

IOSB

visIT

[Öffentliche Sicherheit – intelligente Videoauswertung]

Fraunhofer

3/2017

[www.iosb.fraunhofer.de](http://www.iosb.fraunhofer.de)

ISSN 1616-8240



Fraunhofer

IOSB

# Impressum

Herausgeber  
Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Beyerer

Redaktion  
Marion Staub

Layout und graphische Bearbeitung  
Ellen Simon

Druck  
Kraft Premium GmbH  
76275 Ettlingen

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für Optronik,  
Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Fraunhoferstraße 1  
76131 Karlsruhe  
Telefon +49 721 6091-0  
Fax +49 721 6091-413  
presse@iosb.fraunhofer.de

© Fraunhofer IOSB  
Karlsruhe 2017

Ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft  
zur Förderung der angewandten  
Forschung e. V. München

18. Jahrgang  
ISSN 1616-8240

Bildquellen

Titelbild:  
MEV AID019LE07

Seite 14-15:  
Daniel Manger Fraunhofer IOSB

Seite 17:  
Eduardo Monari Fraunhofer IOSB

Alle anderen Abbildungen:  
© Fraunhofer IOSB

Nachdruck, auch auszugsweise,  
nur mit vollständiger Quellenangabe und  
nach Rücksprache mit der Redaktion.

Belegexemplare werden erbeten.

# INHALT

## Themen

- Seite 4 **Datenschutz und Schutz der Persönlichkeitsrechte in der intelligenten Videoüberwachung**  
Erik Krempel, Pascal Birnstill
- Seite 6 **Phantombildgenerierung**  
Chengchao Qu
- Seite 8 **Gesichtswiedererkennung in Videomassendaten**  
Christian Herrmann
- Seite 10 **Sensorbasierte Verhaltensanalyse**  
Wolfgang Hübner, David Münch
- Seite 12 **NEST-CrowdControl – Video-basiertes Assistenzsystem für die Sicherheit von Großveranstaltungen**  
Eduardo Monari, Yvonne Fischer
- Seite 14 **Forensische Bildanalyse**  
Markus Müller, Daniel Manger
- Seite 16 **Drohnenabwehr**  
Igor Tchouchenkov, Eduardo Monari
- Seite 18 **Zukünftige Sensorik**  
Helge Bürsing, Benjamin Göhler

Liebe Freunde des Fraunhofer IOSB,

die Themen »öffentliche Sicherheit« und »Videoüberwachung« werden intensiv diskutiert. Dabei wird zu Recht auch Kritik an bisherigen Systemen in Bezug auf deren Umgang mit Datenschutz sowie deren unzureichende Fähigkeit, Straftaten zu verhindern, geäußert.

Die Einschränkungen bisheriger Überwachungssysteme resultieren insbesondere aus der Gegebenheit, dass keine oder nur eine rudimentäre inhaltliche Auswertung der erfassten Videoströme durchgeführt wird. Allerdings sind neuere Videoauswertetechnologien reif für ihre Anwendung, die auf diese Kritik eingehen und für mehr Sicherheit bei gleichzeitiger Gewährleistung von Privatheit und Einhaltung von Datenschutzvorschriften sorgen.

Das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB mit seinen Standorten insbesondere in Karlsruhe und Ettlingen befasst sich seit vielen Jahren mit der intelligenten Videoauswertung. Nirgends in Europa gibt es ein vergleichbares Institut, an dem mehr Wissenschaftler an den Themen Bild- und Videoerfassung, -verarbeitung und -auswertung arbeiten. Neben Videoauswertefunktionalitäten, Aspekten der Echtzeitauswertung, ergonomischer Human-Machine-Interfaces, aktueller und zukünftig relevanter Sensorik sowie Interoperabilität wird am IOSB auch an Technologien für die Wahrung der Privatheit und von Datenschutz gearbeitet.

Diese Heftausgabe wirft knappe Schlaglichter auf einen Teil unserer Arbeiten. Aufgrund der hohen Relevanz haben wir die Themen »Datenschutz und Schutz der Persönlichkeitsrechte« direkt an den Anfang gesetzt. In der weiteren Folge finden Sie Darlegungen rund um Gesichts- und Verhaltensanalysen, Spezifika von Massenveranstaltungen, forensische Unterstützungswerkzeuge (z. B. zur Aufspürung bekannter Muster/Szenen in großen Bildsammlungen) und Aspekte der Drohnenabwehr. Eine Besprechung einiger zukünftiger (Bild-)Sensoren für Sicherheitsanwendungen, z. B. »Gated Viewing« für die Sicht durch Nebel, Rauch und Feuer, beschließt unser visIT.

Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre!

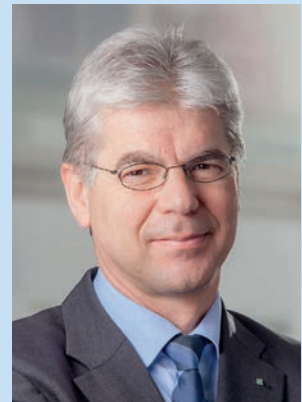
Karlsruhe, im April 2017

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Beyerer

Dr.-Ing. Markus Müller

Dr.-Ing. Andreas Meißner

## Editorial



Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Beyerer



Dr.-Ing. Markus Müller



Dr.-Ing. Andreas Meißner

# Themen



Dr.-Ing. Erik Krempel

Interaktive Analyse  
und Diagnose (IAD)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-292

erik.krempel@iosb.fraunhofer.de

www.iosb.fraunhofer.de/IAD



Dr.-Ing. Pascal Birnstill

Interaktive Analyse  
und Diagnose (IAD)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-612

pascal.birnstill@iosb.fraunhofer.de

www.iosb.fraunhofer.de/IAD

## DATENSCHUTZ UND SCHUTZ DER PRIVATSPHÄRE IN DER INTELLIGENTEN VIDEOÜBERWACHUNG

Videoüberwachung ist ein unverzichtbares Werkzeug für die Prävention und Aufklärung von Straftaten. Damit leistet sie einen wichtigen Beitrag zum Grundrecht auf körperliche Unversehrtheit. Gegen ihren unüberlegten Einsatz wiederum spricht das im Europarecht verankerte Grundrecht zum Schutz personenbezogener Daten. In der Rechtswissenschaft haben Grundrechte oberste Priorität, Grundrechtseingriffe müssen stets auf das Verhältnismäßige reduziert werden, so dass beispielsweise ein Mehr an Sicherheit mit einem minimalen Eingriff in andere Grundrechte umgesetzt werden muss. Entsprechend fordern sowohl das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) als auch die Europäische Datenschutz-Grundverordnung (EU-GDPR), effektive Mechanismen zum Schutz der Privatsphäre der Betroffenen umzusetzen. Nur so kann der rechtskonforme Betrieb von Videoüberwachungssystemen gewährleistet werden.

