eine schnellere Berechnung auf dem angepassten Prozessor verhindern.

Im Verlauf des Projekts ist ein zweites Demosystem aufgebaut worden, um einerseits algorithmische Fortschritte erzielen sowie die SIFT-Hardware in das Gesamtsystem integrieren zu können. Die beiden existenten Demosysteme sind komplett identisch und unterscheiden sich nur in der Hardwarekonfiguration des Host Computers. Das zweite Demosystem ist zum Testlauf am Flughafen Braunschweig genutzt worden und ist noch über die eigentlich Projektlaufzeit hinweg für weitere Testreihen am Flughafen Braunschweig geblieben. Das ASEV-Board

Konfiguration	Software	Hardware
C-Referenz mit Basis-Core (Referenzkonfiguration)	C-Referenz ohne prozessorspezifische Anpassungen	Basiskonfiguration
C-Referenz mit optimiertem Core	C-Referenz ohne prozessorspezifische Anpassungen	Speziell für die SIFT-Merkmalsextraktion angepasster Prozessor
HW-Code mit optimiertem Core	Prozessorspezifische Anpassungen im C-Code	Speziell für die SIFT-Merkmalsextraktion angepasster Prozessor
HW-Code mit optimiertem Core und TIEs	Prozessorspezifische Anpassungen im C-Code	Speziell für die SIFT-Merkmalsextraktion angepasster Prozessor mit Hardware-Beschleuniger

Tabelle 4: Übersicht über die verschiedenen SIFT-Implementierungen mit unterschiedlichen Prozessorvarianten.

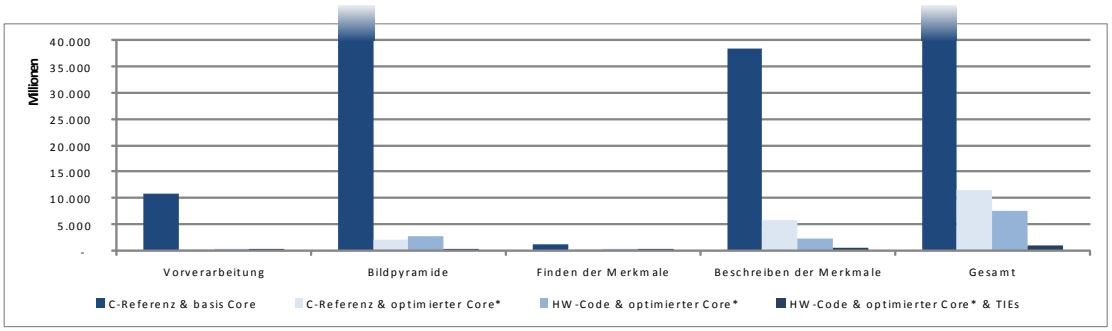


Abbildung 20: Profiling verschiedener Implementierungen und erreichter Beschleunigungsfaktor gegenüber der Referenz SIFT-Implementierung.

konnte bis zum Testlauf des Gesamtdemonstrators nur unter Laborbedingungen getestet werden. Mit der Inbetriebnahme des Demonstrators am Flughafen Braunschweig durch alle beteiligten Gruppen, ist es gelungen, das ASEV-Board erfolgreich in das Gesamtsystem zu integrieren und somit zum erfolgreichen Testlauf des Gesamtsystems beizutragen.

L3S Das L3S hat im Laufe des Projektes zunächste eine Flughafen-Ontologie zur Representation des Wissen über die Sicherheit auf dem Vorfeld eine Flughafens beispielhaft am Beispiel des Flughafens Braunschweig entwickelt. Diese kann für zukünftige Anpassungen an andere Flughäfen als sinnvoell Basis verwendet werden. Die Ontologie wurde in RDF-Schema und unter Einsatz des Protegé Tools somit mit Standardwerkzeugen des SemanticWeb entwickelt.

Für das Datenstromorientierte Inferenzsystem wurde der auf Forward Chaining basierende Rete-Algorithmus wurde erweitert, um für jeden abgeleiteten Fakt die Abhängigkeiten zu anderen Fakten zu erfassen und in einem Index zu speichern. Hiermit können effizient Fakten aktualisiert werden, wenn z.B. die Position eines Objektes sich geändert hat. Da sämtliche abgeleiteten Fakten gespeichert bleiben, ist eine Aktualisierung des Wissensnetzes effizient möglich.

