Schlussbericht zu Nr 8.1

ZE: **Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG.**
Entwicklung / Technologie Management
Fischbachstrasse 16
90552 Röthenbach

Förderkennzeichen: **13N9310**

Vorhabensbezeichnung:

„Verbundprojekt: Passive THz-Videokamera für Sicherheits-anwendungen (THz-Videocam)

Teilvorhaben: Datenfusion und Sensorvernetzung multipler Sensoren“

Laufzeit des Vorhabens: **01.08.2007 bis 31.07.2010**

Datum : **Januar 2011**

Projektleiter: Jürgen Kunz
Tel.: 0911 - 957 - 2243
Fax: 0911 - 957 - 2653
e-mail: juergen.kunz@diehl-bgt-defence.de

1 Projektdarstellung ... 3
1.1 Aufgabenstellung ... 3
1.2 Voraussetzung zur Durchführung des Vorhabens ... 3
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens ... 3
1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand zum Vorhaben ... 5
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen ... 6
2 Erreichte Projektergebnisse ... 6
2.1 Verwendung der Zuwendung ... 6
2.1.1 Arbeitspaket 1: Systemstudie, Spezifikation und Konzeption ... 6
2.1.1.1 Gegenstand und Ziele ... 6
2.1.1.2 Erzieltes Ergebnis ... 6
2.1.1.2.1 Allgemeine Beiträge zur Systemanforderungsspezifikation ... 6
2.1.1.2.2 Anforderungen an eine automatische Verarbeitung der THZ-Bilddaten ... 8
2.1.1.2.3 Beitrag zur Analyse der einzelnen Sensoreigenschaften ... 10
2.1.1.2.4 Beiträge zum Konzept für die Datenerfassung und -Zusammenführung 11
2.1.2 Arbeitspaket 7: Sensordatenfusion und Bildverarbeitung ... 12
2.1.2.1 Gegenstand und Ziele ... 12
2.1.2.2 Erzieltes Ergebnis ... 13
2.1.2.2.1 AP 7.4.1 Erstellung der Schnittstellen-Software zu den Bilddatenströmen ... 13
2.1.2.2.2 AP 7.4.2 Analysen zum Informationsgehalt der Bilddatenströme ... 13
2.1.2.2.3 AP 7.4.3 Untersuchung von geeigneten Verfahren zur Objekterkennung 14
2.1.2.2.4 AP 7.4.4 Modellierung der Objektklassen und Erstellung eines Klassifikators ... 18
2.1.2.2.5 AP 7.4.5 Implementierung der Verfahren in operationelle Software und Test 19
2.1.2.2.6 AP 7.4.6 Untersuchungen zu einer objektbezogenen Sensordatenfusion 19
2.1.2.2.7 AP 7.5.1 Anpassung an die Schnittstellen zu den Bilddatenströmen ... 22
2.1.2.2.8 AP 7.5.2 Auswahl geeigneter Visualisierungssoftware ... 24
2.1.2.2.9 AP 7.5.3 Erstellung und Test der Visualisierungsoberfläche ... 24
2.1.3 Arbeitspaket 8: Feldtest ... 31
2.1.3.1 Gegenstand und Ziele ... 31
2.1.3.2 Erzieltes Ergebnis ... 31
2.1.3.2.1 AP 8.1 Vorbereiten der Tests ... 31
2.1.3.2.2 AP 8.2 Entwickeln realistischer Szenarien zum Einsatz am Flughafen ... 32
2.1.3.2.3 AP8.3 Durchführen der Feldtests ... 34
2.1.3.2.4 AP 8.4 Auswertung des Feldtests vom Flughafen Nürnberg ... 37
2.2 Zahlenmäßiger Nachweis ... 39
2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit ... 39
2.4 Verwertbarkeit des Ergebnisses ... 39
2.5 Veröffentlichung ... 39

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

1 Projektdarstellung

Der Abschluss Bericht beschreibt das Teilvorhaben „ Sensordatenfusion und Sensorvernetzung multipler Sensoren.

1.1 Aufgabenstellung

Für den Aufbau einer THz-Videokamera mit der Fähigkeit multispektrale Aufnahmen zu einem Gesamtvideobild zusammenzusetzen ist ein Konzept zu erstellen, wo die einzelnen Systemforderungen unter Beachtung der gegenwärtigen Trends und Technologie berücksichtigt werden. Diehl arbeitet an der Konzepterstellung mit.
Das Konzept des Gesamtsystems sieht die Einbindung von VIS-, und IR-Kameras in das THz-Kamerasystem zur Generierung von Videobildern vor. Die Datenströme der 3 Einzelkameras werden miteinander fusioniert und somit zu einem einzigen Videodatenstrom zusammengefasst. Daneben sollen im System die Ausgangsdatenströme (VIS, IR, THz) weiterhin zur Verfügung stehen. Die automatische Erkennung von verdeckt getragenen Objekten soll durch die Anwendung von Verfahren aus den Bereichen Bildverarbeitung und Mustererkennung unterstützt werden. Für die späteren Bediener soll eine optimale visuelle Ausgabe sowohl der aufbereiteten Bilddaten als auch der Verarbeitungsergebnisse zur Verfügung stehen.
Nach der Umsetzung vorausgehenden Arbeiten soll ein multispektralfähiges und charakterisiertes Kamerasystem zur Verfügung stehen, das Bilder aus dem THz,- VIS,- und IR-Spektrum zu einem gemeinsamen Videobild zusammensetzt und dieses visualisiert. Das Gesamtsystemkonzept sieht den Einsatz in sicherheitsrelevanten Bereichen vor, wo Personen auf das Vorhandensein von gefährlichen Gegenständen überprüft werden. Hierzu werden realistische Einsatzszenarien definiert und die Durchführung von Messungen in der nachgestellten Einsatzumgebung mit dem gesamten Kamerasystem durchgeführt. Die Durchführung der Feldtests mit der definierten Testumgebung wird an einem Flughafen durchgeführt.

1.2 Voraussetzung zur Durchführung des Vorhabens

Für den Algorithmenentwurf der automatischen Objekterkennung sind Bildinformationen der 3 optischen Spektralbereiche und des fusionierten Bildes mit charakteristischen Merkmalen erforderlich. Für den operationellen Einsatz ist eine Datenschnittstelle zwischen Kamera und Rechnerplattform der Software zu schaffen, um die automatische Objekterkennung in Realzeit darstellen zu können.
Die Durchführung des Feldversuches an einem Flughafen setzt die Genehmigung eines Flughafenbetreibers voraus.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben ist in 8 Arbeitspaketen aufgeteilt. Die Fima Diehl DBD Defence ist an der Bearbeitung folgender Arbeitspakete beteiligt. Die detaillierte Arbeitspaketbeschreibung ist in Kap 2.1 und folgend beschrieben.

- **AP 1: Systemstudie, Spezifikation und Konzeption**
  - AP 1.2 Konzepterstellung
    - Mitarbeit von Diehl, Leitung durch IPHT
- **AP 7: Sensordatenfusion und Bildverarbeitung**

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

- AP 7.4 Bildverarbeitung zur automatischen Objekterkennung
  - Leitung durch Diehl
- AP 7.5 Visualisierung der Ergebnisse von Fusion und Objekterkennung
  - Leitung durch Diehl

- **AP 8: Feldtest**
  - AP 8.1 Vorbereiten der Tests
    - Leitung durch Diehl, Mitarbeit von JO
  - AP 8.2 Entwickeln realistischer Szenarien zum Einsatz am Flughafen
    - Leitung durch Diehl
  - AP 8.3 Durchführen der Feldtests
    - Leitung durch Diehl, Mitarbeit von: IPHT, IMS
  - AP 8.4 Auswerten der Tests
    - Leitung durch Diehl, Mitarbeit von: JO, IPHT, DLR

Der Projektplan ist in Abbildung 1 dargestellt. Diehl verantwortet die Meilensteine M13, M14 und M15.

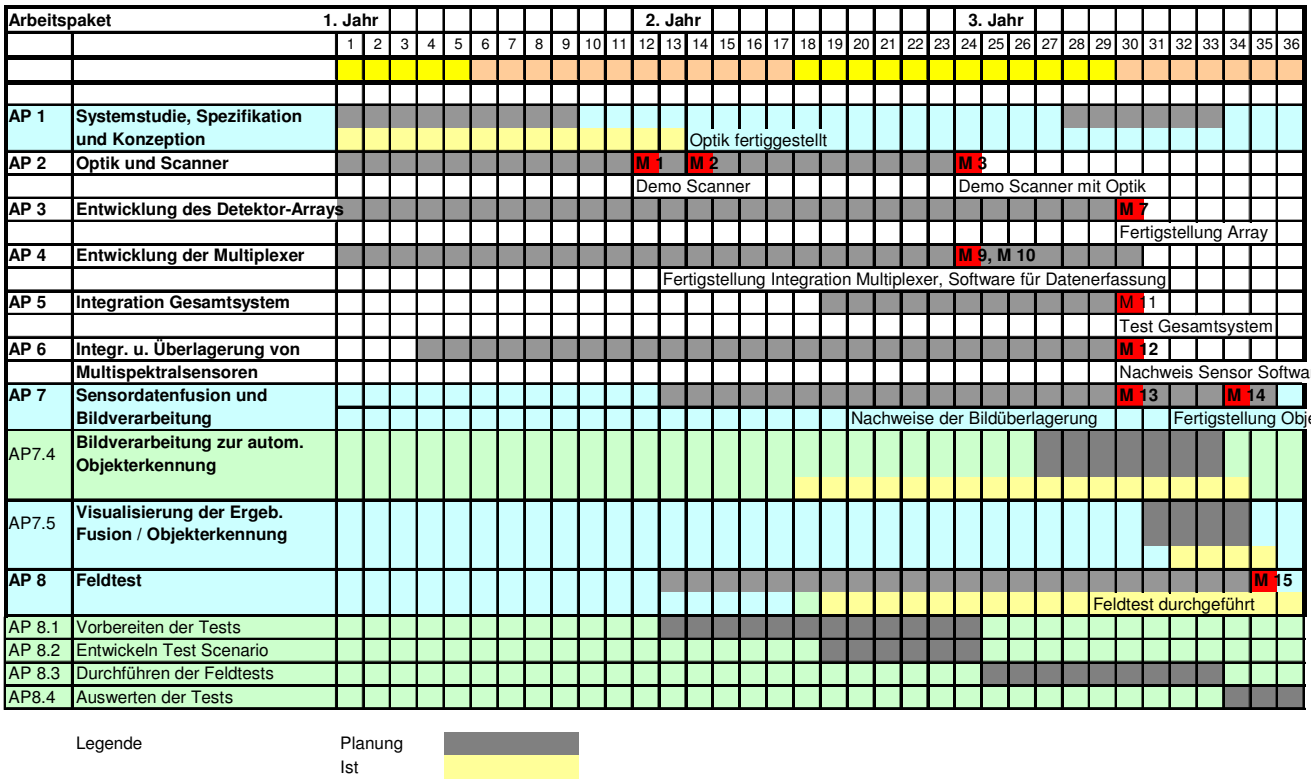

Abbildung 1: Projektzeitplan

Die vorgesehnen geplanten Arbeiten konnten inhaltlich wie geplant durchgeführt werden. Bei den Arbeiten zu AP 7.4.4 (Modellierung der Objektklassen)und 7.4.6 (Untersuchungen zu einer objektbezogenen Sensordatenfusion) konnten Grundlegende Untersuchungen angestellt werden. Auf eine algorithmische Darstellung wurde verzichtet, um die Arbeiten zu 7.4.3 „automatische Objekterkennung“ zu einem funktionsfähigen Algorithmus zu entwickeln.
Zeitlich gab es bei den einzelnen Arbeitspaketen leichte Verschiebungen, die aber auf das Endergebnis keinen Einfluss hatten. Die Arbeiten zu AP 7.4 wurden früher als

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

geplant aufgenommen, da hier eine Auswahl über den geeigneten Algorithmenansatz zu untersuchen war. Die Meilensteine konnten in Bezug auf die Zeit, die zu erbringende Leistung, die Kosten und in der geforderten Qualität erfüllt werden.

Die Verbundpartner trafen sich insgesamt zu 7 koordinierenden Arbeitstreffen, bei denen Vertreter der Firma Diehl DBD Defence teilnahmen.

- 26.09.2007 IPHT in Jena
- 29.11.2007 DLR in Berlin
- 24.07.2008 IMS in Karlsruhe
- 15.01.2009 IPHT in Jena
- 09.07.2009 Diehl in Überlingen
- 14.01.2010 Supracon in Jena
- 26.05.2010 IPHT in Jena

In 2010 fanden mehrere Arbeitstreffen mit IPHT und Jenoptik statt, um die Arbeiten für die Arbeitspakete 7 und 8 abzustimmen.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand zum Vorhaben

Allgemeine Grundlagen der Bildverarbeitung wie Filterung, Segmentation, Klassifikation und Objektverfolgung sind vorhandene Arbeitsvoraussetzungen und sind in der einschlägigen Literatur zu finden.

Die Arbeiten zur Bilddatenauswertung zum Zwecke der automatisierten Objekterkennung knüpfen an Erkenntnisse an, welche hierfür bei der Firma Diehl BGT Defence in der Vergangenheit erworben wurden. Grundlage bilden insbesondere Verfahrensansätze zur Erkennung von Objekten in natürlicher Umgebung aus früheren Studien. Veröffentlichungen sind hierzu nicht öffentlich zugänglich.

Ähnliche Verfahren werden von Diehl in anderen BMBF-Projekten verwendet. Zu erwähnen ist hier das Verbundvorhaben ChipSensiTek **(**Chip-basierte photonische Gassensoren für die Sicherheitstechnik) in welchem Diehl ebenfalls ein Verfahren zur Erkennung von Personen und Gepäckstücken in Flughafenhallen bearbeitet.

Das Thema Sensordatenfusion wurde von Diehl in der Vergangenheit im Rahmen von wehrtechnischen Studien untersucht. Auch aktuell hat sich die Firma eingehend mit Fusionskonzepten und –algorithmen in zivilen Sicherheitsprojekten beschäftigt. So z.B. in dem EU-Vorhaben IMSK (Integrated Mobile Security Kit).

Die wichtigste Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung der Arbeiten zur Sensordatenfusion und zur automatischen Objekterkennung in diesem Vorhaben ist die Signaturmodellierung. Hierunter ist eine mathematisch-numerisch umsetzbare Beschreibung von zu erwartenden Bildinhalten zu verstehen. Eine derartige Beschreibung wird entscheidend mitgeprägt von der Art und Weise wie ein Sensor die physikalischen Inhalte einer Szene abbildet. Darin gehen Detektoreigenschaften, Optik und Abtastverfahren ein. Da die THz-Kamera ein neuartiger Sensor ist, war es erforderlich ein neues Verständnis der Bildinhalte, vor allem aufgrund von Beispielvorlagen, zu gewinnen.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Mit dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie sowie mit dem Luftamt Südbayern, Luftamt Nordbayern wurden die Anforderungen einer THz-Kamera für den Einsatz am Flughafen erörtert.

Das Luftamt Nordbayern war unser Ansprechpartner zur Durchführung der Feldtests am Flughafen in Nürnberg.

Folgende Stellen wurden zur Erörterung des potentiellen Einsatzes und technische Anforderungen für einen Einsatz besucht:

- Bundespolizei, Erprobungsstelle in Lübeck
- Fraport, Frankfurt
- Siemens, Airport Center Fürth
- BKA Wiesbaden
- Hessisches Ministerium für Justiz, für Integration und Europa

2 Erreichte Projektergebnisse

2.1 Verwendung der Zuwendung

2.1.1 Arbeitspaket 1: Systemstudie, Spezifikation und Konzeption

2.1.1.1 Gegenstand und Ziele

DIEHL arbeitet an der Konzepterstellung (AP 1.2), die durch das IPHT verantwortet wird, mit. Folgende Arbeiten sind durchzuführen:

- Analyse der einzelnen Detektoreigenschaften (VIS, IR, THz) wie Pixelraster, Pixelgröße, mechanische Größe, Energiebedarf, Framerate usw..
- Erstellung eines Konzeptes für die Datenerfassung- und Zusammenführung unter Berücksichtigung der geforderten Systemeigenschaften.
- Ableitung der Eigenschaften von Systemkomponenten basierend auf der erstellten Spezifikation.
- Erstellung der Systemfähigkeitsbeschreibung.