Die Frage, wie Videoüberwachung datenschutzgerecht gestaltet werden kann, ist keinesfalls neu. Bereits vor acht Jahren entstand am Fraunhofer IOSB eine Forschungsgruppe, die sich mit dieser Frage beschäftigt. Ihr Fokus liegt auf der intelligenten Videoüberwachung, also Systemen, die Videobilder mithilfe von Algorithmen auswerten und den Operator so bei seiner Aufgabe unterstützen.

Aus der Arbeit der Gruppe sind Lösungen entstanden, die ein hohes Maß an Funktionalität und Datenschutz vereinen. Grundstein dieses Erfolges ist ein konzeptionelles Rahmenwerk für die rechtskonforme und die Privatsphäre respektierende Gestaltung

intelligenter Videoüberwachung: die situative Videoüberwachung. Das Rahmenwerk folgt dabei einer einfachen Idee: Je höher die Eingriffsintensität eines Verfahrens ist, desto selektiver muss dieses eingesetzt werden.

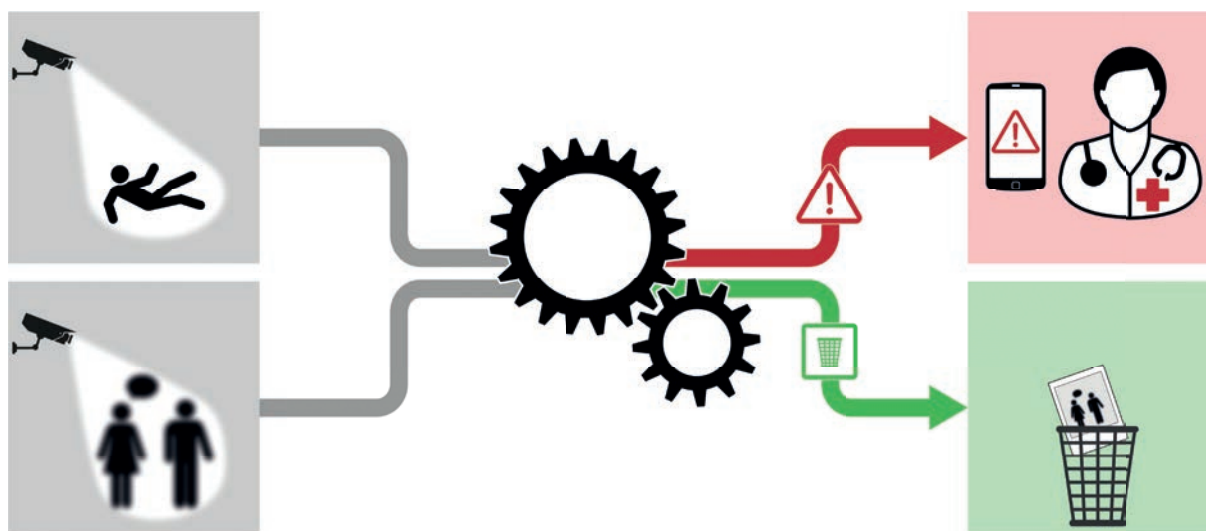
Dies ist möglich, da intelligente Videoüberwachungssysteme aus einer Vielzahl unterschiedlicher Module bestehen, die jeweils eigene, unterschiedliche Überwachungs- und Unterstützungsaufgaben leisten. So kann ein einfaches Sicherheitssystem beispielsweise zwei Module nutzen:

- Eine algorithmische Situationsanalyse wertet Videos aus und alarmiert einen Operator, wenn sie potenzielle Gewalttätigkeiten erkennt.
- Eine automatische Personensuche erlaubt es, eine Person in einem Bild zu markieren und anschließend durch das System suchen zu lassen.



Datenschutz und Funktionalität müssen im Entwicklungsprozess beachtet werden.

# PERSÖNLICHKEITSRECHTE ÜBERWACHUNG



Datenverarbeitung im NurseEye-System.

Diese Module unterscheiden sich sowohl in der Eingriffsintensivität als auch darin, mit welchem Maß an Selektivität sie einzusetzen sind. Soll Gewalt sicher erkannt werden, muss das dafür zuständige Modul alle Kameras im überwachten Bereich auswerten. Die Selektivität ist also sehr gering. Gleichzeitig ist der Eingriff in die Privatsphäre der Betroffenen durch die automatische Bildauswertung ebenfalls als gering zu bewerten.

Genau das Gegenteil gilt für die biometrische Personensuche. Diese stellt einen sehr starken Eingriff in die Privatsphäre der Betroffenen dar. Allerdings wird diese Funktionalität auch nur für sehr wenige Personen benötigt. Kombiniert man nun die Videobildanalyse zur Detektion von Gewalt so mit den Algorithmen für die Personensuche, dass nur diejenigen Personen verfolgt werden können, die auch an einer Gewalthandlung beteiligt waren, erreicht man die gewünschte

Funktionalität mit nur geringen Eingriffen in die Persönlichkeitsrechte Unbeteiligter.

Ein ähnliches Vorgehen ist auch dann möglich, wenn die Videoüberwachung zur Erkennung von Unfällen dient. Dies wird im Demonstrator NurseEye deutlich, der eine Sturzerkennung und -alarmierung für Krankenhäuser und Pflegeeinrichtungen umsetzt.

Als Besonderheit ist das System grundsätzlich ohne einen Operator konzipiert. Die Videokameras in den Fluren der überwachten Einrichtungen werden im Normalfall nur durch eine automatische Videoanalyse ausgewertet. Diese Maßnahme ist somit nicht selektiv, hat aber nur einen geringen Eingriff in die Privatsphäre zur Folge.

Erkennt die automatische Videoanalyse einen Sturz, so bekommt eine registrierte Pflegekraft einen Alarm und ein Video des

beobachteten Sturzes zur Beurteilung auf ihrem mobilen Endgerät angezeigt. Da der Zugriff auf Videodaten auf die Fälle reduziert wird, in denen ein Sturz erkannt wurde, ist die Selektivität sehr hoch. Gleichzeitig muss niemand die anfallenden Videobilder auswerten und das Pflegepersonal wird nicht von seinen ohnehin schon vielfältigen Aufgaben abgelenkt. Somit kann auch für dieses Szenario eine hohe Funktionalität bei hohem Datenschutzniveau erreicht werden.

#### Literatur:

Pascal Birnstil: "Privacy-Respecting Smart Video Surveillance Based on Usage Control Enforcement", Dissertation, Karlsruher Schriften zur Anthropomatik, ISBN 9783731505389, 2016.

Erik Krempel: »Steigerung der Akzeptanz von intelligenter Videoüberwachung in öffentlichen Räumen«, Dissertation, Karlsruher Schriften zur Anthropomatik, ISBN 9783731505983, 2017.

Gesichtsbilder sind vorteilhaft gegenüber anderen Arten von biometrischen Daten, z. B. Fingerabdruck und Iris, wegen der berührungsfreien Weise bei der Datensammlung und der Möglichkeit für die Fernaufnahme.