Zur Evaluation des Inferenzsystem wurde ein Standardtest für Inferenzsysteme, der Lehigh University Benchmark (LUBM), zu einem strombasierten Test erweitert. LUBM basiert auf einer Ontologie, die eine Universität beschreibt. Um den Benchmark in einem strombasiertes Szenario einzusetzen, wurde die Datengenerierung um eine temporale Dimension erweitert. Die Erweiterung eines etablierten Standardbenchmarks ermöglicht es, das zukünftig weitere Entwicklungen auf dem Gebiet stromorientieren Inferenzsystem besser bzgl. Ihrer Leistungsfähigkeit verglichen werden können. Damit wurde ein wichtiger Beitrag für die weitere Entwicklung auf diesem Gebiet geleistet.

Zur Übersetzung der vom Inferenzsystem erkannten Regelverletzungen in natürliche Sprache wird aus der formalen Regel, mit Hilfe einer formalen Übersetzungsregel eine fertige Meldung generiert, die den Sachverhalt anhand der konkreten Objekte der Regelüberschreitung beschreiben. Abschließend wird diese Information an das Bildverarbeitungssystem übergeben, in dem ein Overlaybild generiert wird, das sowohl die Meldung zeigt, als auch das betreffende Objekt markiert.

RRZN Die erzielten technischen Ergebnisse und Erkenntnisse im Bereich der sicheren Datenübertragung in verteilen Systemen gestatten einen Einsatz der Projektergebnisse in zukünftigen Infrastrukturen, deren Anforderungsprofil durch hohe Übertragungsraten und kurze Latenzen gekennzeichnet ist. Insbesondere die Entscheidung zugunsten verschlüsselter Punkt-zu-Punkt-Verbindungen begünstigen diese Vorteile im Gegensatz zu dynamisch aufgebauten Verbindungen mit häufigem Schlüsselaustausch und häufiger gegenseitiger Authentifizierung. Die Verwendung etablierter und standardisierter Sicherheitskomponenten in hochgradig modularer Zusammensetzung bietet hier zusätzlich die Möglichkeit, zukünftige Anwendungen leichter den erforderlichen Gegebenheiten anzupassen. Die individuellen Entwicklungen im Bereich des signierten und verschlüsselten Loggings setzen ebenfalls weitestgehend auf Standardverfahren, was Verschlüsselung und Transport betrifft und bilden die projektspezifischen Kernkomponenten, die den vorherigen Stand der Technik erweitern, als leichtgewichtige Softwareschicht mit schmalen Schnittstellen an.

III.3 die Fortschreibung des Verwertungsplan

Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte

Es gab keine Erfindung und keine Schutzrechtsanmeldung ist vorausgesehen worden.

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)

Die erfolgreichen Ergebnisse des Projekts ASEV haben nachgewiesen, dass die

manuelle Überwachung in hohe Maße durch den Einsatz einer automatischen Situationsauswertungsystems sinnvoll verbessert werden kann. Die semi-automatische Auswertung ermöglicht eine grosse Verbesserung in der Produktivität und Auswertungsqualität.

Die wirtschaftliche Aussicht des entwickelten prototypischen Systems und die dahinterstehende Technologie basieren hauptsächlich auf einer Interaktion mit dem Projektpartner Orfix. Orfix ist aktiv in dem Markt von Software- und Hardwareprodukten zur Videoüberwachung, und erhofft mit den ASEV Ergebnissen den Markt für videobasierte Prozessoptimierung an Flughäfen und auch auf Bahnhöfen, in Häfen und weiteren Logistikzentren zu erschließen.

Bereits geplante Großprojekte lassen den Schluss auf einen zumindest mittelfristigen Bedarf des entwickelten Videoüberwachungssystems zu. Dazu wird es notwendig sein, die in diesem Projekt gewonnen Entwicklungsergebnisse jeweils branchenspezifisch zu adaptieren, um nach Durchführung von Referenzprojekten die Markterweiterung sicherzustellen.