Das Ergebnis der Arbeiten ist ein Konzeptpapier, das den THz-Kameraaufbau beschreibt.

2.1.1.2 Erzieltes Ergebnis

2.1.1.2.1 Allgemeine Beiträge zur Systemanforderungsspezifikation

Die Anforderungen an ein THz-Videosystem sowie dessen möglicher Nutzen im Flughafenbereich wurden mit dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft / Abteilung Luftverkehr erörtert. Dringender Bedarf besteht in Zutrittskontrollbereichen von Passagieren und bedienstetem Personal. Ein neues Gerät sollte den Metalldetektor ersetzen. Waffen- und Sprengstoffdetektion haben hohe Priorität.
Technik, Kosten- und Zulassungsaspekte, Zuständigkeiten und Einführungsaspekte wurden festgestellt. Insbesondere wurden folgende Themen mit den Experten besprochen:

- Eigenschaften einer passiv arbeitenden THz-Videokamera,
- Forderungen an die Leistung,
- Möglicher Einfluss von Störquellen,
- Gesundheitsrisiken und Persönlichkeitsschutz,

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

- Einführungsaspekte,
- Möglicher Versuchsaufbau am Flughafen.

Die Leistungsanforderungen stellen sich folgendermaßen dar:

- Der Stundendurchsatz sollte deutlich erhöht werden können,
- Beim Betrieb sollte kein zusätzliches Personal benötigt werden,
- Bei Anomalien soll ein automatisches Signal ausgelöst werden,
- EU-Normen bzgl. Erkennungsleistung sind zu beachten,
- Bei automatischer Auswertung sollte die Fehlalarmrate niedrig sein, damit die Nachkontrollen nicht so häufig vorkommen,
- Die Rundumansicht von Personen ist gefordert, wobei Bilder wichtig sind,
- Die Leistung des Geräts sollte nicht beeinflussbar sein durch unterschiedliche (sich ändernde) Umgebungsverhältnisse, z.B. Beleuchtungs- und Temperaturverhältnisse in Gebäuden.

Bezüglich Gesundheitsrisiken und Persönlichkeitsschutz wurde festgestellt:

- Es muss nachgewiesen werden, dass keine Gesundheitsgefahren von dem Gerät ausgehen,
- Zulassungsaspekte sind zu beachten, dies auch im Zusammenhang mit der Durchführung von Versuchen und Vorführungen in der Öffentlichkeit mit externen Beteiligten. Auch Vorführgeräte müssen vom Gewerbeamt zugelassen sein.
- Persönlichkeitsrechte sind in allen Fällen zu berücksichtigen.

Zur Einführung eines neuen Systems wurde gesagt:

- Ein neues System hat gute Chancen, falls deutlich verbesserte Erkennungsleistungen bzgl. Waffen und Sprengstoff erreicht werden,
- Das BMI wird, neben einzelnen Ländern, Ausschreiber sein,
- Die Überprüfung der Leistungsfähigkeit wird vom BMI in Verbindung mit dem BKA durchgeführt,
- Die Luftsicherheitsbehörden wählen nur Geräte aus, die von BMI/BKA freigegeben sind,
- Für eine Ersatzbeschaffung ist der Leistungsgewinn gegenüber Metalldetektoren ausschlaggebend,
- Flughafenbetreiber beschaffen die Geräte, Ingenieurbüros kümmern sich in der Regel um die gesamte Abwicklung.

Durch den Kontakt zur Abteilung Luftverkehr am Münchener Flughafen und die dabei festgestellten Anforderungen an ein neues Kontrollgerät wurden projektintern die Anforderungen an die Technik eines passiven THz-Videosystems untersucht. Dabei wurde auch die mögliche Nutzbarkeit eines solchen Systems an unterschiedlichen Kontrollpunkten im Flughafenbereich diskutiert. Die sich daraus jeweils ergebenden konkreten technischen Anforderungen und ihre Machbarkeit wurden betrachtet. Ein wichtiger Faktor bei diesen Betrachtungen war die Detaillierung von Objekten in den Bildern. Diese hängt von der erreichbaren Winkelauflösung der Kamera und der Entfernung zu den kontrollierten Personen ab. Um einen ersten Einsatz realistisch demonstrieren zu können wurde für den Feldtest eine Demonstration in einer Personenschleuse in Betracht gezogen.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

2.1.1.2.2 Anforderungen an eine automatische Verarbeitung der THZ-Bilddaten

Zu den Leistungsanforderungen gehört die automatische Auswertung von Bilddaten des THz-Videosystems. Das vorgeschlagene System besteht aus dem eigentlichen THz- Sensor sowie aus einer Infrarotkamera und einer Kamera im sichtbaren Spektralbereich. Im Zusammenhang mit der automatischen Auswertung ist das erreichbare Gesamtergebnis ausschlaggebend. Hier ergibt sich die Frage inwieweit Auswertungen in den einzelnen Sensorkanälen bereits zu einem guten Ergebnis führen können und inwieweit die Zusammenführung der Daten aus den einzelnen Sensorkanälen das Ergebnis verbessern kann. Das in diesem Berichtsteil betrachtete Teilvorhaben soll hierauf Antworten geben. Daher wurden sowohl die generellen Möglichkeiten einer automatischen Auswertung, die Nutzaspekte einer Datenfusion und insbesondere eine rechnergestützte automatische Auswertung der THz-Bilddaten untersucht.

Bei einer Anwendung im Bereich einer Personenschleuse sollte eine automatische Auswertung im Allgemeinen folgendes leisten:

- Personen im Anwendungsbereich sind voneinander zu unterscheiden. Dies wird den besonderen Vorteil der THz-Videokamera, welche durch ihre hohe Bildrate in der Lage wäre im dynamischen Umfeld zu arbeiten, unterstützen.
- Eine genauer zu betrachtende Person ist in verschiedenen Ansichten zu erfassen.
- Dabei sind eventuell Kopf, Rumpf und Gliedmaßen getrennt zu erkennen.
- Ergebnisse verschiedener Ansichten sind zu einer Rundumansicht zu verschmelzen.
- Die Position einer sich bewegenden Person ist zu verfolgen.

Insbesondere im Zusammenhang mit der Erkennung von Objekten an Personen wird von den automatischen Verfahren eine niedrige Falschalarmrate verlangt. Um auf diese Weise relevante Objekte von nicht interessierenden unterscheiden zu können, muss die Fähigkeit einer automatischen Analyse von Objektkandidaten aufgebaut werden. Die Erfahrung mit derartigen Auswerteverfahren lehrt jedoch auch, dass die Wahrscheinlichkeit von Fehlinterpretationen zunimmt je mehr Struktur die Bilder aufweisen. Andererseits wird durch eine bessere Auflösung der Informationsgehalt erhöht. Die Herausforderung besteht demnach darin Verarbeitungsstrukturen zu entwickeln, welche mit der zu erwartenden Vielfalt an Objektformen und Bildkontrasten umgehen können. Um hier konkrete Vorstellungen entwickeln zu können, wurden seitens der für Bildverarbeitung verantwortlichen Projektteilnehmer auf frühzeitige Bildergebnisse, insbesondere aus dem THz-Kanal gedrängt. Um diesen Aspekt zu verdeutlichen seien hier Ergebnisbilder (vgl. Abbildung 2) der THz-Kamera gezeigt.

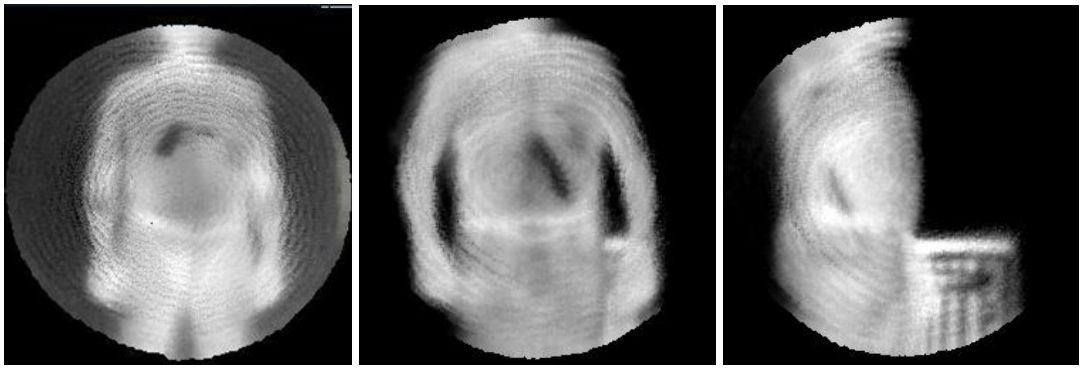

Abbildung 2: Ergebnisbilder der THz-Kamera

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

Die Beispiele zeigen mehrere zu beachtende Fakten:

Die spiralförmige Abtastung der Szene durch die THz-Kamera hinterlässt Spuren. Jedoch sollten diese die automatische Auswertung nicht zu stark stören. Entsprechende Vorkehrungen müssen getroffen werden, z.B. durch Anwendung geeigneter Filter. Falls diese nicht schon vorliegen, müssten sie entwickelt werden.

Die relevanten Objekte, im linken Bild sieht man die Form einer Pistole, heben sich durch negativen Kontrast im Vergleich zum Hintergrund von diesem ab. Es sind demnach Verfahren zu entwerfen, welche in der Lage sind, die interessierenden Objekte zu erfassen und kenntlich zu machen.

Die Objekte weisen unterschiedliche geometrische Formen auf. Daher ist eine zu stark angepasste spezielle Formmodellierung nicht anwendbar.

Im rechten Bild von Abbildung 2 hat das interessierende Objekt (schmale längliche Form) relativ geringen Kontrast. Außerdem hat sich die Person gedreht. Das Objekt liegt an der Seite und wurde so erst erkennbar.

Neben den eigentlich interessierenden Objekten sind im Bild weitere dunkle Bereiche vorhanden, bspw. die Formen, die bei nicht vollständig angelegten respektive ausgestreckten Armen entstehen können. Der Körper weist weitere Schattierungen auf. Diese Strukturen sind für die Anwendung nicht von Bedeutung. Sie können jedoch in automatischen Algorithmen zu Scheinobjekten führen. Daher sind weitere algorithmische Zusatzfunktionen erforderlich, mit deren Hilfe diese Strukturen erkannt und danach unterdrückt werden können.

An die automatische Objekterkennung werden folgende Anforderungen gestellt:

- Eine Objekt-Hintergrund-Unterscheidung ist durchzuführen.
- Falls vorhanden, sind mehrere Objekte an derselben Person zu erfassen.
- Objektformen können nicht vorhergesehen werden.
- Scheinobjekte sind zu unterdrücken.
- Extrahierte Objekte sollten klassifiziert werden können, d.h. falls möglich sollten Angaben zum Objekttyp gemacht werden.
- Objekte sind ihrer Form entsprechend bildhaft kenntlich zu machen und entsprechende Bilder sind bereitzustellen.
- Objektkoordinaten bezogen auf den Körper sind zu ermitteln.
- Eine hohe Detektionswahrscheinlichkeit in Verbindung mit einer niedrigen Falschalarmrate sollte erreicht werden. Eine Quantifizierung dieser Anforderung kann jedoch erst im Rahmen einer konkreten Anwendung vorgenommen werden.

Um die Machbarkeit einer automatischen Bilddatenauswertung bereits zu Projektbeginn zu demonstrieren, wurde ein frühzeitig vorhandenes Bild aus einer ersten Version des THZ-Experimentalsystems mit Hilfe von vorhandenen Bildverarbeitungsalgorithmen experimentell ausgewertet. Die Möglichkeiten einer automatisierten Auswertung wurden demonstriert und auch deren Bedeutung für die Einhaltung ethischer Forderungen wurde diskutiert. Abbildung 3 zeigt eines der allerersten passiv aufgenommenen THz-Bilder.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

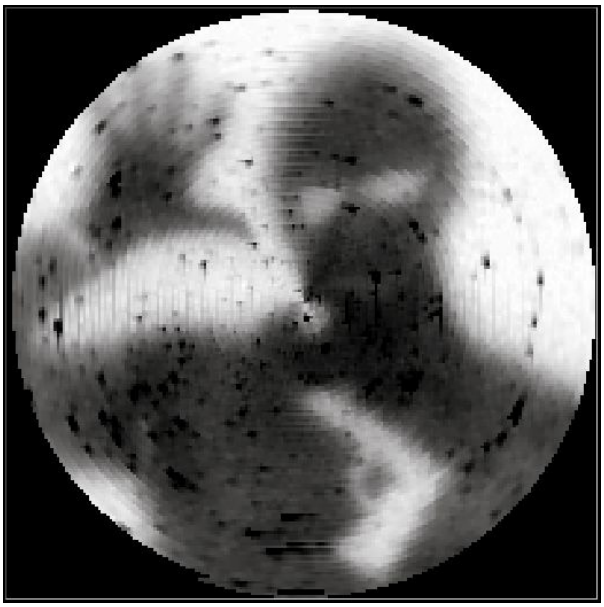

Abbildung 3: Erstes THz-Bild

2.1.1.2.3 Beitrag zur Analyse der einzelnen Sensoreigenschaften

Aufgrund der ersten Betrachtungen zur automatischen Auswertung konnten rückwirkend Anforderungen an den THz-Sensor abgeleitet werden. Diese betreffen die Auflösung und die Bildrate und basieren auf der erforderlichen Detaillierung der Objekte. Die ersten Bildbeispiele zeigten, dass Bildstörungen zu erwarten sind. Damit sich derartige Störungen nicht negativ auf die Bilddatenauswertung auswirken, wird eine Bildglättung notwendig sein. Danach sollte es immer noch möglich sein, einfache Formmerkmale zu extrahieren um damit Objekte automatisiert erkennen zu können. Zu solchen Merkmalen gehören gerade Linien, Ecken, Streifen und dergleichen. Aufgrund dieser Überlegungen wurde gemeinsam mit den Projektpartnern eine Ortsauflösung von ca. 1 cm festgelegt. Die Auflösung steigt mit der Strahlungsfrequenz an. Allerdings sinkt die Transmission der vom Körper abgegebenen Strahlung durch verschiedene Kleidungsstücke mit der Strahlungsfrequenz. Abbildung 4 des Projektpartners IPHT war eine Grundlage zur Ermittlung einer optimalen Frequenz.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

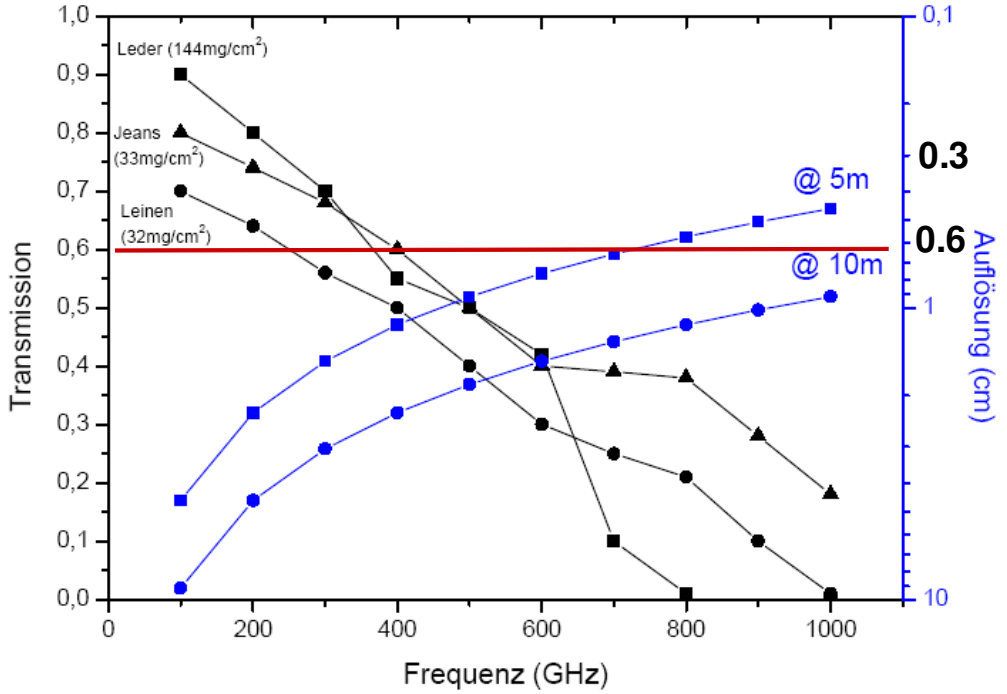

Abbildung 4: Transmission und Auflösung als Funktion der Frequenz

2.1.1.2.4 Beiträge zum Konzept für die Datenerfassung und -Zusammenführung

Konzeptionelle Alternativen in Verbindung mit der Datenerfassung und der Datenzusammenführung wurden betrachtet. Zwei der diskutierten Konzepte sind in den Abbildung 5und Abbildung 6 gezeigt.