Heutzutage ist die Analyse der Gesichtsbilder aus Überwachungskameras zunehmend weit verbreitet im Rahmen von öffentlicher Sicherheit und Anti-Terrorismus-Maßnahmen. Allerdings ist die Qualität der aufgenommenen Gesichtsbilder meistens eingeschränkt. Neben Rauschen und Unschärfe ist vor allem die niedrige Auflösung einer der wichtigsten Störfaktoren für die vorhandenen Ansätze.

## GESICHTS-SUPER-RESOLUTION

Um ein verpixeltes Bild wieder schärfer zu machen, wird oft die Technik »Super-Resolution« eingesetzt. Im Vergleich zur Interpolation kann Super-Resolution die verlorenen Details aus externen Daten lernen und künstlich generieren, damit eine spürbare Bereicherung der Schärfe ermöglicht wird.

Im Falle der Gesichtsbilder existiert jedoch der spezifische Ansatz der Gesicht-Super-Resolution, der bei der Synthese des hoch aufgelösten Bildes die gemeinsame Struktur der Gesichter, z. B. Augen, Nase und Mund, zusammen mitberücksichtigt, da höhere Vergrößerung und Schärfe als bei der generischen Super-Resolution erzielt werden können.

Dadurch kann ein hoch aufgelöstes Fahndungsfoto aus einem einzelnen niedrig aufgelösten Kamerabild erzeugt werden, was in der Praxis sehr wichtig ist, da es oft vorkommen kann, dass aufgrund von niedriger Qualität nur eine bis sehr wenige brauchbare Gesichtsaufnahmen aus der Überwachungskamera extrahiert werden können.

## 3D-SUPER-RESOLUTION DER GESICHTSTEXTUR

Die Registrierung der Eingangs- und Trainingsdaten spielt eine wesentliche Rolle bei der Gesicht-Super-Resolution. Aufgrund der beliebigen Kopfposen im Überwachungsszenario und komplexer Deformierung der Gesichtsstruktur ist es bei der konventionellen bildbasierten 2D-Methode nur annähernd möglich, eine grobe Ausrichtung der Gesichter zu bekommen.

Daher forscht das Fraunhofer IOSB am 3D-Algorithmus, der gleichzeitig genaue Registrierung und scharfe Gesichtstextur ermitteln kann.

Im ersten Schritt werden auf das Eingangsbild Dutzende Merkmalspunkte auf dem Gesicht automatisch lokalisiert. Mithilfe solcher Punkte und eines adaptiven 3D-Gesichtsmodells [1] können dann sowohl die Gesichtsform als auch die Kopfpose des niedrig aufgelösten Gesichts bestimmt werden [2].



Dipl.-Inform. Chengchao Qu

Videoauswertesysteme (VID)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-634  
chengchao-qu@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/VID

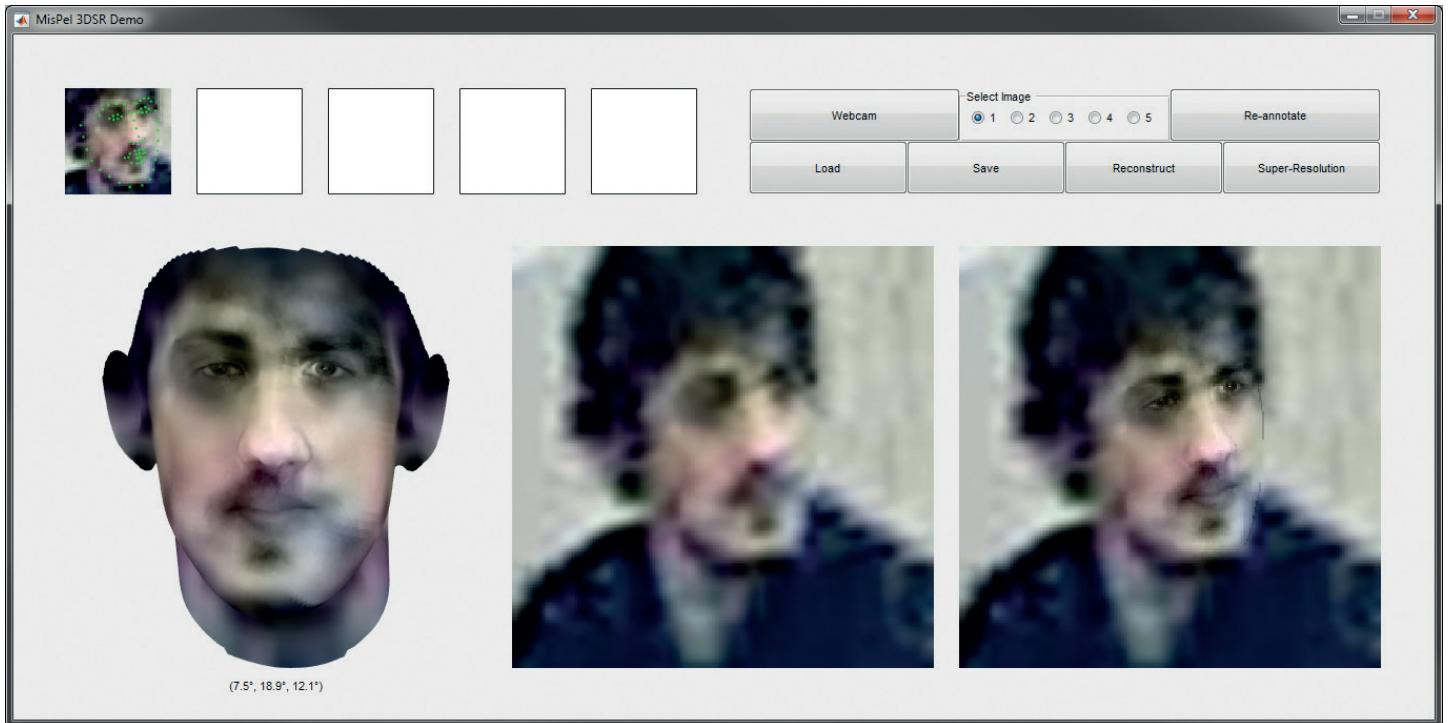


Abbildung: Die IOSB-Software für die Phantombildgenerierung.

Quelle: <http://www.express.de/image/23771848/max/600/450/6d9bc4cefb72b31e9d0bc6261f7c8836/tA/cemqinmwiaqfy6d.jpg>

Auf diese Weise können anschließend die Trainingsdaten auf die Erscheinung der Zielperson angepasst werden, um genaue Registrierung und zuverlässige Super-Resolution der 3D-Gesichtstextur zu ermöglichen [3].

Das 3D-Kopfmodell wird zuerst in mehrere überlappende Regionen aufgeteilt. Danach wird für jeden Block eine optimale Kombination der Trainingstextur gefunden, die den niedrig aufgelösten Bilddaten entspricht. Nachdem die Rekonstruktion aller Regionen durchgeführt wird, entsteht dann gleichzeitig die gesamte Textur des 3D-Gesichts in hoher Auflösung.