Nach der erfolgreichen Demonstration der erarbeiteten Techniken zeigt sich der Flughafen Hannover interessiert an einer Umsetzung des Systems für die Nutzung auf dem gesamten Flughafenvorfeld. Die Implementierung der gewünschten Funktionalitäten lassen sich durch eine einfache Ergänzung der ASEV Architektur einfach umsetzen. Damit steht eine kostengünstige Alternative zu anderen System bereit, wie sie bereits auf anderen Flughäfen z.B. Frankfurt, installiert wurden.

Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)

Mehrmals im Jahr stellt LfI-MMS ihre Ergebnisse auf den folgenden Messen vor:

- CeBit
- Techbuffet
- IdeenExpo

Die Ergebnisse des ASEV Projekts werden auf den kommenden Messeveranstaltungen vorgestellt werden.

Seit viele Jahre präsentiert die Forschungsgruppe LfI-MMS ihre Ergebnisse auch an der von der Leibniz Universität organisierten Veranstaltung “Die Nacht, die Wissen schafft”. Diese Veranstaltung bietet die Möglichkeit die Schüler und Studenten für Wissenschaft und Ingenieurwissenschaft zu interessieren, und somit langfristig guten Studenten und Mitarbeiter für dem Forschungsbereich Mustererkennung und automatischen Szeneauswertung zu gewinnen.

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse

Im Rahmen des ASEV Projektes wurde anwendungsorientiert Forschung für das spezifische Szenario Flughafenvorfeldsicherheit betrieben. Es wird deshalb

erwartet, dass die wissenschaftlichen Ergebnisse in relativ kurzer Zeit in ein kommerzielles Produkt einfließen. Die Projektergebnisse sind allerdings nicht auf das Flughafenszenario beschränkt, sondern lassen sich mittelfristig auch in für anderen Anwendungsbereiche anpassen.

Die Ergebnisse ASEV Projektes werden ebenfalls in das wissenschaftliche Projekt "Helpful Use of Cameras" einfließen, das das Ziel hat, aus Überwachungskameras Nutzen in alltäglichen Situationen zu ziehen. Beispielsweise ist eine Sturzerkennung von kalibrierten Kameras und ASEV sehr einfach und sicher zu realisieren, z.B. wenn ein Objekt als Mensch klassifiziert und die Objekthöhe sehr gering ist, handelt es sich um eine zu meldende Situation.

III.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

LfI-MMS Während des Projekts ASEV haben zwei geplante Forschungsrichtungen zu keinem erfolgreichen Ergebnis geführt:

1. 3D-Rekonstruktion durch SIFT-Features;

2. Klassenkategorisierung durch SIFT-Features.

In Bezug auf dem ersten Punkt muss festgestellt werden, dass die Außenfläche der Flugzeuge und Fahrzeuge im Allgemeinen keine Textur hat, weil die Färbung einfarbig ist und sich Außenwerbungen schnell mit der Zeit ändern. Da die Extraktion der SIFT-Features mit der Menge der Texturen der Objektfläche, die sie beschreiben, eng verbunden ist, ist es schwierig diesen Typ von Objekten zu beschreiben. Desweiteren braucht die 3D-Rekonstruktion nicht nur eine große Menge sondern auch stabile Merkmale. Stabil bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die gleiche Merkmale in vielen fortlaufenden Bilder auftreten. Theoretisch wird dieses durch das Aufnehmen von hochauflösenden Bildern von allen Seiten des Objekts gelöst. Das Problem in dem konkreten Szenario ist, dass das Flughafenvorfeld aus Datenschutz- und Sicherheitsgründen für die Projektpartner nicht einfach erreichbar war. Trotz alledem hat dieses die korrekte Funktionsfähigkeit der Projektsoftware nicht beeinflusst, weil das Ziel der 3D-Rekonstruktion, d.h. die Möglichkeit die Pose und weitere 3D-Größen des Objektzustands zu finden, durch einfachere geometrische Beweise gelöst worden ist.

In Bezug auf dem zweiten Punkt, d.h., das Ziel Objekte zu klassifizieren, mit anderem Worten, die allgemeine Kategorie des Objekts durch SIFT-Features zu detektieren, hat die Arbeit in dem Projekt ASEV zu keiner Lösung geführt. Der Hauptgrund ist, dass SIFT-Features zu spezifisch für jedes Einzelobjekt sind. Diese Eigenschaft macht SIFT extrem nutzbar und robust, wenn es um die Erkennung von Einzelobjekten geht. Es erschwert gleichzeitig eine Generalisierung der Detektionsaufgabe. Um dieses Problem zu lösen, ist ein anderes Verfahren, nämlich DPM, in diese Software eingeführt worden. Dieses Verfahren nutzt auch Gradientorientierungen, verwendet aber einen SVM-Klassifikator anstatt einen spezifischen Nearest-Neighbor-Klassifikator, der eine verlässlichere Klassifikation der Fahrzeuge und Personen garantieren kann.