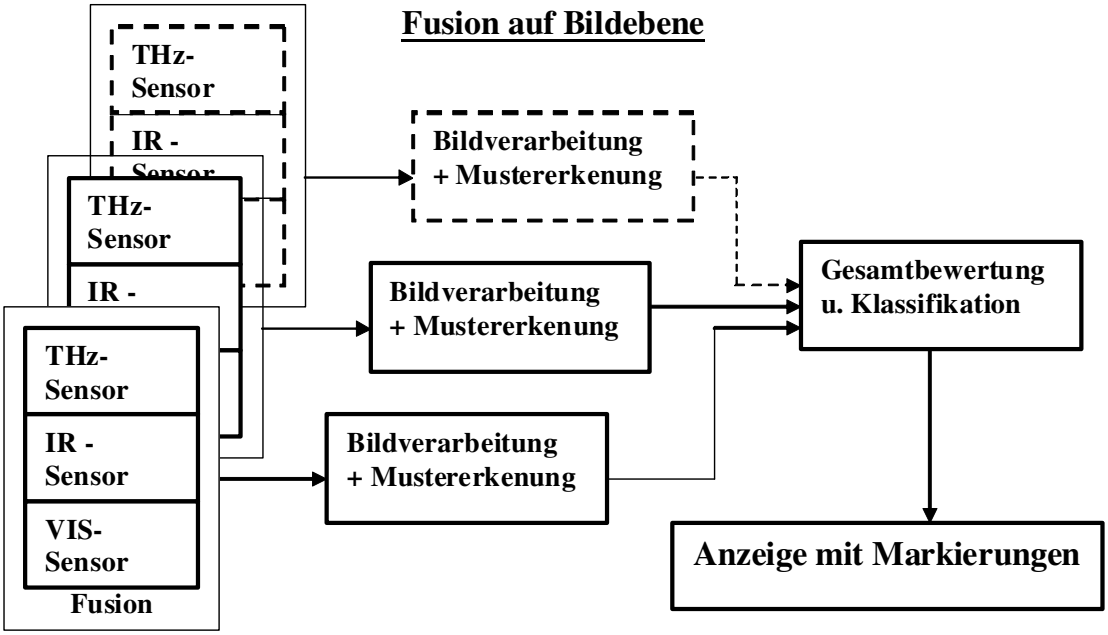

Abbildung 5: Fusion auf Bildebene

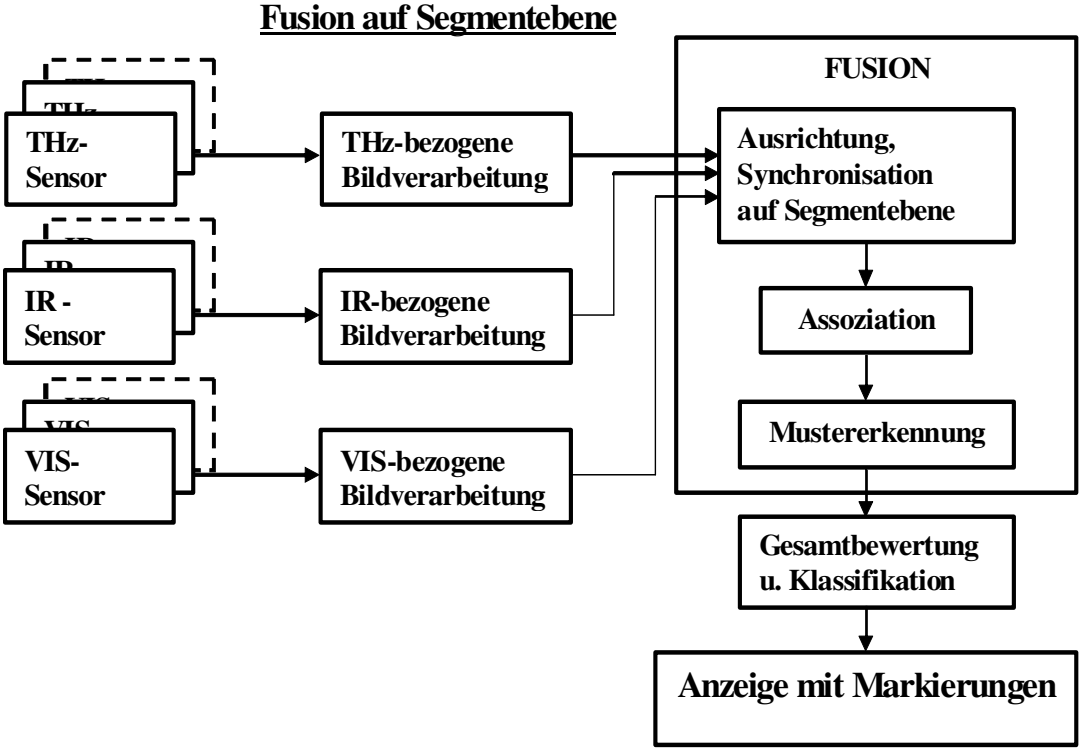

Abbildung 6: Fusion auf Segmentebene

Der wichtigste grundsätzliche Unterschied der beiden Konzepte besteht in dem Zeitpunkt zu welchem eine Fusion der Daten aus den 3 Sensorkanälen durchgeführt wird. Bei der „Fusion auf Bildebene“ werden die Bilder der 3 bildgebenden Sensoren durch spezielle Überlagerungstechniken miteinander erst zu einem einzigen Bild verschmolzen und danach wird dieses ausgewertet. Eine derartige Fusion wird von der Fa. Jena-Optronik im Rahmen des Projekts durchgeführt.

Das zweite Konzept, „Fusion auf Segmentebene“, wertet die Einzelkanalbilder bis zu einem gewissen Grade getrennt aus und versucht dann aufgrund dieser Teilergebnisse eine Verbindung zu schaffen. Der Name des Ansatzes beruht auf der Tatsache, dass dies oft auf der Basis von unvollständigen Objektteilen (Segmenten) geschieht. Ein solcher Ansatz kann gut für die Fusion von Infrarot und RGB-Bildern (aus den Sichtbaren) verwendet werden.

2.1.2 Arbeitspaket 7: Sensordatenfusion und Bildverarbeitung

2.1.2.1 Gegenstand und Ziele

Die Erkennung von verdeckt getragenen Objekten soll durch die Anwendung von Verfahren aus den Bereichen Bildverarbeitung und Mustererkennung unterstützt werden. Diehl bearbeitet dazu den Anteil automatische Objekterkennung und Visualisierung.

- **AP 7.4 Bildverarbeitung zur automatischen Objekterkennung**
  - AP 7.4.1 Erstellung der Schnittstellen-Software zu den Bilddatenströmen
  - AP 7.4.2 Analysen zum Informationsgehalt der Bilddatenströme
  - AP 7.4.3 Untersuchung von geeigneten Verfahren zur Objekterkennung
  - AP 7.4.4 Modellierung der Objektklassen und Erstellung eines Klassifikators

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

- AP 7.4.5 Implementierung der Verfahren in operationelle Software und Test
- AP 7.4.6 Untersuchungen zu einer objektbezogenen Sensordatenfusion

- **AP 7.5 Visualisierung der Ergebnisse von Fusion und Objekterkennung**
  - AP 7.5.1 Anpassung an die Schnittstellen zu den Bilddatenströmen
  - AP 7.5.2 Auswahl geeigneter Visualisierungssoftware
  - AP 7.5.3 Erstellung und Test der Visualisierungsoberfläche

2.1.2.2 Erzieltes Ergebnis

2.1.2.2.1 AP 7.4.1 Erstellung der Schnittstellen-Software zu den Bilddatenströmen

In diesem Arbeitspaket wurden die Bilddatenformate festgelegt und die Schnittstellen für den Client-Server-Applikation für den operationellen Betrieb definiert. Die Arbeiten sind zusammen mit AP 7.5.1 beschrieben.

2.1.2.2.2 AP 7.4.2 Analysen zum Informationsgehalt der Bilddatenströme

Die Bilder können unterschiedliche Ansichten der Personen enthalten. Objekte können an unterschiedlichen Stellen am Körper getragen werden. Die Objekte selbst können unterschiedliche Formen aufweisen. Scheinobjekte können ebenfalls die unterschiedlichsten Formen haben. Die Bildqualität kann variieren. Die Aufgabe rechnergestützte Objekterkennungsalgorithmen für diesen Anwendungsbereich zu entwickeln erweist sich als schwierig und Lösungen könnte somit grundsätzlich komplex werden. Daher wurde in diesem Arbeitspaket die mögliche Vielfalt realistischer Szenen untersucht mit dem Ziel die notwendigen Informationen darzustellen und erfassbar zu machen.

Die Erfassung und Auswertung des Informationsgehalts von Bildern lässt sich theoretisch in 3 Schritte zerlegen. Im ersten Schritt werden Merkmale definiert mit deren Hilfe die Inhalte modelliert werden können. Der zweite Schritt besteht in der Angabe von Verfahren mit deren Hilfe diese Merkmale aus den Eingabebildern extrahiert und vor allem quantitativ messbar gemacht werden können. Am Ende steht die Auswertung der quantitativ verfügbaren Merkmalswerte zum Zwecke einer Einscheidungsfindung. Diese Entscheidungsfindung basiert in der Regel auf einer mehr oder weniger komplexen Verknüpfung von Merkmalen und ihren respektiven Werten.

Die Auswahl der Merkmale zwecks Beschreibung der Bildinhalte ist, wie weiter oben bereits beschrieben, vom Sensor und von der Aufgabenstellung abhängig. Innerhalb der 2 ersten Teilschritte, kommen bekannte Werkzeuge der Bildverarbeitung zum Einsatz. Es gibt jedoch keine theoretischen Grundlagen aus denen man allgemeingültige Lösungsschritte für die Entscheidungsfindung im 3 .Schritt ableiten könnte. Die gängige Literatur beschäftigt sich größtenteils lediglich mit Teilaspekten der automatischen Objekterkennung. Dennoch haben sich in der Praxis Vorgehensweisen herausgebildet, welche anwendungsbezogen erfolgreich arbeiten. Es muss jedoch unterschieden werden zwischen der sogen. industriellen Bildverarbeitung, welche bspw. zur automatischen Qualitätsüberwachung in Fertigungsprozessen eingesetzt wird und einer Bildverarbeitung mit dem Anspruch einer inhaltlichen Interpretation von Bildern eines natürlichen Umfelds unter Einflüssen, die man nicht steuern kann. In einem solchen Fall muss auf eine Art phänomenologische Modellierung des Informationsgehalts von Bildern und auf eine angepasste Strategie für die Entscheidungsfindung zurückgegriffen werden. Eine wichtige Voraussetzung für eine derartige Lösungsstrate-

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

gie ist, wie bereits erwähnt, das Vorliegen geeigneter Bildbeispiele für viele unterschiedliche Situationen.
Der Objektbegriff für eine numerische rechnergestützte Behandlung ist zu Beginn einer Untersuchung bzgl. des Informationsgehalts noch weitgehend undefiniert. Geometrische Elemente werden gerne als Strukturelemente von Objekten verwendet, da sie einen einfachen numerischen Zugang ermöglichen. Objektsignaturen sind allerdings oft kompliziert und die Reduktion auf einfache geometrische Elemente führt in der Regel zu unwiederbringlichen Informationsverlusten. Dadurch wird am Ende eine zufriedenstellende Lösung verhindert.

Die für Entscheidungen zum Vorhandensein resp. Nichtvorhandensein bestimmter Objektabbildungen erforderliche Information sollte in den Strukturen zur Objektbeschreibung weitgehend erhalten bleiben. Die Strukturelemente definieren gleichzeitig die einzelnen Schritte eines Erkennungsalgorithmus. Mit ihrer Hilfe lässt sich das Gesamtproblem zerlegen in eine Folge von Einzelproblemen, die darin bestehen das Vorhandensein einzelner Strukturelemente festzustellen.

Die Zerlegung des Problems der Objekterkennung in THz-Bildern könnte bspw. mit einer Zerlegung in die Teilprobleme „Lokalisierung der Person“ und „Lokalisierung von Objekten an der Person“ beginnen. Beide Teilprobleme könnten danach weiter zerlegt werden. Die Teilaufgabe der Lokalisierung der Person könnte in die Teilaufgabe „Binärsegmentation des Bildes“ und „Erfassung der Fläche die der Person entspricht“ unterteilt werden. Sind diese Aufgaben gelöst, könnte innerhalb eines nun wohl definierten Gebiets nach Objekten im Negativkontrast gesucht werden. Auch diese Suchaufgabe kann weiter untergliedert werden.

Die Tragfähigkeit von ersten Lösungskonzepten wurde durch Anwendung auf beispielhafte Bilddaten überprüft. Es war notwendig die Ansätze mehrfach zu ändern bis ein höherer Grad der Allgemeingültigkeit erreicht werden konnte. Außerdem änderte sich der Informationsgehalt der Bilder im Laufe des Projekts. Zunächst waren lediglich Standbilder mit unvollständig abgebildeten Personen verfügbar. Vor allem waren Bilder mit Abbildungen des Oberkörpers als erste vorhanden. Der Informationsgehalt änderte sich noch einmal als es sensorseitig möglich wurde THz-Bilder mit höherer Bildrate zu erzeugen.

Die konkrete Beschreibung des Verfahrens ist Gegenstand der in den folgenden Abschnitten dargestellten Lösungsmethode.

2.1.2.2.3 AP 7.4.3 Untersuchung von geeigneten Verfahren zur Objekterkennung

Erster Ansatz: Lokalisierung der Person: Es wurde die Konvention getroffen den intensiver strahlenden Flächen die helleren Grauwerte zuzuordnen. Das Verfahren zur Personenlokalisierung könnte entweder auf einer Binärsegmentation der hellen Flächen oder auf einer Konturextraktion basieren. Für die Binärsegmentation ist eine Grauwertschwelle zu ermitteln. Abbildung 7 zeigt links das Ergebnis einer einfachen Schwellwertbildung und rechts das Ergebnis einer Konturextraktion.