Neben der besseren Qualität bei der Super-Resolution kann das 3D-Gesicht gedreht werden und 2D-Gesichtsbilder in beliebiger Pose generieren. D. h., das entwickelte Verfahren ist fähig, mit einem

Klick ein hoch aufgelöstes frontales Phantombild zu synthetisieren, das sowohl für automatische Gesichtserkennung in Massendaten als auch für die Öffentlichkeitsfahndung sehr hilfreich ist.

Die IOSB-Software für die Phantombildgenerierung mit dem beschriebenen Verfahren ist im Beispielbild angezeigt. Auf dem niedrig aufgelösten und stark verrauschten Eingangsbild werden zuerst die Gesichtslanmarken detektiert (oben links), die als Hilfspunkte für die 3D-Rekonstruktion dienen. Verglichen mit der Interpolation (unten in der Mitte) besitzen die Ausgaben des entwickelten Ansatzes in 2D- (unten rechts) und in 3D-Ansicht (unten links) deutlich mehr Details. Die Rotation des Gesichts, dargestellt unterhalb der 3D-Ansicht, ist auch mit dem 3D-Gesichtsmodell zu errechnen.

#### Literatur:

- [1] Blanz, V.; Vetter, T.: "A Morphable Model for the Synthesis of 3D Faces". In Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH), 1999.
- [2] Qu, C.; Monari, E.; Schuchert, T.; Beyerer, J.: "Adaptive Contour Fitting for Pose-Invariant 3D Face Shape Reconstruction". In Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC), 2015.
- [3] Qu, C.; Herrmann, C.; Monari, E.; Schuchert, T.; Beyerer, J.: "Robust 3D Patch-Based Face Hallucination". In Proceedings of the IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), 2017.

## GESICHTSWIEDERERKENNUNG IN VIDEOMASSENDATEN

### GESICHTSBASIERTE SUCHE

Die zunehmende Verfügbarkeit von Videodaten ist gleichzeitig eine Chance und eine Herausforderung für die Strafverfolgung. Die manuelle Auswertung großer Videomengen stößt dabei jedoch schnell an ihre Grenzen. Eine automatisierte strukturierte Aufbereitung mit der Extraktion relevanter Inhalte erleichtert eine Auswertung solcher großer Datenmengen. Da Videodaten unstrukturiert sind, ist dafür eine Analyse des Bildinhalts nötig, um gewünschte Informationen zu extrahieren. Die Auswertung der Videodaten soll dabei meist typische Fragen beantworten.

Für den Fall von Tatortvideos könnten das etwa sein:

- Wo kam der Tatverdächtige her?
- Hat er bestimmte Örtlichkeiten in der Nähe aufgesucht?
- Hatte er Kontakt mit Komplizen?

Zur Beantwortung dieser Fragen ist es nötig, den Tatverdächtigen in allen Videos aus dem Tatortumfeld aufzufinden. Die Videos können dabei nicht nur von Überwachungskameras stammen, sondern auch von Zeugen den Ermittlungsbehörden übergeben worden sein (Handyvideos).

Das Gesicht einer Person ist ein wichtiges biometrisches Merkmal und hinreichend individuell, dass der Mensch im Alltag sein Gegenüber dadurch erkennt. Im Kontext der forensischen Auswertung ist es darüber hinaus im Vergleich zu weiteren äußeren Erscheinungsmerkmalen, wie beispielsweise Kleidung, üblicherweise geringeren Änderungen unterworfen. Dadurch eignet sich das Gesicht insbesondere dazu Personen, in Videomaterial von verschiedenen Orten oder zu verschiedenen Zeiten zu finden.

Das Fraunhofer IOSB forscht daher an Methoden, die Ermittler bei der Suche nach Gesichtern in Videomassendaten zu unterstützen. Das Prinzip ist vergleichbar mit einer für Videodaten spezialisierten Suchmaschine. Als Anfrage kann dabei ein Fahndungsfoto oder eine einzelne Videosequenz vom Tatort dienen, in welcher der Tatverdächtige bereits manuell markiert wurde. Das Ergebnis besteht dann aus einer Liste mit denjenigen Vorkommnissen (Gesichtern) im Videomaterial, welche die größte Ähnlichkeit zum Gesicht in der Suchanfrage aufweisen.



Dipl.-Inform.  
Christian Herrmann

Mess-, Regelungs- und  
Diagnosesysteme (MRD)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-629  
christian.herrmann@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/MRD

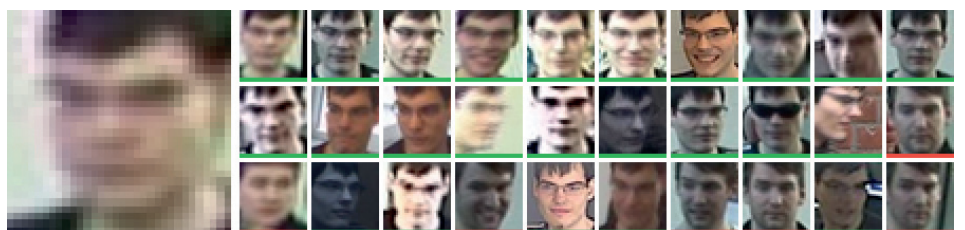


Abbildung 1: »Erste Seite« der Suchergebnisliste bei der Suche nach dem groß abgebildeten Gesicht in 35 Stunden Videomaterial eines IOSB-Demoszenarios. Von den 44 Vorkommnissen der gesuchten Person im Videomaterial (grün) wurde der Großteil in den hier dargestellten ersten 30 Suchergebnissen gefunden. Insgesamt enthält die Suchergebnisliste über 5000 Vorkommnisse weiterer Personen (rot).





Abbildung 2: Beispiele typischer Bildqualität aus Überwachungsvideos. Geringe Auflösung und Unschärfe erschweren die bildbasierte Wiedererkennung eines Gesichtes.

## SCHNELLE SUCHE IN MASSENDATEN

Um eine rasche Suche zu ermöglichen, wird – ähnlich einem Buch – ein Index aufgebaut, der alle Gesichter in einer kompakten Repräsentation enthält. Damit wird eine erhebliche Datenreduzierung erreicht, sodass in einem IOSB-Demoszenario die Gesichter aus 35 Stunden Videomaterial etwa auf die Größe einer MP3-Datei komprimiert werden konnten. Damit müssen bei jeder Suchanfrage nicht erneut alle Videodaten durchforstet werden, sondern nur der Index, wodurch eine Suchanfrage in diesem Fall in deutlich weniger als einer Sekunde bearbeitet werden kann.

Zur kompakten Repräsentation eines Gesichtes im Index werden am IOSB speziell entwickelte Varianten von künstlichen neuronalen Netzen erforscht [1], welche insbesondere auf die Kompensation der

ungünstigen Aufnahmebedingungen in Videodaten zielen [2]. Darunter fallen nicht nur schräge Blickwinkel oder unzureichende Lichtverhältnisse, sondern auch kamera- bedingte Effekte wie geringe Auflösung, Unschärfe oder Kompressionsartefakte (Abbildung 2).