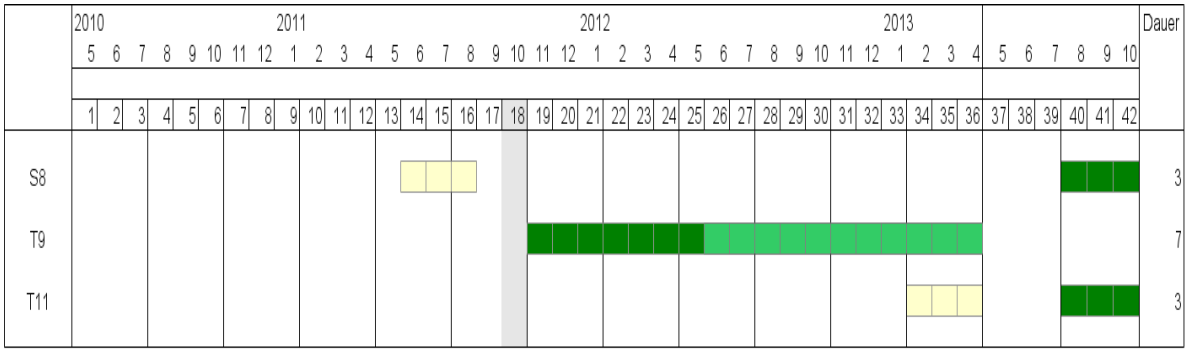
III.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer - z.B. Anwendungskonferenzen (Angaben, soweit die Art des Vorhabens dies zulässt)

Als Präsentationsmöglichkeit für mögliche Nutzer steht der Abschlussvortrag des Teilvorhabens TV3-LfI-AS und LfI-MMS (Generierung, Verarbeitung und Sicherung von Wissen aus der Szene) zur Verfügung. In der Präsentation werden auf die Methodik zur Softcore-Umsetzung digitaler Bildverarbeitungsalgorithmen, die Funktion den entwickelten Hardware-Beschleuniger und die damit verbundenen Projektergebnisse sowie auf die Konzeptstudie zu Smart Cameras eingegangen. Der Vortrag liegt dem Projektträger vor.

III.6 die Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

In Bezug auf die Ausgabenplanung haben sich keine zusätzlichen Ausgaben im Vergleich zur ursprünglichen Planung ergeben.

In Bezug auf die Zeitplanung wurde eine Verlängerung von 6 Monaten (von April bis Oktober 2013) notwendig. Zuerst konnte das erforderliche Bildmaterial erst im November 2012 am Flughafen Braunschweig aufgenommen werden. Außerdem war das Personal des Flughafens für mehrere Monate mit der Einrichtung einer neuen EDV-Anlage und der Verlängerung der Startbahn beschäftigt, sodass es nicht möglich war, eine geeignete Unterstützung zu erhalten. Darum musste die Testphase am Ende des Projektes verschoben werden. Im Folgenden wird eine aktualisierte Zeitplanung für die verschobenen Pakete gezeigt. Die Pakete S8 und T11 sind verschobenen worden, und dies wird in gelbe zu grün gezeigt. Paket T9 ist verlängert worden und das wird in hellgrün gezeigt. Die hier ungenannte Pakete wurden nach der originalen Zeitplanung ergänzt.