Abbildung 7: Ergebnis zu Schwellenwertbildung und Konturextraktion

Definition von Strukturelementen für die Objekterkennung: Es wurde im ersten Ansatz versucht die Objekte mit Hilfe Kombination von diskreten Gradientrichtungen zu beschreiben. Der Gradient an einer Pixelkoordinate ist der Vektor der partiellen Ableitungen nach den 2 Bilddimensionen. Diesen kann man in einen Betrag und eine Phase umrechnen. Abbildung 8 zeigt links das Eingangsbild, in der Mitte das Ergebnis für die Gradientenbeträge an allen Bildpixeln und rechts das Ergebnis für die Gradientenphasen. Die Phasen sind in 8 Richtungswerte diskretisiert worden, welche 8 Richtungsintervalle mit einer Breite von 45 Grad darstellen. In Abbildung 9 wurden im Bild links die Richtungsergebnisse geglättet. An Stellen mit höherem Rauschen wurden die Werte unterdrückt. Die Farbe Rot stellt einen Grauwertabfall nach rechts dar, die Farbe Grün nach links, die Farbe nach oben und Blau nach unten. Die Richtungen dazwischen sind entsprechend mit Zwischenfarben gekennzeichnet. Erst jetzt sind Objekte wie die am Körper getragen Pistolenattrappe erkennbar. Im ersten Ansatz wurden alle zusammenhängenden Pixel einer diskreten Richtung zu Richtungssegmenten zusammengefasst und abstrakt durch gerade Linien dargestellt. Kombiniert man diese Linien miteinander, so lassen sich Bildbereiche isolieren, u.a. auch die abgebildete Pistolenattrappe.

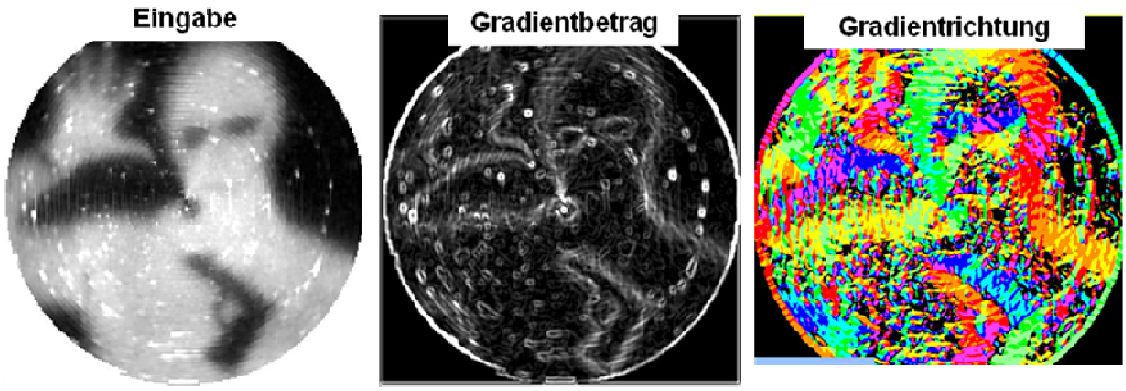

Abbildung 8: Ergebnis Gradientenbildung an Bilderpixel

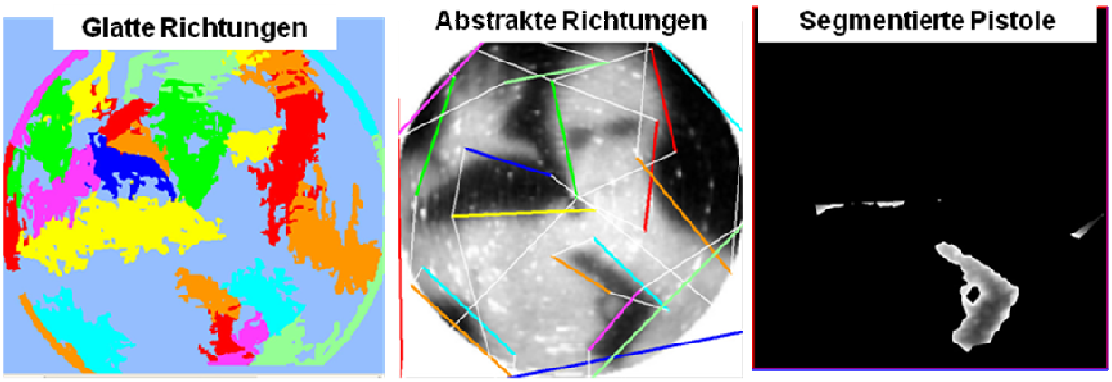

Abbildung 9: Ergebnis nach Glättung und Segmentierung

Erweiterung des Verfahrens: Es hat sich gezeigt, dass eine Abstraktion von Richtungssegmenten in Form von geraden Linien nicht notwendig ist. In der Tat geht dadurch auch Information verloren, da auch die Form der Richtungssegmente selbst eventuell nutzbar wäre. Außerdem wurde versucht den Körper der Person mit Hilfe von Richtungssegmenten zu erfassen. Es ist der Versuch Person und Objekte auf die gleiche Art und Weise zu modellieren (siehe die folgende Abbildung). Die Erfassung des Personenrumpfes auf diese Art und Weise erwies sich allerdings als schwierig, weil er aus einem komplexen Gesamtgebilde besteht, und dies selbst bei relativ einfachen Bildern wie dem unten gezeigten.

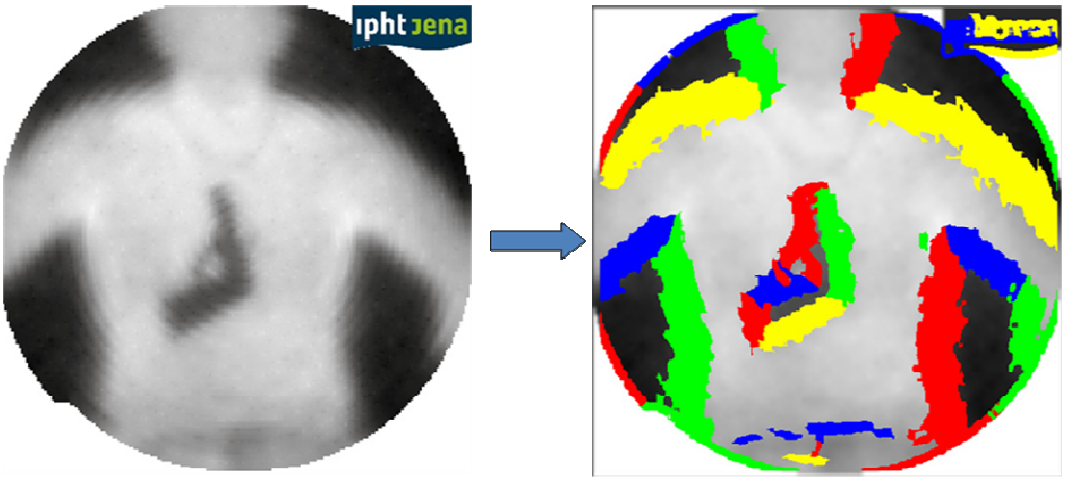

Abbildung 10: Verfahrenserweiterung

Betrachtet man nur die innerhalb des Personenrumpfes auftretenden Objekte, so erweist sich deren Modellierung in Form von Kontursegmenten als sehr vorteilhaft. Mit Hilfe von zyklischen Kontursegmentfolgen lassen sich verschiedene Objektformen repräsentieren. Auch mehrere Objekte können gleichzeitig extrahiert werden. Die konkrete Objektform ist nicht von großer Bedeutung. Der Ansatz hat daher eine gewisse Allgemeingültigkeit. Abbildung 11 verdeutlicht das Verfahren.

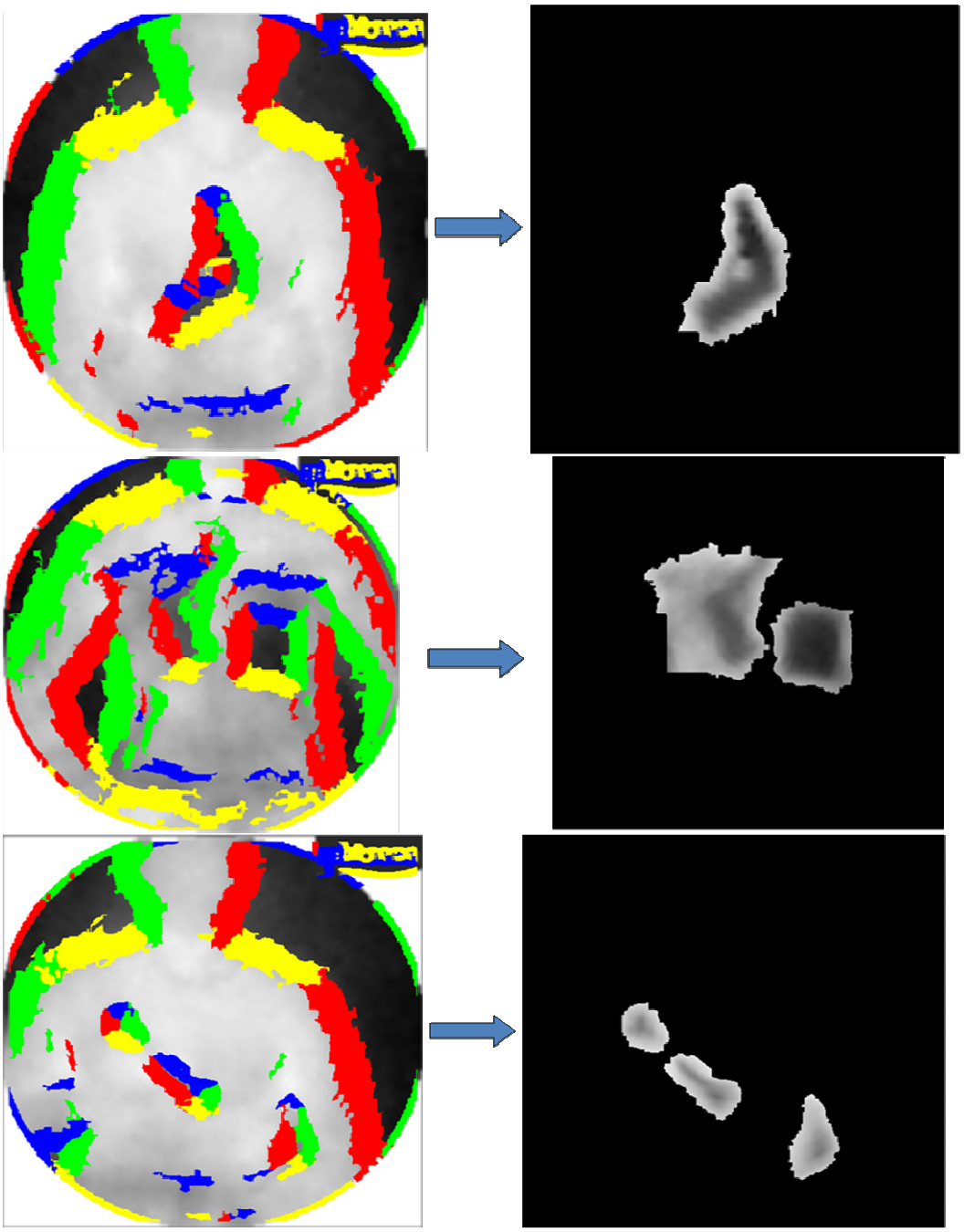

Abbildung 11: Ergebnisbeispiel der Kontursegmentierung

Allerdings kann jetzt noch keine Entscheidung über richtige und falsche Objekte getroffen werden. Hierzu bedarf es einer Erweiterung. Die Datenbasis wurde ebenfalls erweitert mit Szenen in denen die Personen sich in größerer Entfernung zur Kamera befanden, so dass nicht nur die Oberkörper erfasst wurden.

Ergebnisse der Arbeiten zur automatischen Bilddatenauswertung

Im Berichtszeitraum konnte auf diese Weise ein Objekterkennungsverfahren entwickelt werden, das in der Lage ist, das bisher verfügbare Bildmaterial zufriedenstellend zu verarbeiten und dabei automatisch die angebrachten Objekte als Formen im Negativkontrast zu extrahieren und zu lokalisieren.

Der derzeitige funktionale Aufbau der THz-Bildverarbeitung ist folgender:

1. Glättung des Eingangsbildes
2. Berechnung von Kontursegmenten
3. Extraktion des Körperbereichs
4. Analyse des Körperbereichs
5. Markierung von inneren und äußeren Kontursegmenten
6. Extraktion zyklischen Segmentfolgen zur Darstellung Negativkontrast-Objekten
7. Bewertung der zyklischen Negativkontrast-Segmentfolgen unter Verwendung der „inner“-„außen“-Markierung und Unterdrückung
8. Berechnung von umschreibenden Rechtecken
9. Zusammenfassung von überlappenden umschreibenden Rechtecken
10. Ausgabe der umschreibenden Rechtecke

2.1.2.2.4 AP 7.4.4 Modellierung der Objektklassen und Erstellung eines Klassifikators

Mit Hilfe der beschriebenen Verfahren werden Objekte unterschiedlicher Form extrahiert. Die Objektform kann jedoch eine Rolle bei der endgültigen Interpretation spielen.

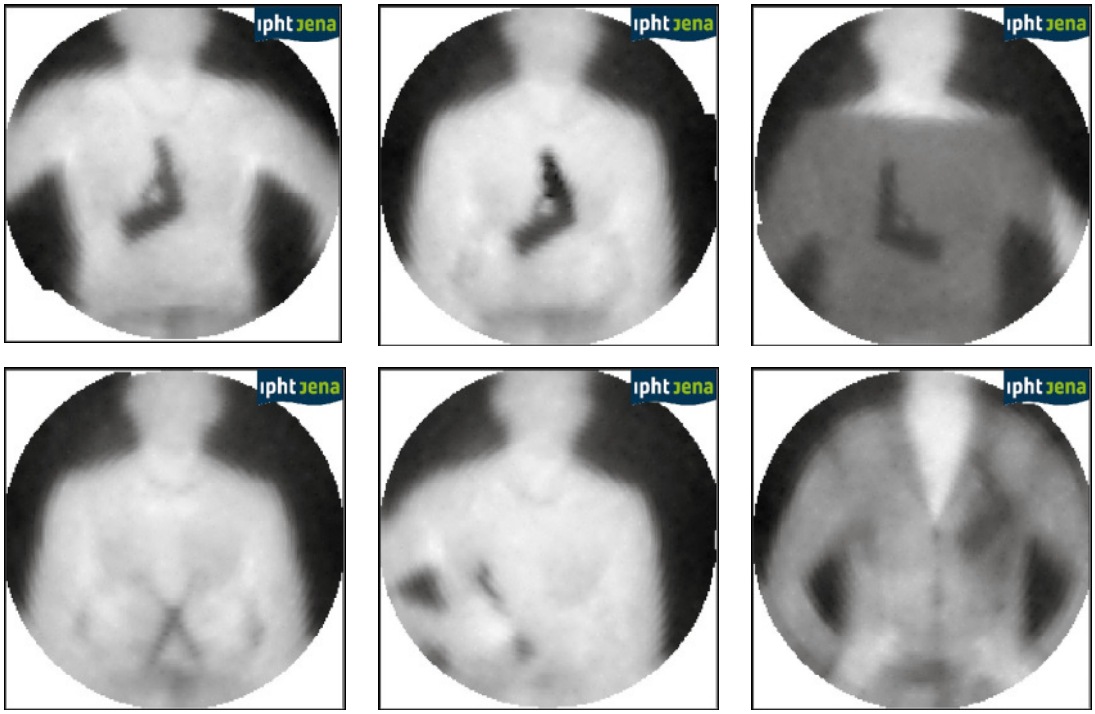

Abbildung 12: Objekte im THz Bereich

Die Arbeiten hierzu sind nicht abgeschlossen. Es wurde während der Projektlaufzeit als wichtiger erachtet die Ressourcen auf die Stabilität des eigentlichen Objekterkennungsprozesses zu konzentrieren.

Eine wichtige Erkenntnis konnte jedoch im Zusammenhang mit einer endgültigen Objektklassifikation gewonnen werden. Sie bezieht sich auf die Nutzung der Bilddaten

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

aus dem sichtbaren und dem Infrarot-Kanal. Die bisherigen Konzepte zur Datenfusion gehen von einer Verschmelzung der Bilddaten aus, entweder der Bilder sofort oder nach einigen Auswerteschritten in den jeweiligen Kanälen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass folgendes Vorgehen von noch höherem Nutzen sein könnte, zumindest was die automatische Auswertung angeht.