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten liegt darin, die in Videodaten aufeinanderfolgenden Einzelbilder eines Gesichtes so zu kombinieren, dass möglichst viele unterschiedliche Ansichten erfasst werden und die Suchergebnisse dadurch verbessert werden können (Abbildung 3).

Dadurch basiert die Suche nicht nur auf Frontalgesichtern, sondern erlaubt durch die Erfassung der zusätzlichen Ansichten auch das Auffinden von nicht frontalen Gesichtern der gesuchten Person.

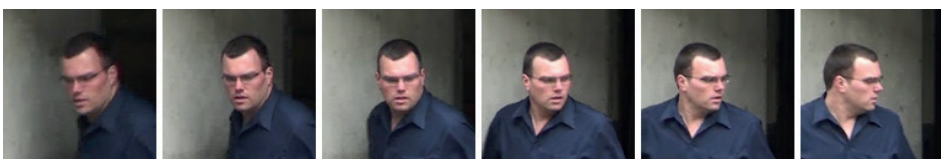


Abbildung 3: Videodaten enthalten meist verschiedene Ansichten eines Gesichtes, welche gewinnbringend fusioniert werden können.

## ZIELGERICHTETE ERGEBNISSE IM PRAKTISCHEN EINSATZ

Die Robustheit der Verfahren gegenüber verschiedenen Lichtverhältnissen, Ansichten oder auch Veränderungen der Erscheinungsform (z. B. durch Sonnenbrillen oder Hüte) (Abbildung 1) ermöglicht eine zielführende Suche im Ermittlungskontext. Die relevanten Stellen im umfassenden Videomaterial, welche die gesuchte Person zeigen, können so schnell gefunden und bei Bedarf weiter analysiert werden. Insgesamt wird die enorme ursprüngliche Videodatenmasse im Hinblick auf die Fragestellung derart reduziert, dass eine weitere manuelle Auswertung anhand des kompakten Suchergebnisses möglich wird.

### Literatur:

[1] Herrmann, C.; Willersinn, D.; Beyerer, J.: "Low-Resolution Convolutional Neural Networks for Video Face Recognition". In Proceedings of the Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), 2016.

[2] Herrmann, C.; Willersinn, D.; Beyerer, J.: "Low-Quality Video Face Recognition with Deep Networks and Polygonal Chain Distance". In International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), 2016.

# Themen



Dr. rer. nat. Dipl.-Inform.  
Wolfgang Hübner

Objekterkennung (OBJ)  
Fraunhofer IOSB Ettlingen

Telefon +49 7243 992-219  
wolfgang.huebner@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/OBJ



Dipl.-Inform. David Münch

Objekterkennung (OBJ)  
Fraunhofer IOSB Ettlingen

Telefon +49 7243 992-176  
david.muench@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/OBJ

## SENSORBASIERTE VERHALTENSANALYSE

Die automatisierte Analyse des Verhaltens von Agenten in einer Szene bildet einen zentralen Bestandteil für eine Vielzahl von Anwendungen im Bereich der zivilen Sicherheit. Hierzu zählen rein passive Beobachtungsaufgaben, wie z. B. Perimeterschutz oder der Schutz öffentlicher Veranstaltungen, ebenso wie interaktive Ansätze zur Auswertung großer Datenmengen. Als Agent wird hierbei jedes Objekt bzw. jede Person bezeichnet, welche potenziell eine Veränderung der aktuellen Situation herbeiführen kann.

Ebenso vielfältig wie die Aufgaben sind auch die technischen Konzepte, welche zu deren Lösung herangezogen werden. Die am häufigsten verfolgten Ansätze beruhen im Wesentlichen auf bildgebender Sensorik, sowie nachfolgenden (teil)automatisierten Auswerteverfahren. Einer der großen Vorteile von Videoauswertung liegt darin, dass die Ergebnisse eines automatisierten Analyseprozesses unmittelbar von einem Nutzer interpretiert und verifiziert werden können.

### VIDEOBASIERTE AKTIONSERKENNUNG

Im Bereich der videobasierten Aktionserkennung werden aktuell zwei Ansätze untersucht, welche sich in ihrer Aussagekraft ergänzen können:

#### 1. Analyse intrinsischer Bewegungsmuster

Darunter versteht man die Analyse der Formveränderung, z. B. der Veränderung der Körperhaltung, während eine Aktion ausgeführt wird. In Abbildung 1 sind Beispiele eines Datensatzes zur Klassifikation einzelner Aktionen dargestellt. Gegenstand aktueller Untersuchungen ist hierbei im Wesentlichen die Verwendbarkeit statistischer Lernverfahren zur Aktionsklassifikation im sichtbaren und infraroten Spektralbereichen sowie die Abhängigkeit der Erkennungsleistung vom Blickpunkt [1]. Aufgrund ihrer Konstruktion sind solche Verfahren vorwiegend für kurze und mittlere Distanzen geeignet.



Abbildung 1: sieben Aktionsklassen (von links nach rechts: Filmen, Schlagen, neutral, Zeigen, Werfen, Winken). Die Videosequenzen wurden parallel im sichtbaren Spektrum sowie im langwelligem Infrarot -Spektrum aufgenommen.

## 2. Analyse extrinsischer Bewegungsmuster

Hierzu zählt die Analyse von Trajektorien bzw. komplexerer Bewegungsprofile entlang von Trajektorien, denen beobachtete Objekte folgen. Der technische Ansatz besteht aus einer Fusion von Objektdetektion und Objektverfolgung. Hierbei ist es wichtig, die Identität einzelner Objekte über einen möglichst langen Zeitraum aufrechtzuerhalten. Hierzu werden aktuell Verfahren zum »Online«-Lernen spezifischer Objektmerkmale untersucht ([2], Abbildung 2), welche in der Lage sind, zumindest auf kurzen Zeitintervallen, einzelne Objekte wiederzuerkennen.

### SKALIERBARKEIT VON AKTIONSERKENNUNGSANSÄTZEN

Eine der großen Herausforderungen aktueller Ansätze liegt in deren Skalierung auf größere Anwendungsfelder, bei denen die Aktionen unterschiedlicher Agenten voneinander abhängig sein können.

Die größte Herausforderung stellt hierbei das Problem der s. g. »kombinatorischen Explosion« dar, welches in unterschiedlichen Ausprägungen auftreten kann.

Im Bereich statistischer Lernverfahren ist dies die Bereitstellung hinreichend großer und variabler Datensätze.

Im Bereich symbolischer Situationsmodellierung (s. z. B. [3]) entsteht das Problem durch die Notwendigkeit, die Variabilität der Umwelt in einem starren Regelsystem abzubilden.