IV Mit dem Schlussbericht ist außerdem eine "Kurzfassung" (Berichtsblatt) des wesentlichen fachlichen Inhalts des Schlussberichts nach den dem Zuwendungsbescheid beigefügten "Hinweisen zur Ausfüllung des Berichtsblattes" vorzulegen

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung)
geplant	Schlussbericht

3. Titel

Automatische Situationseinschätzung für ereignisgesteuerte Videoüberwachung (ASEV)
Generierung, Verarbeitung und Sicherung von Wissen aus der Szene (ASEV-GVS)

4. Autoren

Prof. Dr.-Ing. Jörn Ostermann
M. Sc. Michele Fenzi
Dr. Michael Brenner
Prof. Dr.-Ing. Holger Blume
Dipl.-Ing. Nico Mentzer
Dr. Thomas Risse

5. Abschlussdatum des Vorhabens
31.10.2013

6. Veröffentlichungsdatum
geplant

7. Form der Publikation
Fachzeitschrift

8. Durchführende Institutionen

Leibniz Universität Hannover:
- Institut für Informationsverarbeitung, Appelstr. 9A, 30167 Hannover
- Forschungszentrum L3S, Appelstr. 9A, 30167 Hannover
- Institut für Mikroelektronische Systeme, Appelstr. 4, 30167 Hannover
- RRZN, Schloßwender Str. 5, 30159 Hannover

9. Ber. Nr. Durchführende Institution
3.2

10. Förderkennzeichen
13N10719

11. Seitenzahl
71

12. Fördernde Institution (Name, Adresse)

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
53170 Bonn

13. Literaturangaben
23

14. Tabellen
3

15. Abbildungen
19

16. Zusätzliche Angaben

17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)

18. Kurzfassung

Auch wenn die Benutzung von Videoüberwachungssystemen zur öffentlichen und privaten Sicherheit und Beobachtung sich stetig vergrößert, werden Videoauswertung und -analyse noch manuell geleistet. Dies führt zu einer großen Ineffizienz wegen der eintönigen Art der damit verbundenen Aufgaben, und die intensiven Beobachtung über einen längeren Zeitraum ist gleichzeitig problematisch aus Datenschutzgründen.
Das Projekt ASEV setzt sich mit beiden Problemen gleichzeitig auseinander durch die Integration einer automatischen Situationseinschätzung in ein gewöhnliches Videoüberwachungssystem. Zum einen zielt es die Aufmerksamkeit des Operateurs durch Systemmeldungen zu erregen und erhöhen, um die Beobachtung bedeutend zu verbessern und die Fehlerrate zu verringern. Zum anderen werden Sicherheitsprobleme verhindert, weil die Informationsströme zu einem bestimmten Empfänger weitergeleitet werden können, und die Identität und Aktivität eines Operateurs rückverfolgbar werden.
Das im Projekt entwickelte System ist das Resultat der Kombination von drei Bestandteilen: eine neue High-Level-Bildverarbeitungseinheit, eine neue spezialisierte Hardwarekomponente, und eine anwendungsspezifische Inferenzmaschine. Die Bildverarbeitungsalgorithmen sind verantwortlich für das stabile Tracking der Objekte über lange Zeiträume sowie deren Klassifikation in generelle Kategorien. Die Hardwarekomponente ist notwendig, um zu gewährleisten, dass die Bildverarbeitungseinheit in Echtzeit funktionieren kann. Die Inferenzmaschine verwendet die von der Bildverarbeitungseinheit erzeugten Daten, um die aktuelle Situation mit einer Menge von Referenzregeln zu vergleichen, und benachrichtigt dann den Überwachungsoperateur auf einem Doppelwegkanal. Außerdem werden Informationen über Datennutzung und die ganze Aktivität des Operateurs gespeichert, wobei Datenpfade kryptographisch gesichert werden und Daten derart verschlüsselt worden, dass auf sie nur von vorbestimmten Systemen zugegriffen werden können.
Die erfolgreichen Ergebnisse des Projekts ASEV weisen nach, dass eine manuelle Überwachung in hohem Maße durch den Einsatz einer automatischen Situationsauswertungeinrichtung verbessert werden kann. Sogar eine semi-automatische Auswertung ermöglicht sehr große Verbesserungen in Produktivität und Auswertungsqualität. Die wirtschaftliche Aussicht des entwickelten prototypischen Systems und die dahinterstehende Technologie basiert hauptsächlich auf einer Interaktion mit dem Projektpartner Orfix. Nach der erfolgreichen Demonstration der erarbeiteten Techniken ist der Flughafen Hannover interessiert in der Entwicklung einer fortschrittlicher Anwendung, die für das ganze Flughafenvorfeld benutzt werden wird. Abschließend werden die wissenschaftlichen Ergebnisse des Projekts ASEV in die kommenden Veranstaltungen von CeBit, Techbuffet, IdeenExpo, "Die Nacht, die Wissen schafft" präsentiert werden.