Zunächst wird in den THz-Bilddaten nach Objektkandidaten gesucht. Sobald ein Kandidat gefunden ist, wird in den anderen beiden Kanälen überprüft was in dem entsprechenden Bereich vorhanden ist. Ist beispielsweise im sichtbaren Bereich ebenfalls ein Objekt erkennbar, so ist es wahrscheinlich dass ein Gegenstand außerhalb der Kleidung getragen wird und eine Alarmierung ist nicht notwendig (allerdings kann ein außerhalb der Kleidung getragener Gegenstand einen innen getragenen verdecken). Wird im Sichtbaren nichts erkannt, kann das Infrarotbild herangezogen werden. Es kann sich eine Bestätigung ergeben oder nicht. Wird nichts bestätigt sollen im THz-Bild nähere Untersuchungen stattfinden.

2.1.2.2.5 AP 7.4.5 Implementierung der Verfahren in operationelle Software und Test

Die Implementierung der Verfahren in operationelle bedurfte keiner wesentlichen neuen Schritte, weil die operationellen Randbedingungen von Anfang an mitberücksichtigt wurden. Die Software wurde bereits während der Entwicklung bezüglich des Rechenzeitaufwands optimiert.
Vor den Feldversuchen wurde die Software mit dem vorhandenen Bildmaterial getestet. Außerdem wurden Live-Tests unmittelbar an der Kamera beim IPHT in Jena und mit Unterstützung von Jena-Optronik durchgeführt.

2.1.2.2.6 AP 7.4.6 Untersuchungen zu einer objektbezogenen Sensordatenfusion

In diesem AP werden Überlegungen angestellt alle 3 Spektralbereiche zur Objekterkennung zu nutzen. Erste Überlegungen werden angestellt. Die Thematik ist noch zu vertiefen.
Zweifellos sind die THz-Bilder am besten geeignet um die versteckten Objekte zu erkennen.

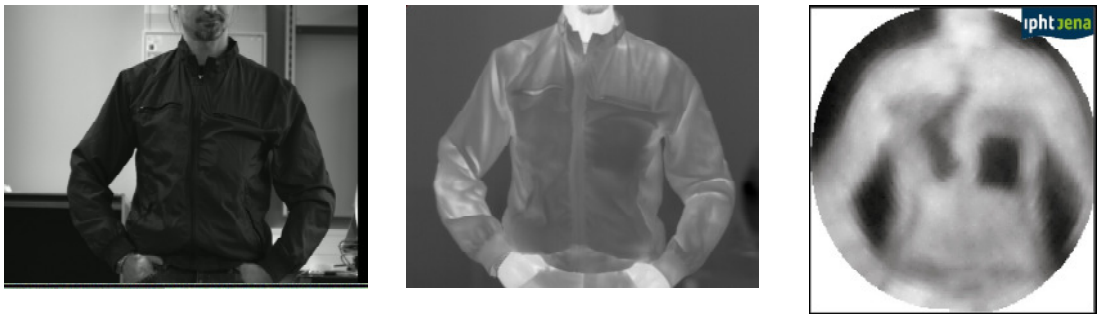

Abbildung 13: Bilder vom Spektrum VIS, IR und THz

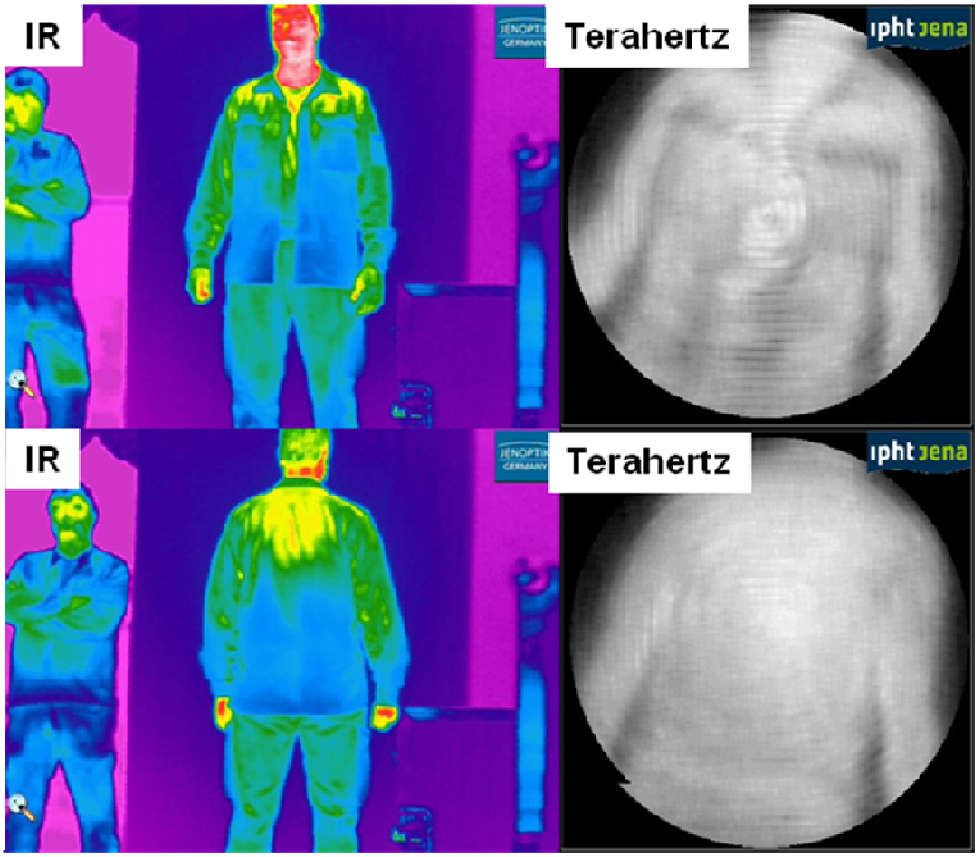

Abbildung 14: Bilder im Spektrum IR und THz

Die automatische Interpretation des kontrastarmen Terahertzbildes könnte schwierig werden. Es stellt sich die Frage, ob das Infrarotbild helfen kann.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

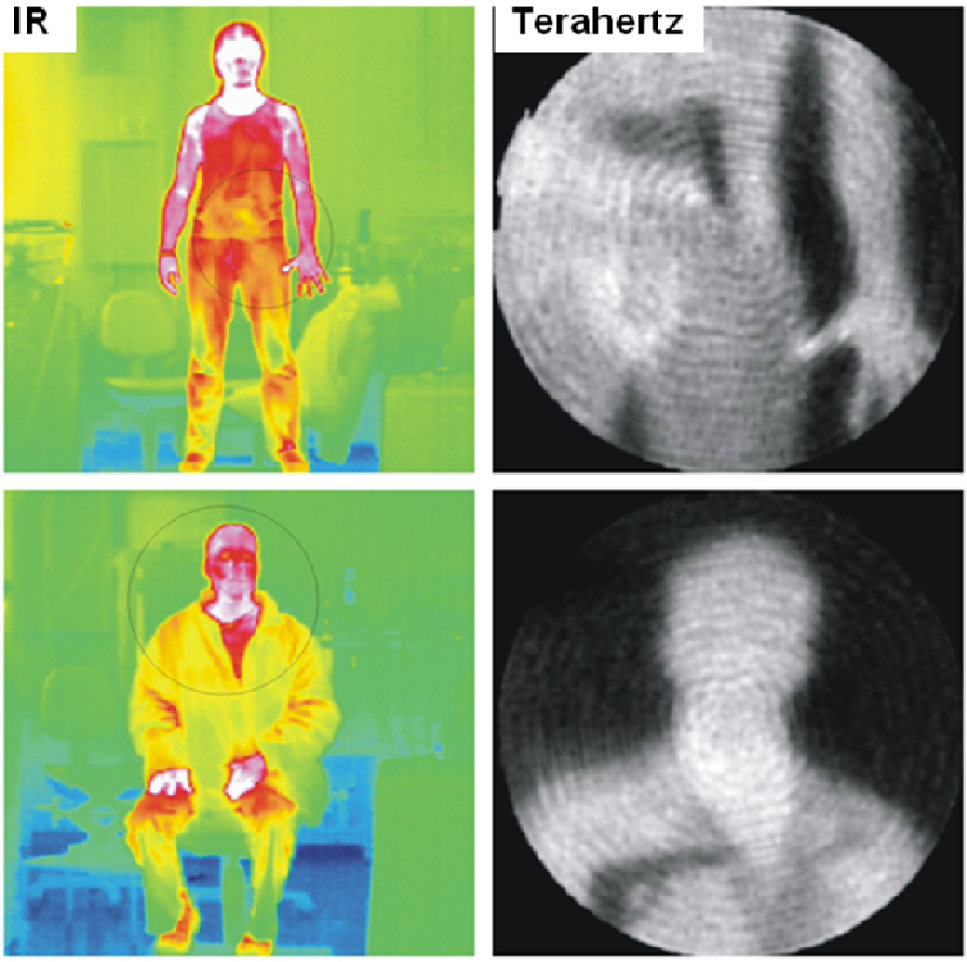

Abbildung 15: Bilder im Spektrum IR und THz

Die Interpretation des Terahertzbildes ist hier einfacher, da:

- Die Waffe ist im Terahertzbild erkennbar ist, aber im Infrarotbild nicht.
- Die Person hebt sich aber im Infrarotbild vom Hintergrund ab.

Möglicherweise lässt sich die Zusatzinformation anderer Sensoren nur zur Abtrennung der Person vom Hintergrund nutzen.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

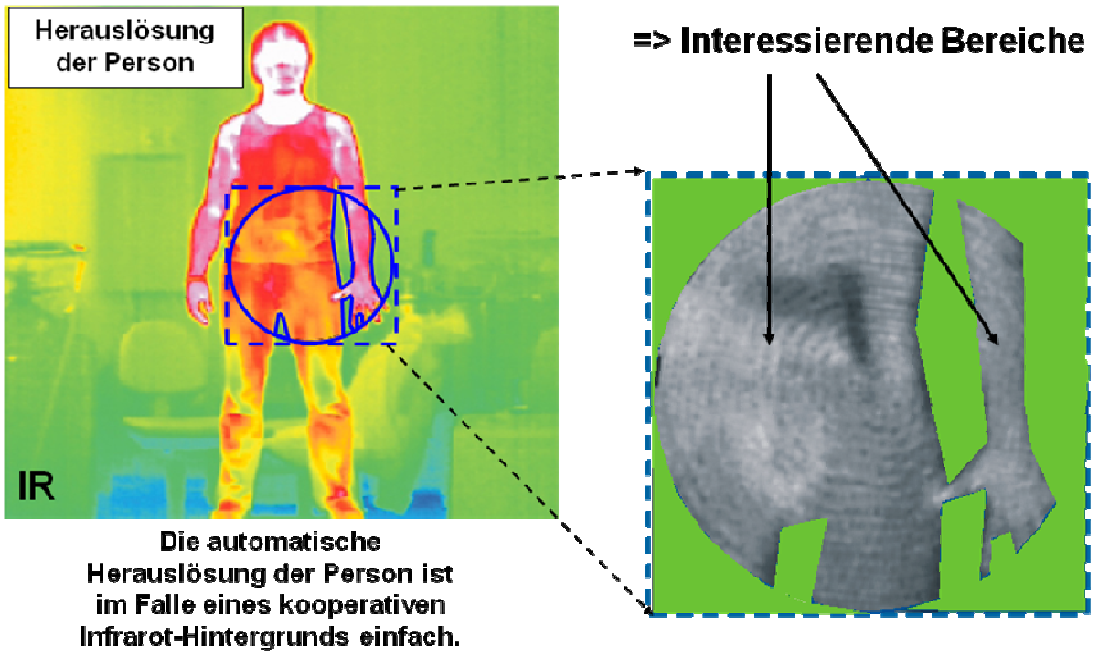

Abbildung 16: Herauslösen der Person durch IR Bildinformation

2.1.2.2.7 AP 7.5.1 Anpassung an die Schnittstellen zu den Bilddatenströmen

Der Algorithmus zur automatischen Objekterkennung im THz-Bild liegt zunächst (d.h. während der Entwicklungsphase) als eigenständige Software vor und benutzt als Eingabe lediglich aufgezeichnete Bilder, die in Form einer Datei vorliegen. Als Betriebssystem sowohl für die BV als auch für den Betrieb wurde von allen Beteiligten Microsoft Windows verwendet.

Für eine online arbeitende operationelle Lösung muss der Algorithmus an die Schnittstellen zu den Bilddatenströmen angepasst und in ein möglichst universell einsetzbares und konfigurierbares Software-Modul umgesetzt und implementiert werden. Als Lösungsansatz hierfür bietet sich das Dynamic Link Library – Modell (DLL) von Windows an. Dies bietet die Möglichkeit der Einbindung in unterschiedliche Anwendungen, z.B. in die Steuerungs- und Bildaufbereitungssoftware des IPHT für die THz-Kamera welche unter LabView betrieben wird.

Für die Erstellung des Moduls wurde zunächst die Software-Schnittstelle vom und zum Modul definiert. Sie besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Konfigurationsparameter für die BV
- Definition der Bilddaten und deren Übergabe
- Definition der BV-Ergebnisse

Konfigurationsparameter für die BV

Es wurde ein Datensatz definiert, der alle notwendigen Parameter für die Bildverarbeitung enthält. Dazu zählen im Wesentlichen die Bildgröße in Form von Breite und Höhe des Bildes, eine Information über die Bildorientierung (aufrecht, gespiegelt, auf dem Kopf stehend etc.) und Parameter zur Steuerung der eigentlichen Algorithmen.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

Definition der Bilddaten und deren Übergabe

Die Bilddaten liegen in der Form von aufeinanderfolgenden Bytes im Speicher vor (ein sogenanntes Byte-Array). Dabei wird für jeden Bildpunkt ein einzelnes Bytes verwendet, das den entsprechenden Grauwert dieses Bildpunktes im Bild darstellt. Damit lässt sich ein Grauwertbild mit maximal 256 Graustufen (ist gleich ein Byte) darstellen. Dem Softwaremodul werden nun diese Bilddaten in Form eines Zeigers auf den entsprechenden Speicherbereich des Byte-Arrays übergeben. Die Speicherverwaltung für die Bilddaten obliegt dabei dem Anwendungsprogramm und nicht dem Software-Modul.

Definition der BV-Ergebnisse

Die Bilddaten werden nun vom Algorithmus verarbeitet und ausgewertet. Das Ergebnis hierbei sind Objekte im Bild. Dabei kann es sich um ein oder auch mehrere Objekte handeln. Die vom Algorithmus erkannten Objekte werden als Liste von rechteckigen Bereichen im Bild an das aufrufende Programm zurückgegeben. Dabei stellt ein solcher rechteckiger Bereich (eine sogenannte Region of Interest - ROI) ein Rechteck dar, das das entsprechende Objekt komplett umschließt und zwar unabhängig von dessen tatsächlicher Form.

Die im Rahmen dieses Vorhabens entwickelte Algorithmik wurde nun gemäß den definierten Schnittstellen in eine Standard 32 Bit Windows DLL umgesetzt und getestet. Sie ist auch auf einem 64 Bit Windows System lauffähig.

Die Anwendungsschnittstelle reduziert sich im Wesentlichen auf zwei Funktionsaufrufe:

ConfigBV(…) und *ProcessImage(…)*

Durch Aufruf von ‚ConfigBV(…)', der am Beginn der Verarbeitung erfolgen muss, werden dem System die notwendigen Parameter zur Initialisierung übergeben, wie sie oben definiert wurden.

Mit dem Aufruf der Funktion ‚ProcessImage(…)' werden die Bilddaten wie oben definiert übergeben. Die Funktion verarbeitet die Daten und gibt die Liste der Objekte zurück.