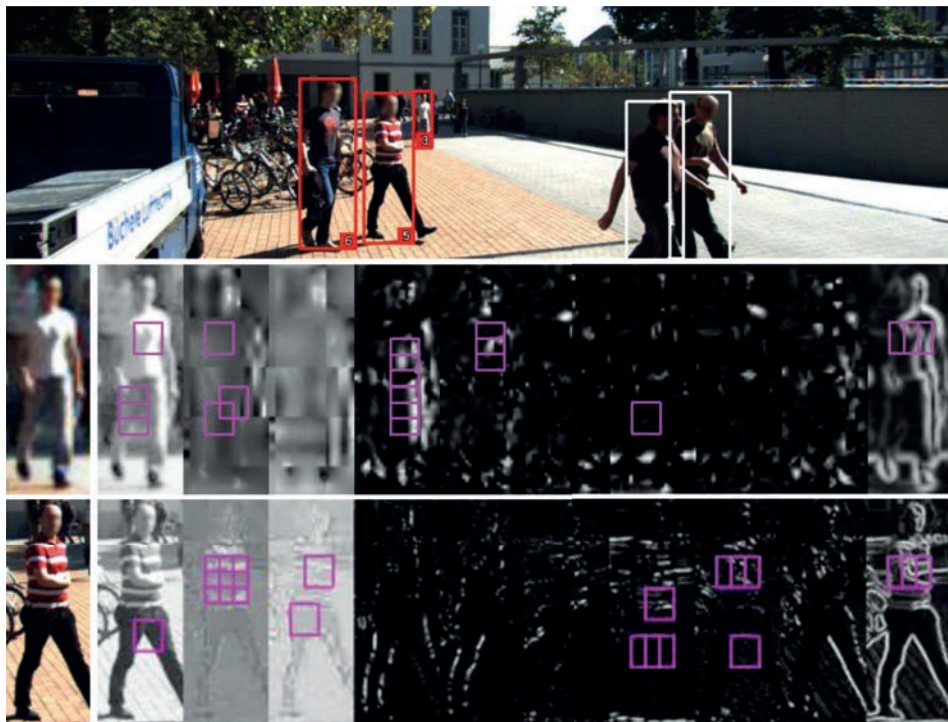


Abbildung 2. »Online«-Lernen von Personenmodellen zur kurzzeitigen Wiedererkennung. Oben: Aktuelle Szene mit detektierten Personen (MOT15 Benchmarktest). Mitte und Unten: Zwei Einzelpersonen und die zur Wiedererkennung genutzten Merkmale (Boxen).

Ein möglicher Lösungsweg könnte in der Verwendung hybrider Ansätze (»Gray-Box-Modelle«) liegen, bei denen statistische Lernverfahren durch vom Endnutzer eingebrachtes Expertenwissen ergänzt werden können.

#### Literatur:

[1] Hilsenbeck, B.; Münch, D.; Kieritz, H.; Hübner, W.; Arens, M.: "Hierarchical Hough forests for view-independent action recognition", In Proc. 23rd Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR), 2016.

[2] Kieritz, H.; Becker, S.; Hübner, W.; Arens, M.: "Online Multi-Person Tracking using Integral Channel Features", IEEE Advanced Video and Signal-based Surveillance (AVSS), 2016.

[3] Münch, D.; Hilsenbeck, B.; Kieritz, H.; Becker, S.; Grosselfinger, A.; Hübner, W.; Arens, M.: "Detection of infrastructure manipulation with knowledge-based video surveillance", Proc. of SPIE, 2016.

# Themen



Dr.-Ing. Eduardo Monari

Videoauswertesysteme (VID)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-411  
eduardo.monari@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/VID



Dr.-Ing. Yvonne Fischer

Interaktive Analyse  
und Diagnose (IAD)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-571  
yvonne.fischer@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/IAD

## NEST-CROWDCONTROL – VIDEO-BASIERTE LÖSUNGSANSÄTZE FÜR DIE SICHERHEIT VON GROSSEVENTS

Großveranstaltungen und Demonstrationen im öffentlichen Raum sind unter anderem Ausdruck von Freiheit und Offenheit in den europäischen Gesellschaften. Öffentliche Sportveranstaltungen, Kultur- oder Volksfeste sind Anziehungspunkte und Attraktionen für Bürger aus vielen Ländern und dadurch auch Teil des gesellschaftlichen Lebens für Menschen aus aller Welt.

Volksfeste, Konzerte, Sportveranstaltungen und viele weitere Veranstaltungsarten stellen die Organisatoren jedoch vor extreme Herausforderungen hinsichtlich der Veranstaltungssicherheit. Durch die großen Menschenansammlungen steigt die Wahrscheinlichkeit für Unfälle oder Paniksituationen an. Auch sind Großveranstaltungen mögliche Ziele krimineller oder gar terroristischer Aktivitäten. Durch diese vielfältigen Bedrohungen für die Sicherheit der Bürger steigt der Bedarf an neuen Lösungen und Konzepten zur Wahrung der Veranstaltungssicherheit kontinuierlich an.

Das Fraunhofer IOSB erforscht und entwickelt aus diesem Grund seit mehreren Jahren Rettungs- und Sicherheitstechnologien für Großveranstaltungen. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf dem Einsatz intelligenter Video-Monitoring-Systeme in komplexen, ggf. stark verteilten und unübersichtlichen urbanen Umgebungen, wie beispielsweise dem Cannstatter Wasen in Stuttgart (4 Mio Besucher), dem Oktoberfest in München (6-7 Mio Besucher), dem Hamburger Hafengeburtstag (1,5 Mio Besucher), der Berliner »Fanmeile« (über 1 Mio Besucher) oder zahlreichen Marathonläufen in Großstädten.

Bedingt durch die räumliche Komplexität und Weitläufigkeit der Einsatzlagen wird

den nur begrenzt zur Verfügung stehenden Einsatzkräften wie Feuerwehr, Polizei, Rettungskräften oder Sicherheitsorganisationen die Bewertung der Situation extrem erschwert. Dadurch kann auf Unfälle, Personenschäden, begangene Straftaten, Paniksituationen oder potenziell gefährliche Unruhen in Gruppenverbänden oft nur spät oder unzureichend reagiert werden. Entsprechend ist es äußerst schwierig oder teilweise auch nicht möglich, Sicherheits- und Rettungskräfte optimal zu koordinieren. Da die Einsatzkräfte im Gelände keinerlei Informationen über die Situation an entfernten Stellen haben, können sie weder proaktiv eingreifen und beispielsweise den Zugang zum Gelände frühzeitig reduzieren noch im Falle von Übergriffen oder Straftaten zeitnah reagieren.

Aus diesem Grund erforscht das Fraunhofer IOSB mit dem Projekt *NEST-CrowdControl* (NEST-CC) innovative Ansätze für zukünftige Monitoringsysteme, welche den Sicherheitskräften durch automatische Datenanalyse-, -aufbereitungs- und -visualisierungsverfahren eine Unterstützung bei der Lageeinschätzung bieten.