19. Schlagwörter

Videoüberwachungssystem, automatisch, ereignisgesteurt, Objekterkennung, Objektklassifikation, Objektverfolgung
Posenschätzung, Inferenz, SIFT, FPGA, PKI

20. Verlag

21. Preis

Literaturverzeichnis

[1] N. Ukita and T. Matsuyama, "Real-time cooperative multi-target tracking by communicating active vision agents," *Computer Vision and Image Understanding*, 2005.

[2] B. Rosenhahn, R. Klette, and G. Sommer, "Silhouette based human motion estimation," *DAGM Symposium*, 2004.

[3] H. Zhou, Y. Yuan, Y. Zhang, and C. Shi, "Non-rigid object tracking in complex scenes," *Pattern Recogonition Letters*, 2009.

[4] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," *International Journal of Computer Vision*, 2004.

[5] P. F. Felzenszwalb, R. B. Girshick, D. McAllester, and D. Ramanan, "Object detection with discriminatively trained part based models," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2010.

[6] D. G. Lowe, "Method and apparatus for identifying scale invariant features in an image and use of same for locating an object in an image." Patent, 2004. US 6.711.293.

[7] K. Cordes, B. Rosenhahn, and J. Ostermann, "Localization accuracy of interest point detectors with different scale space representations," in *IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME)*, 2014. submitted.

[8] Y. Wang, "Real-time moving vehicle detection with cast shadow removal in video based on conditional random field, circuits and systems for video technology," *IEEE Transactions*, 2009.

[9] X. Ma, F. Bashir, A. Khokhar, and D. Schonfeld, "Event analysis based on multiple interactive motion trajectories, circuits and systems for video technology," *IEEE Transactions*, 2009.

[10] S. Hauck, T. W. Fry, M. M. Hosler, and J. P. Kao, "The chimaera reconfigurable functional unit," *Trans. VLSI Systems*, 2004.

[11] A. Lodi, M. Toma, F. Campi, A. Cappelli, R. Canegallo, and R. Guerrieri, "A vliw processor with reconfigurable instruction set for embedded applications," *Journal of Solid-State Circuits*, 2003.

[12] J. M. Arnold, "S5: the architecture and development flow of a software configurable processor," *Proc. Int. Conf. on Field-Programmable Technology*, 2005.

[13] PACT XPP Technologies: `http://www.pactxpp.com`.

[14] E. Della Valle, S. Ceri, D. F. Barbieri, D. Braga, and A. Campi, "A first step towards stream reasoning.," in *FIS*, 2008.

[15] E. Della Valle, S. C. Ceri, D. Braga, I. Celino, D. Frensel, F. van Harmelen, and G. Unel, "Research chapters in the area of stream reasoning," in *In Proceedings of the 1st International Workshop on Stream Reasoning (SR2009), Heraklion - Crete, Greece, June 2009*, 2009.

[16] M. Garofalakis, J. Gehrke, and R. Rastogi, *Data Stream Management: Processing High-Speed Data Streams (Data-Centric Systems and Applications)*. Springer-Verlag New York, Inc., 2007.

[17] G. Mühl, L. Fiege, and P. Pietzuch, *Distributed Event-Based Systems*. Springer-Verlag New York, Inc., 2006.

[18] D. L. McGuinness and F. van Harmelen, "OWL web ontology language overview," tech. rep., 2004.

[19] N. Pohlmann and H. F. Blumberg, *Der IT-Sicherheitsleitfaden : [das Pflichtenheft zur Implementierung von IT-Sicherheitsstandards im Unternehmen]*. mitp, 2006.

[20] N. P. Smart, V. Rijmen, B. Warinschi, and G. Watson, "Algorithms, key sizes and parameters report [2013 recommendations]," tech. rep., ENISA, 2013.

[21] C. J. Matheus, K. Baclawski, and M. M. Kokar, "Basevisor: A triples-based inference engine outfitted to process ruleml and r-entailment rules," 2006.

[22] D. F. Barbieri, D. Braga, S. Ceri, E. Della Valle, and M. Grossniklaus, "C-sparql: A continuous query language for rdf data streams," *International Journal of Semantic Computing*, 2010.

[23] `http://www-sop.inria.fr/members/Francois.Bremond/topicsText/avitrackProject.html`.