Neben diesen beiden grundlegenden Funktionen wurden noch weitere Hilfsfunktionen definiert:

ShowDllInfo(…)

Diese Funktion öffnet ein Dialogfenster mit Informationen zur Version und Konfiguration der BV. Sie ist auch sehr hilfreich um die erfolgreiche Einbindung der DLL in eine Anwendung zu testen.

GetMemoryInUse(…)

Mit dieser Funktion kann der von der Algorithmik intern benötigte und allokierte Speicherplatz abgefragt werden.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

Da es sich bei der entwickelten DLL um eine Standard Windows DLL handelt, kann die Algorithmik nun in eine beliebige Anwendung integriert werden. Beispielsweise in die Steuerungs- und Bildaufbereitungssoftware für die THz-Kamera des IPHT oder auch in eine komplett eigenständige Anwendung. Beide Varianten wurden im Rahmen des Vorhabens umgesetzt und getestet.

2.1.2.2.8 AP 7.5.2 Auswahl geeigneter Visualisierungssoftware

Eine frei verfügbare, für diese spezielle Anwendung geeignete Visualisierungssoftware existiert nicht. Für die Entwicklung der Algorithmen werden von Diehl eigene Entwicklungstools und Software Module verwendet. Für den praktischen Einsatz sind diese jedoch nicht geeignet. Da die Algorithmen nun in einer Windows DLL vorliegen, wurde in einem ersten Schritt die Bildverarbeitung an die Steuerungs- und Bildaufbereitungssoftware des IPHT angebunden. Diese Software arbeitet unter LabView und ermöglicht die Steuerung und die Visualisierung der THz-Kamera bzw. deren Bilddaten. Deshalb erschien es sinnvoll in diese Software auch die Bildverarbeitungs-DLL zu integrieren.

Dazu wurde gemeinsam mit Mitarbeitern des IPHT im Rahmen einer Arbeitssitzung in Jena die LabView-Software angepasst und die DLL eingebunden. Die Einbindung erfolgte ohne große Probleme innerhalb kurzer Zeit, sodass nun auch am Steuerrechner der THz-Kamera bereits online die Daten analysiert und die Ergebnisse angezeigt werden können.

Ein Nachteil dieses Vorgehens jedoch ist, dass eine hohe Rechenleistung notwendig ist, denn die THz-Kamera muss gesteuert werden (Scanner und Bilddaten auslesen) und die Rohdaten der Kamera müssen erst noch in Echtzeit als Bild aufbereitet werden. Dazu kommt nun noch die Verarbeitung der Daten und die Objekterkennung, die naturgemäß eine ordentliche Rechenleistung benötigen.

In der Gesamtkonzeption werden IR-Bilder, VIS-Bilder und THz-Bilder fusioniert. Diese Fusionierung wird von der Fa. Jenoptik durchgeführt und läuft auf einem separaten Rechner, welcher an den THz-Rechner per Ethernet angebunden ist. Dieser Rechner kann auch als Image-Server dienen. Es lag deshalb nahe, eine eigenständige Anwendung für die Durchführung der THz-Bildverarbeitung und deren Visualisierung zu erstellen und ebenfalls per Ethernet an den Bildserver anzubinden.

2.1.2.2.9 AP 7.5.3 Erstellung und Test der Visualisierungsoberfläche

In der Gesamtkonzeption der Software für die THz-Kamera, VIS- und IR-Kamera, Fusionierung und THz-Bildverarbeitung sind mehrere Rechner beteiligt, die per Ethernet miteinander verbunden sind. Ein Rechner dient zur Steuerung und zum Betrieb der THz-Kamera (sowie der VIS- und IR-Kamera), ein weiterer arbeitet als Image-Server und führt die Fusionierung der Bilder durch, während ein dritter Rechner nur für die Visualisierung und Verarbeitung der THz-Bilder zuständig ist. Diese Client-Server-Struktur ist schematisch in Abbildung 17 dargestellt.

Der Rechner des IPHT betreibt und steuert dabei die THz-Kamera sowie die angeschlossene VIS- und IR-Kamera und bereitet die Rohdaten der THz-Kamera zu einem Grauwertbild auf und stellt diese per Ethernet-Verbindung zur Verfügung.

Der Rechner von Jenoptik ist an dieses Netzwerk angeschlossen, stellt das IR-, VIS- und THz-Bild dar und fungiert als Image-Server für das THz-Bild.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

Die von DBD entwickelte DLL mit der THz-Bildverarbeitung kann sowohl in die Software des IPHT eingebunden werden (siehe vorheriges Kapitel), als auch in die ebenfalls von DBD erstellte eigenständige Software „THz-BV-Client“, die im Folgenden beschrieben wird.

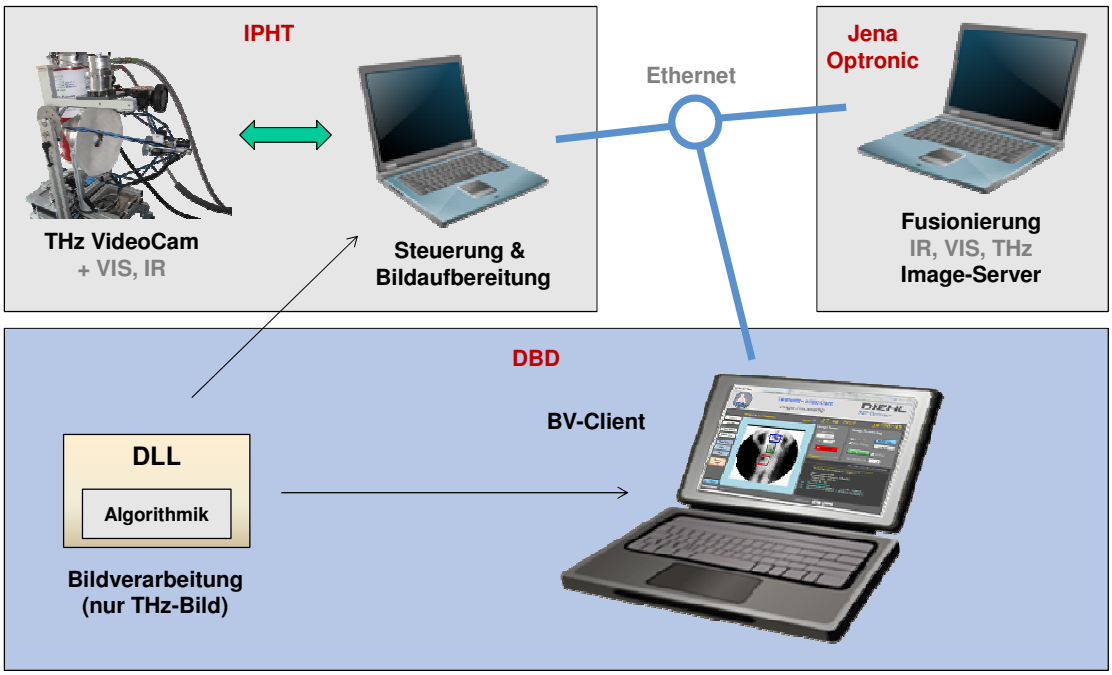

Abbildung 17: Client-Server Struktur der beteiligten Rechner

Die Software „THz-BV-Client“

Die Verarbeitung und Visualisierung der THz-Bilddaten ist in einer eigenen Client-Anwendung umgesetzt. Die Anwendung ist als .Net-Anwendung unter den Betriebssystemen Windows XP, Windows Vista oder Windows 7 sowohl in der 32 Bit- als auch in der 64 Bit-Version realisiert. Zum Betrieb dieser Software sind drei Komponenten erforderlich (siehe Abbildung 18):

- Ein Server der die THz-Bilddaten per Ethernet zur Verfügung stellt,
- die Algorithmen für die Bildverarbeitung in Form einer DLL (siehe oben)
- sowie die eigentliche Client-Anwendung (die Oberfläche)

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

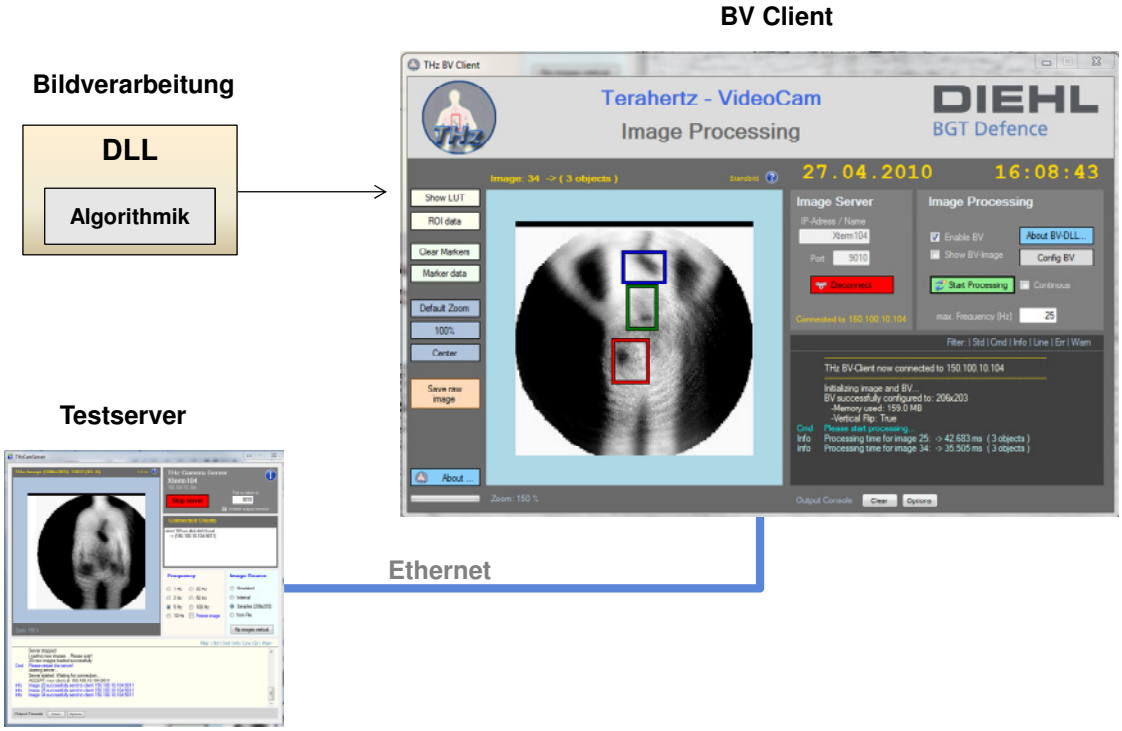

Abbildung 18: Komponenten der THz-BV-Client Anwendung

Die Anwendung bietet folgende Funktionalitäten:

- TCP/IP Client Anwendung
- Algorithmik per DLL eingebunden
- Automatische Anpassung an Eingangsbildformat
- Anpassung an Spiegelung & LUT
- Komfortable Bild- und Ergebnisdarstellung
- BV auch interaktiv konfigurierbar
- Umfangreiche Diagnostizierung & Protokollierung
- Speicherung möglich (raw, jpg)

Die Oberfläche des BV-Clients

Abbildung 19 zeigt die Oberfläche des BV-Clients. Diese ist unterhalb der Titelzeile mit Logo und Titel in mehrere Bereiche gegliedert. Auf der linken Seite befinden sich einige Schaltflächen, die im Wesentlichen die Bilddarstellung steuern. Dazu gehören Helligkeit und Kontrast die über eine Lookup-Tabelle (LUT) gesteuert werden, sowie Zoomfunktionen, Marker und BV-Objekte (Region of Interest, ROIs). Daneben befindet sich das THz-Bild mit den entsprechenden Einblendungen. Auf der rechten Seite schließt sich der Netzwerkbereich an (Image Server), wo die Verbindung zum Server hergestellt wird und der Bereich der Bildverarbeitung (Image Processing), die hier konfiguriert und gestartet werden kann. Unterhalb dieser zwei letzten Bereiche befindet sich noch ein Ausgabefenster in dem die wesentlichsten Informationen ausgegeben werden.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

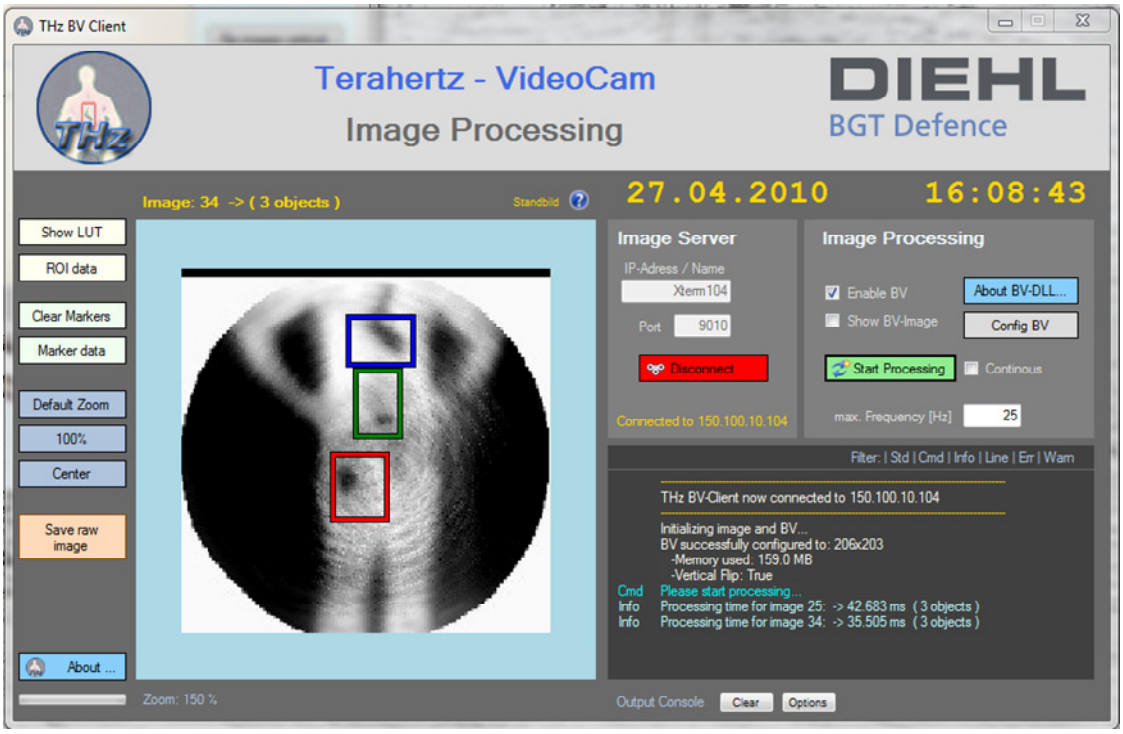

Abbildung 19: Oberfläche des BV-Clients

Die grundlegende Bedienung der Software gestaltet sich relativ einfach:
Zunächst verbindet man sich mit dem Image Server. Dazu stellt man die IP-Adresse oder den Hostnamen des Servers sowie dessen Portnummer ein (voreingestellt ist immer der zuletzt benutzte Eintrag) und wählt dann „**Connect**“. Die Software versucht nun sich mit dem Server zu verbinden. Im Falle einer erfolgreichen Verbindung wechselt die Schaltfläche „**Connect**“ zu „**Disconnect**“ und der Client ist mit dem Server verbunden. Im Fehlerfalle erscheint eine entsprechende Meldung im Ausgabefenster.

Zunächst werden jedoch noch keine Bilddaten ausgetauscht. Die Software ist so konzeptioniert, dass sie Daten nur auf Anforderung vom Server holt. Der Server muss also die Daten nicht kontinuierlich „streamen“, sondern wartet auf eine Anforderung seitens des Clients. Er schickt dann das letzte aktuell verfügbare Bild zum Client, der es dann entgegen nimmt, verarbeitet und darstellt.