### NEST-CROWDCONTROL

Am Fraunhofer IOSB wurde im Jahr 2007 das Forschungsprojekt NEST (Network Enabled Surveillance and Tracking) ins Leben gerufen [1, 2, 3]. Ziel dieses Projektes war die Entwicklung einer modularen und vielfältig einsetzbaren Softwareplattform für Videomonitoringsysteme, welche anwendungsabhängig mit intelligenten (Video-)Datenanalyseverfahren und Situationsanalysewerkzeugen erweitert werden kann. Herzstück des Systems ist hierbei eine leistungsfähige Kartendarstellung

# SIERTES ASSISTENZSYSTEM ERANSTALTUNGEN



(genannt GeoViewer), welche neben der reinen Visualisierung eine übergeordnete, sensorübergreifende Interpretation der georegistrierten Sensordaten ermöglicht.

In einer weiteren Ausbaustufe wurde das NEST-System für die Anwendung bei Großveranstaltungen als Unterstützungssystem für Sicherheitskräfte weiterentwickelt [4]. Hierbei wurden Videoanalyseverfahren erforscht und entwickelt, die eine kamera-gestützte Personenzählung / Personendichtemessungen erlauben [5] sowie kontinuierlich eine Bewegungsfluss-schätzung von Menschenströmen durchführen.

Die zentrale Kartendarstellung erlaubt hierbei eine intuitive Visualisierung von Aktivitäten (Bewegungsströmen) und Personendichten in weiträumigen urbanen Gebieten. Die realisierte echtzeitfähige dynamische Heat-Map-Visualisierung bietet den Benutzern somit eine kontinuierliche Lageübersicht. Ergänzend dazu ist die Lagedarstellung an die Videobild-darstellung des NEST-Systems gekoppelt. Diese Schnittstelle erlaubt den Sicherheitskräften, in Sekundenschnelle verfügbare Kameras auf auffällige Bereiche zu schwenken und die Lage visuell zu überprüfen.

Dieser Prozess zeigt unter anderem auch die weiterhin wichtige Bedeutung der Sicherheitskräfte für die Lageeinschätzung. Trotz leistungsfähiger Verfahren zur Erfassung und Analyse der Sensordaten sowie zur Interpretation der Lage ist NEST-CC von Grund auf als interaktives Assistenzsystem konzipiert. Der Systembediener soll durch die automatisierte Assistenz dabei unterstützt werden, die weiträumige, verteilte Infrastruktur zu überwachen, indem er Hinweise zu kritischen Entwicklungen erhält. Eine endgültige Entscheidung über die Gefahreneinstufung und Handlung soll jedoch nach wie vor beim menschlichen Operator als Experte liegen.

## Literatur:

- [1] Moßgraber, J.; Monari, E.; Reinert, F.; Eckel, S.; Bauer, A.; Emter, T.; Laubenheimer, A.: "N.E.S.T. – Network Enabled Surveillance and Tracking". Future Security – 3rd Security Research Conference Karlsruhe, Germany 2008.
- [2] Mossgraber, J.; Reinert, F.; Vagts, H.: "An Architecture for a Task-Oriented Surveillance System: A Service- and Event-Based Approach", Systems (ICONS), 2010 Fifth International Conference on, vol., no., pp. 146, 151, 11-16 April 2010.
- [3] Fischer, Y.; Krempel, E.; Birnstil, P.; Unmüßig, G.; Monari, E.; Moßgraber, J.; Schenk, M.; Beyerer, J.: "Privacy-aware Smart Video Surveillance Revisited". 9th Future Security, Security Research Conference, Berlin, 16-18 September, 2014.
- [4] Monari, E.; Fischer, Y.; Anneken, M.: "NEST-CrowdControl – Advanced Video-based Crowd Monitoring for Large Public Events". In Proc. of the 11th Future Security Conference., Berlin, Sep. 2015.
- [5] Monari, E.; Bek, S.: "The Crowd Congestion Level – A new Measure for Risk Assessment in Video-Based Crowd Monitoring". In Proc. of the 2016 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP), Greater Washington, D.C., USA, Dec. 2016.

# Themen



Dr.-Ing. Markus Müller

Videoauswertesysteme (VID)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-250  
markus.mueller@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/VID

## FORENSISCHE BILDANALYSE

Die massiv anwachsende Menge an Bild- und Videodaten stellt auch Ermittler und Forensiker vor zunehmende Herausforderungen. Nicht selten beinhalten beschlagnahmte Geräte heute Daten in einem Umfang, der manuell nicht mehr zu überblicken ist und daher Unterstützungssysteme zur Analyse von Bildmaterial erfordert. Solche Systeme leisten hier wertvolle Hilfe, indem sie zu bereits bekannten Bildern alle daraus digital veränderten Bildinhalte aufspüren. Diese sogenannten »Near-duplicate«-Verfahren sind auch in allen gängigen Onlinediensten eingebunden und schlagen zuverlässig Alarm, falls ein Anwender bekanntes – aber ggf. modifiziertes – Bildmaterial rechtswidrig zu veröffentlichen versucht.

### KLEINSTE DETAILS IN GROSSEN DATENMENGEN

Das Fraunhofer IOSB geht in der bildinhaltsbasierten Analyse einen Schritt weiter und forscht an Verfahren, die beliebige Objekte und Szenen in großen Datenmengen wiederfinden. Und zwar selbst dann noch, wenn sie lediglich einen kleinen Teil eines Bildes ausmachen oder unter gänzlich anderen Aufnahmebedingungen entstanden sind, also nicht von der gleichen digitalen Vorlage stammen. Dazu werden die Bilddaten zunächst so vorverarbeitet, dass sie anschließend mit einem beliebigen Anfragebild innerhalb von Sekunden durchsucht werden können. Die in lokalen Bildbereichen gefundenen

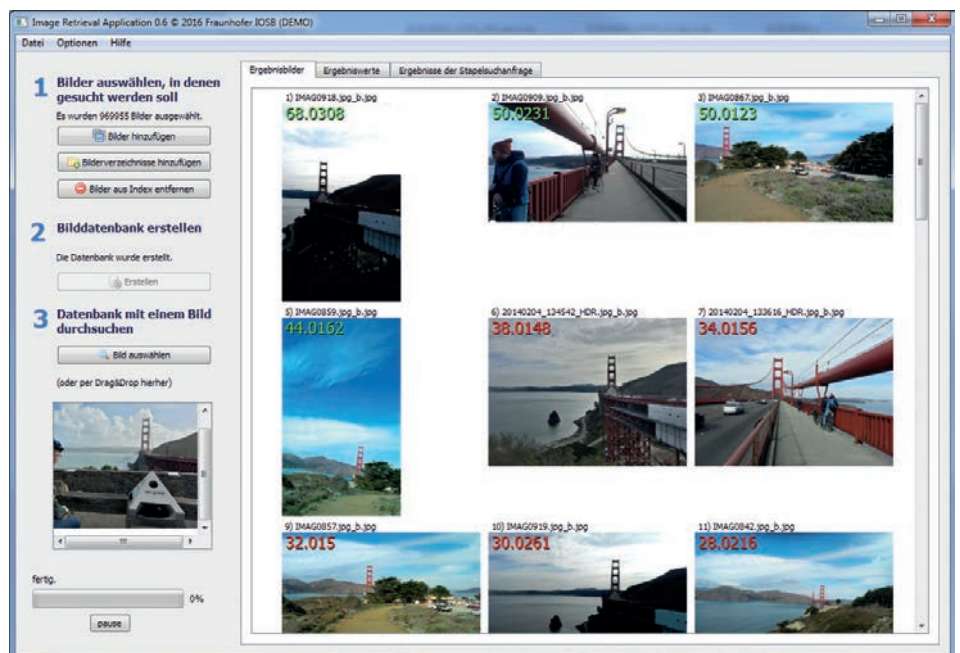


Abbildung 1: Screenshot der Demonstrations-Software zur Suche nach ähnlichen Bildinhalten. Das Anfragebild ist links unten zu sehen. Auf der rechten Seite werden die in der Datenbank gefundenen Ergebnisse angezeigt. Die Ergebnisse sind nach Ähnlichkeit (bildbasierte Übereinstimmung mit dem Suchbild; hier: Golden Gate Bridge) sortiert. Die Software kann unter <http://s.fhg.de/cbir> heruntergeladen und mit eigenen Bildern getestet werden.