Dieser Prozess (Bild vom Server holen, verarbeiten und darstellen) wird durch „**Start Processing**“ einmalig ausgelöst. Soll die Software kontinuierlich arbeiten, so ist einfach „**continous**“ zu wählen, dann wird dieser Prozess ständig wiederholt (bis zur maximal eingestellten Frequenz bzw. bis zur entsprechend der Rechnerleistung möglichen Frequenz oder der durch den Server bestimmten maximalen Frequenz).

Für eine spätere Auswertung kann auch jederzeit ein aktuelles Bild im Rohdatenformat abgespeichert werden.

Die Verarbeitung der Daten kann auch abgeschalten werden (für den Fall, dass nur das THz-Bild live dargestellt werden soll). Dazu ist „**Enable BV**“ zu deaktivieren.

Da das THz-Bild auch Störungen durch den spiralförmigen Abtastmechanismus enthalten kann, wird, wie bereits in vorherigen Kapiteln beschrieben, das Bild vor der eigentlichen Verarbeitung gefiltert bzw. geglättet. Auch dieses geglättete Bild, auf dem dann die eigentliche Bildverarbeitung aufbaut, kann dargestellt werden. Dazu ist „**Show BV-Image**“ zu wählen.

Zur optimalen Darstellung als auch zur Analyse der Bilddaten kann ein Dialog zur Einstellung der Lookup-Tabelle aufgerufen werden („**Show LUT**“). Dieser ist in Abbildung 20 zu sehen.

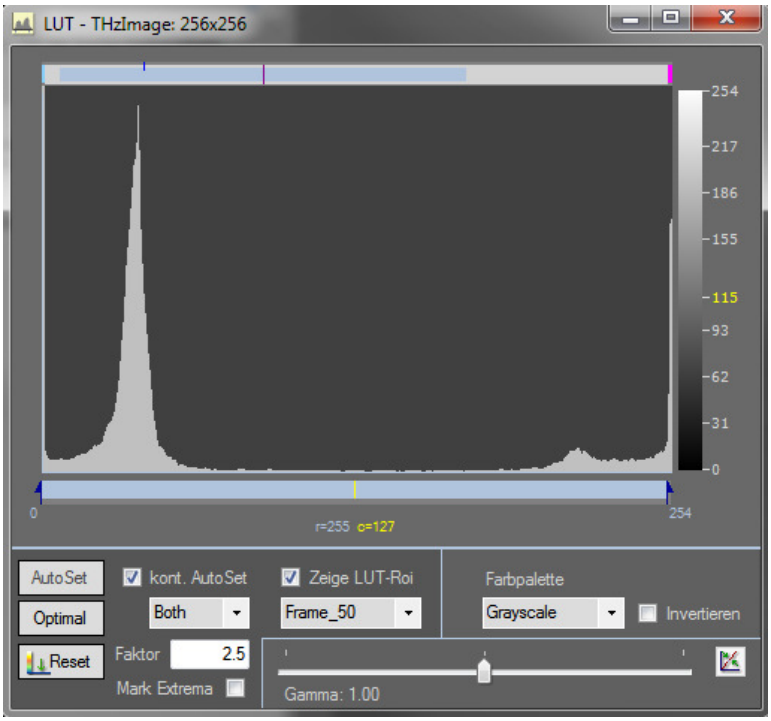

Abbildung 20: Dialog zur Einstellung der LUT

Im Hauptfenster des Dialogs ist das Histogramm des Bildes zu sehen. Minimum und Maximum der Farbpalette lassen sich darin dem Bildinhalt anpassen, entweder automatisch, halbautomatisch oder manuell. Des Weiteren sind auch einige statistische Aussagen wie Min, Max, Sigma, Mittelwert und Median zu entnehmen und/oder die Darstellung als Falschfarben möglich.

Die Anwendung kann, wie in Abbildung 21 dargestellt, das THz-Bild auch in einem separaten Fenster darstellen. Dabei kann das THz-Bild-Fenster auch auf einen zweiten separaten Monitor verschoben werden (auch vergrößert). In dieser Einstellung wurde das System auch im Feldtest betrieben (siehe hierzu Abbildung 27 in Kapitel 2.1.3.2.3).

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

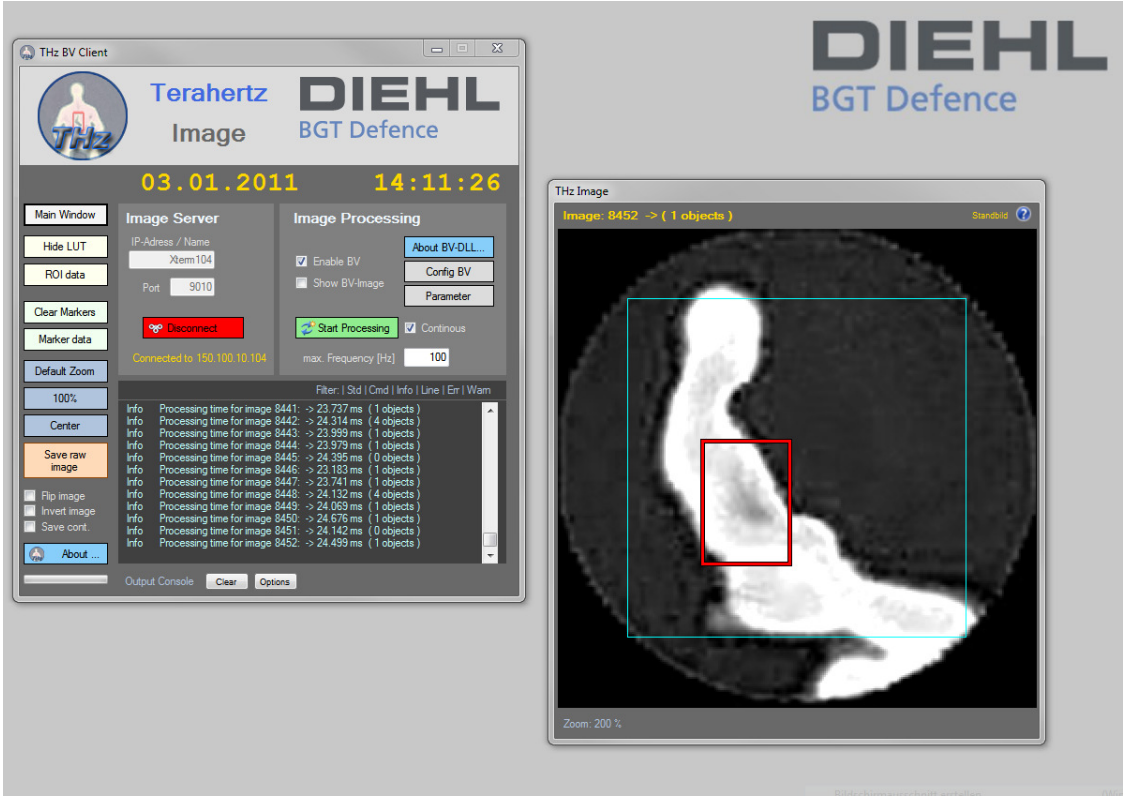

Abbildung 21: Anwendung mit separierten Fenstern

Der Testserver

Da die THz-Kamera nicht ständig verfügbar ist, jedoch Bilddaten für die Entwicklung und zum Test der Software sowie für Demonstrationszwecke notwendig sind, musste noch ein Testserver erstellt werden. Dieser hat die Aufgabe, Testbilder oder auch aufgezeichnete Originalbilder der THz-Kamera per Ethernet in gleicher Weise zu senden, wie die originale Anwendung. Auch diese Anwendung ist als .Net-Anwendung realisiert und unter Windows XP, Windows Vista oder Windows 7 sowohl in der 32 Bit- als auch in der 64 Bit-Version lauffähig.

Der im Rahmen dieses Arbeitspakets erstellte Testserver bietet folgende Funktionalitäten:

- TCP/IP Server asynchron
- Beliebig viele Clients
- Nur neue Bilder werden an die Clients gesendet
- Eingebaute Test- & Samplebilder
- Reale, aufgezeichnete Bilder (raw, jpg, gif…) ladbar
- Beliebige Bildgrößen
- Variable Frequenz

Abbildung 22 zeigt die Oberfläche des Testservers. Der Server verwaltet eine gewisse Anzahl von Bildern (Testbilder, interne Beispielbilder oder auf Platte gespeicherte, in unterschiedlichen Formaten aufgezeichnete Originalbilder) die dann sequenziell mit

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

einer einstellbaren Frequenz abgearbeitet werden. Das gerade aktuelle Bild wird im linken oberen Bereich dargestellt. Rechts daneben sind die Servereinstellungen wie IP-Adresse, Hostname und Portnummer verfügbar. Ebenso kann hier der Server gestartet bzw. angehalten werden.

Der Server kann beliebig viele Clients bedienen. Jeder verbundene Client wird dabei in einer Liste angezeigt. Unterhalb der Clientliste kann die Frequenz der Bilddaten sowie die Datenquelle eingestellt werden.

Im Ausgabebereich werden aktuelle Informationen oder auch Fehlermeldungen angezeigt.

Abbildung 22: Oberfläche des Testservers

Der Testserver kann auf einem beliebigen Rechner, der für die BV-Clients im Netzwerk zugänglich ist, betrieben werden. Ein Client auf einem beliebigen anderen Rechner kann sich dann an diesem Server Anmeldung und Bilddaten anfordern. Client und Server dürfen natürlich auch auf ein und demselben Rechner laufen, solange es die Rechenleistung zulässt (was bei heutigen, modernen PCs oder Laptops kein Problem ist).

2.1.3 Arbeitspaket 8: Feldtest

2.1.3.1 Gegenstand und Ziele

Der Feldtest umfasst die Überprüfung der Gesamtsystemleistung in der vorgesehenen Einsatzumgebung und unterteilt sich in folgenden thematischen Bereichen:

- AP 8.1 Vorbereiten der Tests
  - Informationsrecherche über bereits durchgeführte ähnliche Arbeiten in anderen Projekten
  - Recherche möglicher Vorschriften, Normen oder Szenarien für die Flughafenkontrollen
  - Ableitung der Szenarioeigenschaften basierend auf den durchgeführten Recherchen
- AP 8.2 Entwickeln realistischer Szenarien zum Einsatz am Flughafen
  - Detaillierte Szenariodefinition (z.B. Anzahl der Personen im Kontrollbereich, Anzahl der Personen mit gefährlichen Gegenständen, Art der Gefahrgegenstände, Position der Personen bezüglich der Kamera usw.)
  - Übertragen des Szenarioentwurfs auf die reale Umgebung für die Messversuchsdurchführung
  - Organisation, Vorbereitung und Aufbau der nachgestellten Testumgebung
- AP8.3 Durchführen der Feldtests
  - Gesamtsystemtest vor der Versuchsdurchführung
  - Durchführung der definierten Messreihen
- AP 8.4 Auswerten der Tests
  - Auswertung der Messdaten
  - Visualisierung der Messergebnisse

2.1.3.2 Erzieltes Ergebnis

2.1.3.2.1 AP 8.1 Vorbereiten der Tests

Die Randbedingungen und Anforderungen an einen Test wurden anhand von 2 Gesprächen ermittelt.

- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft / Abteilung Luftverkehr am 12.11.2007
- Luftamt Nordbayern am 25.07.2010

Bei diesen Gesprächen wurden Zulassungsaspekte, Beschaffungsablauf und Zuständigkeiten, Einsatz einer THz-Kamera und die Prüfprozedur mit folgendem zusammengefasstem Ergebnis erörtert.

- Die THz-Kamera ist am Portalbereich einzusetzen
- Ohne Gerätezulassung ist ein Einsatz im öffentlichen Bereich ausgeschlossen
- Bei einem Test an einem Flughafen dürfen keine Prüfkörper verwandt werden, von denen eine Gefahr ausgehen kann.
- Folgende Gegenstände erweisen sich derzeit als Problemfälle und bedingen eine Nachkontrolle:
  - Schmuck, Ketten, Broschen
  - Gürtelschnallen

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

  - Wanderschuhe, Schuhe mit Stahleinlagen
  - Implantate, künstliche Gelenke, Prothesen
  - Herzschrittmacher
- Folgende Gegenstände sollten nicht zur Alarmauslösung führen
  - Bordkarte
  - Taschentücher, Papier auch Packung, Stofftaschentücher
  - Geldscheine
- Folgende Kleidungsstücke werden nicht abgelegt:
  - Ärmellose Westen
  - Jackett ohne darunter getragene Bluse
  - Dicker Jeansstoff
  - Leder (dicke Lederhose, dicke Lederjacke)
  - Kniehohe Winterstiefel
- Folgende Materialien sind durch neue Detektionssysteme vordringlich zu erkennen
  - Sprengstoff
    - Foliensprengstoff größer 3 mm am Oberkörper (reiner Sprengstoff)
    - Foliensprengstoff auf dünner Aluminiumfolie (russische Folie)
    - Sprengstoff am Gürtel
    - Flüssigkeiten zur Herstellung von Sprengstoff
    - Anmerkung: beim der Sprengstoffdetektion ist es nicht erforderlich den Stoff als Sprengstoff zu erkennen, sondern es genügt, wenn das Detektionssystem eine Anomalie erkennt.
  - Keramische Gegenstände
  - Messer und Pistolen bzw. Pistolenteile aus Metall und Keramik
  - Rasierklingen
- Das Luftamt Nordbayern machte folgende Vorgaben für das Testszenario:
  - Prüfkörper:
    - Kleine metallische Handfeuerwaffe, Handfeuerwaffe aus GfK, keramisches Messer, Taschenmesser
    - Mobiltelefon
    - Sprengstoffe (Foliensprengstoff und formbare Sprengmasse)
    - Flüssigkeiten zur Herstellung von Sprengstoffen (100ml)
    - Spielzeugpistolen, Rasierklingen
  - Platzierung der Prüfkörper:
    - Knöchelbereich, Wade, Oberschenkel, im Stiefelschaft
    - Bundbereich, unter einem Ledergürtel oder Lederschnalle
    - Im Gesäßbereich hinter einer Geldbörse
    - Im Rückenbereich befestigt
    - In der Innentasche eines Hemdes oder Jacketts, hinter der Brieftasche

2.1.3.2.2 AP 8.2 Entwickeln realistischer Szenarien zum Einsatz am Flughafen

In Übereinstimmung mit den Verbundpartnern und dem Luftamt Nordbayern wird der Feldtest am Flughafen Nürnberg in einem nicht öffentlichen Bereich „Seitenkontrollstelle 1OG“ durchgeführt. Der Versuch ist in der Kalenderwoche KW 24 geplant. Der VIP Tag wird am 17.06.2010 stattfinden und am nächsten Tag die Messreihen.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

Ein Vorversuch ist für die Woche KW 20 2010 in Jena bei IPHT vorgesehen.

Der Feldtest stellt folgendes Sicherheitsszenarium dar: Die Testpersonen passieren einen Eingangskontrollpunkt, der mit den vorgeschriebenen Techniken ausgestattet ist. Die Testpersonen passieren zunächst das Metalldetektor-Durchgangstor für Personen und gehen anschließend auf einen Fixpunkt, bei dem die THZ-Kamera die Überprüfung durchführt.

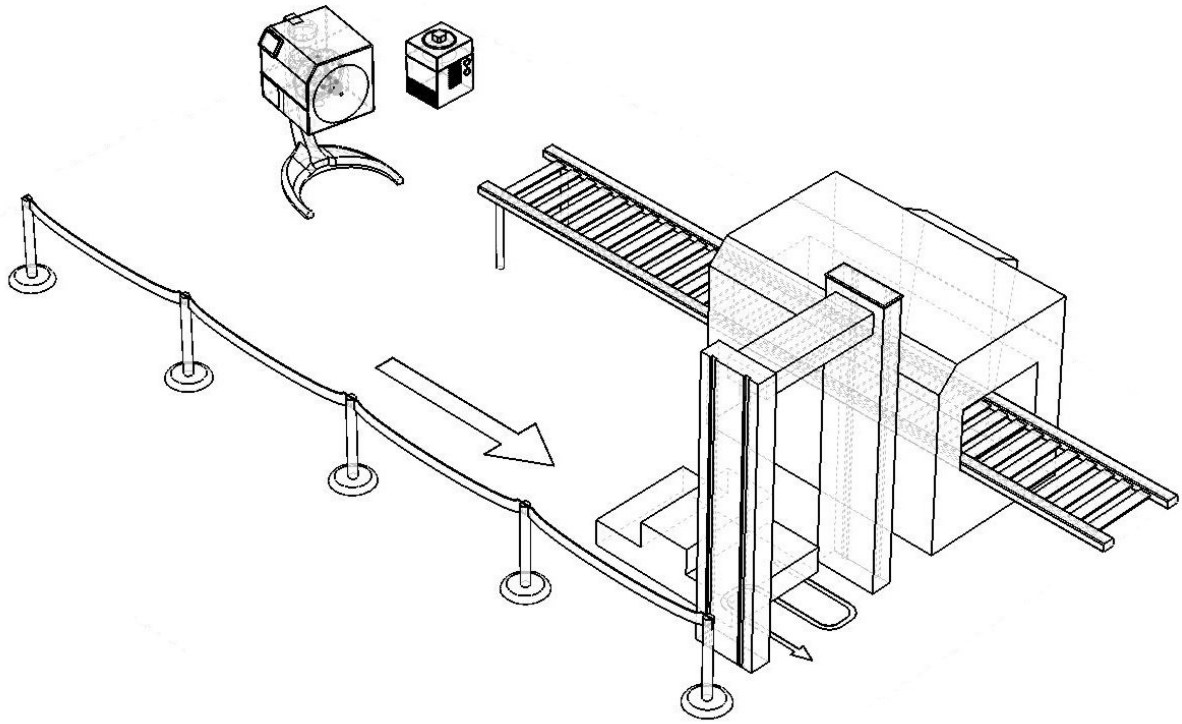

Abbildung 23: Prinzipielles Testszenario

Als Ablauf wird folgende Routine durchgeführt:

- Die Testreihen werden mit 5 Personen aus dem Konsortium durchgeführt. Anschließend können die Besucher das Testszenario betreten.
- Testpersonen sind mit den geforderten definierten Kleidungen angezogen
- Die Testpersonen laufen einzeln durch das Testszenario
- Die Testperson läuft so wie üblich den vorgezeichneten Weg durch das im Betrieb befindliche Metalldetektor-Tor und geht anschließend zu dem Fixpunkt
- Die Testperson dreht sich um die eigene Achse am Fixpunkt
- Die verborgenen am Körper getragenen Prüfkörper werden nacheinander sichtbar abgelegt

Die Prüfkörper sind:

- Metallische Attrappe einer Pistole
- Keramisches Messer
- Handwaschgel
- Plastikrollen

Der Testaufbau sieht folgende Anzeigen vor:

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

- Videostream der THz – Kamera
- Videostream der VIS und IR Kamera
- Fusionierte Videodatenströme
- Bildschirm mit automatischer Objekterkennung (THz-Videostream und Rechteck um das erkannte Objekt)

Abbildung 24: Prüfkörper

2.1.3.2.3 AP8.3 Durchführen der Feldtests

Zu dem Feldtest am Nürnberger Flughafen am 17.06. 2010 wurde in Abstimmung mit den VDI und BMBF nachfolgende Institutionen eingeladen. Es wurde vereinbart, dass keine Presse geladen wird.

Die Personen wurden offiziell eingeladen und auf den Feldtest per Flyer THz-Videokamera und organisatorischer Ablauf vorbereitet. Insgesamt haben 45 Personen an diesen Feldtest teilgenommen. Der Feldtest wurde mit 2 Personengruppen durchgeführt. Pro Personengruppe betrug der Durchlauf ca. 2,5 h.

Die Agenda sah folgendes vor:

- **Begrüßung und Empfang** (Schulungsraum Luftamt Nordbayern)
- **Präsentation THz-Videocam**
  - Gesamtsystem
  - Bilddatenfusion
  - Automatische Bildverarbeitung
- **Transport zum Versuchsort** (Seitenkontrollstelle)
- **Demonstration**
  - Erläuterung Versuchsaufbau/Ablauf
  - Vorführen der Testreihen
  - THz- Videocam Monitor
  - Bilddatenfusion
  - Automatische Bildverarbeitung
- **Abschlussdiskussion**

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

Das Luftamt Nordbayern testete die Kamera mit eigenen Prüfkörpern. Die THz-Kamera detektierte alle Probanden bis auf 2 Prüfkörper (2 Patronen des Kalibers von ca. 4 mm, metallischer Draht 2 * ca. 1mm Durchmesser und 0,25m Länge).

Abbildung 25: Einlaufkanal und Metall-Tor-Sonde

Abbildung 26: Testaufbau

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

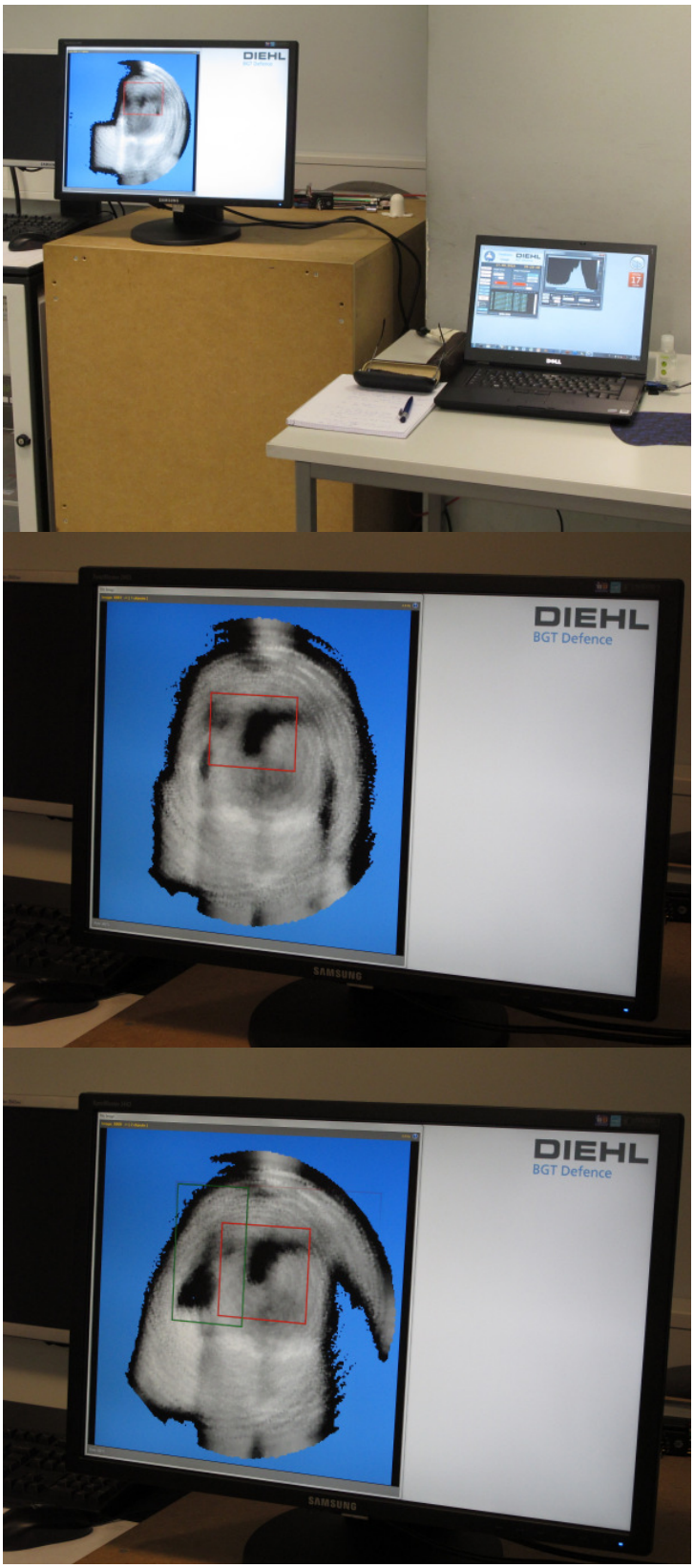

Abbildung 27: Graphische Anzeige der automatischen Objekterkennung

Abbildung 28: Graphische Darstellung der VIS, IR, THZ und fusioniertes Bild

2.1.3.2.4 AP 8.4 Auswertung des Feldtests vom Flughafen Nürnberg

Untersuchung von aufgezeichnetem Bildmaterial: Es wurde ausreichend Bildmaterial während des Feldtests aufgezeichnet. Die Daten wurden im Anschluss mit der aktuellen Version der Auswertesoftware bearbeitet. Die Ergebnisse dieser Auswertung zeigen, dass in der Regel die zu entdeckenden Objekte erkannt werden. Allerdings zeigt sich auch, dass die in diesem Bericht bereits erwähnten Scheinobjekte wie Schatten und bei halb angelehnten Armen teilweise noch zu Fehlerkennungen führen. An einer Optimierung der Erkennungsalgorithmen müsste daher weiter gearbeitet werden. Es bestehen gute Chancen auch diese Effekte zufriedenstellend in den Griff zu bekommen. Die folgenden Abbildungen zeigen beispielhaft Auswertungsergebnisse.

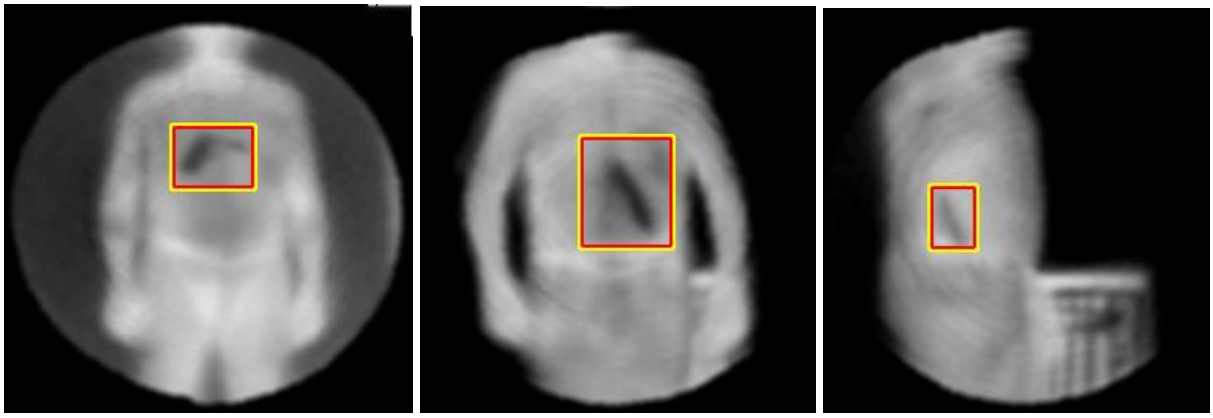

Abbildung 29: Auswertebeispiele

Die erkannten Objekte sind durch Rechtecke markiert.
Bei dem Feldversuch wurde die Notwendigkeit weiterer Verbesserungen sowohl am Kamerasystem als auch an der Bilddatenauswertung deutlich.

Zukünftig notwendige Arbeiten bezogen auf die Bilddaten:

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

Neben einer Vergrößerung des Gesichtsfeldes der Kamera sind insbesondere bezüglich der Bilddaten folgende weitere Arbeiten notwendig:

- Entwicklung eines verbesserten Verfahrens zur Überlagerung von Pixelwerten, die sich beim Scanner überlappen. Dies wird sowohl beim aktuellen Spiralscan als auch bei einem etwaigen neuen Linearscanner erforderlich sein.
- Weitere Optimierung der Verfahren zur automatischen Objekterkennung. Insbesondere ist das Thema der Unterdrückung von Scheinobjekten weiter zu bearbeiten. Der Grund hierfür liegt in der Forderung nach geringen Falschalarmraten in manchen Anwendungen. Beispielsweise in einer Personenschleuse am Flughafen.
- Da sich Personen bewegen können und durch die erhöhte Bildrate der Kamera, werden nacheinander unterschiedliche Ansichten des Körpers abgebildet. Dies erscheint als ein großer Vorteil gegenüber Systemen, die bereits längere Zeiten benötigen um Standbilder zu erzeugen. Die Bilder sollten schritthaltend mit ihrer Entstehung verarbeitet werden. Für eine automatische Bildverarbeitung respektive. die Objekterkennung entsteht eine neue interessante Situation. Zum einen können jetzt zeitlich nacheinander verschiedene Objekte zum Vorschein kommen, die es zu erkennen gilt. Anderseits wird in der Regel ein und dasselbe Objekt an mehreren Zeitpunkten in etwas unterschiedlicher Lage abgebildet. Eine zeitliche Verfolgung der detektierten Objekte würde die Zuverlässigkeiten sowohl bei der Detektion als auch bei Reduktion von Falscherkennungen erhöhen. Diese neue Eigenschaft der Bildverarbeitung wäre zu untersuchen und zu implementieren, denn sie würde dabei helfen den eigentlichen Nutzen einer Kamera zu unterstützen.
- Erweiterte Sensordatenfusion: Eine gezielte Verifikation von Ergebnissen der THz-Bildverarbeitung in den Infrarot- und sichtbaren Bilddaten erscheint möglich. Diese Vorgehensweise ist bisher nicht verfolgt worden. Ihre Umsetzung würde zu einer Erhöhung der Zuverlässigkeit der Objekterkennung (Reduktion etwaiger Erkennungsmängel) und somit zu einer Minderung der Gefahr des Auftretens von Falschalarmen führen.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -

2.2 Zahlenmäßiger Nachweis

Siehe Verwendungsnachweis.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geplanten Ergebnisse wurden mit den zugewiesenen Ressourcen und dem geplanten Budget vollumfänglich erreicht.

2.4 Verwertbarkeit des Ergebnisses

Die Beteiligung am Vorhaben THz-Videocam war für Diehl BGT Defence wichtig.

Einerseits wurde vorhandenes technologisches Know-How im Zusammenhang mit der Automatisierung erheblich erweitert. Da es sich um ein grundsätzlich schwieriges Gebiet handelt, ist neu erworbenes Know-How hier besonders wertvoll. Es kommt gewiss anderen Anwendungen zugute.

Zum anderen hat die Beteiligung der Firma eine Reihe wichtiger Aspekte der Sicherheitstechnik verdeutlicht, so beispielsweise im Zusammenhang mit Anforderungen an diese Technik und mit generellen Markterfordernissen. Zusätzlich wurde das Vermarktungspotential abgeschätzt, es wurden Kontakte zu potentiellen Anwendern hergestellt und die Möglichkeit von anschließenden Kooperationen mit Projektpartnern zwecks Vermarktung wurde geprüft.

2.5 Veröffentlichung

Die THz-Videokamera und die erzielten Ergebnisse wurden bei folgenden Veranstaltungen präsentiert:

- 13/14.04.2010 Tagung der DWT (Deutsche Gesellschaft für Wehrtechnik), Forum Forschung und Technologie in Bonn
- 17.06.2010 Feldtest am Nürnberger Flughafen im Rahmen des vorliegenden Projektes
- 01/02.12.2010 Fachtagung Sicherheit in der JVA IV in Nürnberg

Es ist geplant die THz-Videokamera bei dem EU Sicherheitsprojekt IMSK (Integrated Mobile Security Kit) in dem Sub-System Area Surveillance zu integrieren. Demzufolge ist die Technologie, die Schnittstellen, der Einsatz etc. in der entsprechenden Dokumentation niedergelegt.

Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG, Werk Röthenbach, Fischbachstraße 16, D-90552 Röthenbach a d Pegnitz
- OBSERVE PROTECTION NOTICE ISO 16016 -