Dipl.-Inform. Daniel Manger

Mess-, Regelungs- und  
Diagnosesysteme (MRD)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-353  
daniel.manger@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/MRD



Abbildung 2: Auch um eine komplette Szene in anderen Videos wiederzufinden, müssen bei stark abweichenden Aufnahmebedingungen kleinste Details analysiert und miteinander verglichen werden.

Ähnlichkeiten werden dann für jedes Bild zusammengefasst und in einer Ergebnisliste sortiert aufbereitet. Die zugrundeliegenden Verfahren konnte das Fraunhofer IOSB in den letzten Jahren in viele erfolgreiche Anwendungen überführen, die heute von Unternehmen, Behörden und Privatpersonen eingesetzt werden [1]. So unterstützen sie im polizeilichen Kontext unter anderem die Ermittlungen im Bereich Kindesmissbrauchsdarstellungen, bei denen eine möglichst schnelle Datenauswertung entscheidend für den Schutz der Opfer sein kann.

#### EFFIZIENTE ANALYSE IM GESAMTSYSTEM

Auch bei Großschadenslagen und Terroranschlägen spielt der Faktor Zeit bei den Ermittlungen eine entscheidende Rolle. Nach entsprechenden Aufrufen an die Bevölkerung war bislang die Bereitschaft stets groß, eigene Bilder und Videos des Tatorts für Ermittlungen bereitzustellen. Im Gegenzug erwächst daraus aber auch die Erwartung, dass diese Datenmengen von den Ermittlungsbehörden schnell und effektiv ausgewertet werden.

Bei typischerweise vielen hundert Stunden Videomaterial ist daher eine adäquate Auswerte-Infrastruktur entscheidend, damit mehrere Ermittler verschiedene Analysen auf der Gesamtheit der Daten durchführen können. Vor diesem Hintergrund koordiniert das Fraunhofer IOSB derzeit das vom BMBF geförderte Projekt »PERFORMANCE« [2].

Dessen Ziel ist die Realisierung einer kooperativen Systemplattform für Video-Upload, Bewertung, teilautomatisierte Analyse und Archivierung von Bild- und Videomassendaten für behördliche Ermittlungen. Das IOSB forscht hier insbesondere an der Erweiterung der forensischen Bildanalyse, um die Videomassen in kürzester Zeit zu indexieren und anschließend die robuste bildinhaltsbasierte Suche allen beteiligten Modulen zugänglich zu machen [3].

Die Suche kann dann beispielsweise helfen, Gegenstände – etwa einen bestimmten Rucksack – in den unterschiedlichen Videos wiederzufinden oder verschiedene weitere Ansichten einer Szene zu identifizieren (s. Abbildung 2). Neben den rein algorithmischen Fragestellungen spielt hierbei

auch die Berücksichtigung aktuellster Hardware-Technologie eine Rolle um preislich attraktive und leistungsfähige Systeme zu realisieren. Damit die aktuell erforschten Verfahren aber letztlich als System im täglichen Einsatz auch einen Mehrwert schaffen, ist die frühzeitige und enge Abstimmung mit den Endanwendern wichtiger denn je.

In PERFORMANCE und auch in den vielen weiteren Projekten des IOSB im Bereich zivile Sicherheit sind deshalb eine Vielzahl von Experten des BKA, der Landeskriminalämter und verschiedener Polizeien eingebunden.

#### Literatur:

[1] Software für die Bildähnlichkeitssuche: <http://s.fhg.de/cbir>

[2] <http://s.fhg.de/performance>

[3] Daniel Manger; Christian Herrmann; Dieter Willersinn: "Towards Extending Bag-of-Words-Models Using Context Features for an 2D Inverted Index", IEEE International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), 2016.

# Themen



Dr.-Ing. Igor Tchouchenkov

Interoperabilität- und Assistenzsysteme (IAS)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-552  
igor.tchouchenkov@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/IAS



Dr.-Ing. Eduardo Monari

Videoauswertesysteme (VID)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-411  
eduardo.monari@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/VID

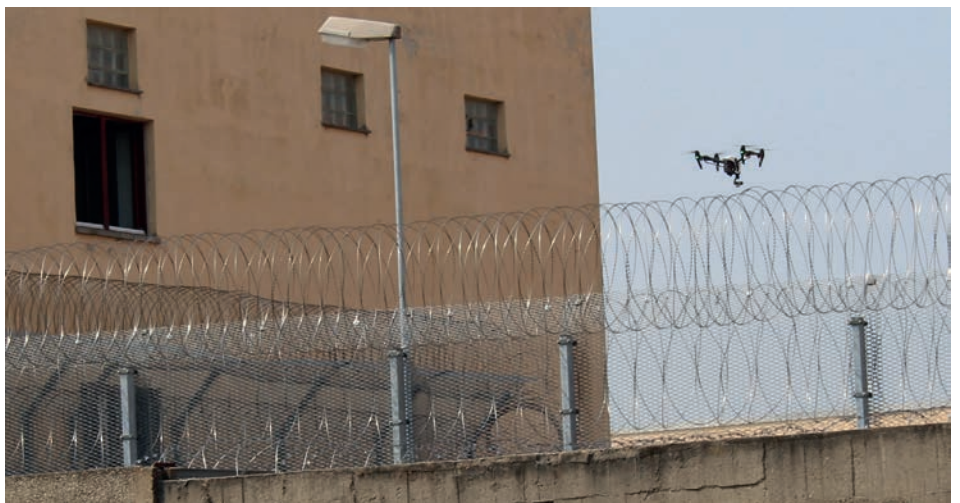
## DROHNENABWEHR

Die kommerzielle Verfügbarkeit kleiner ferngesteuerter oder teilautonomer Flug-geräte – sogenannte »Drohnen« oder »UAVs« (Unmanned Aerial Vehicles) – hat in den vergangenen Jahren explosionsartig zugenommen. Kleinere Systeme sind heute in jedem Spielzeugladen erhältlich, größere (mit einer Tragkraft mittlerweile bis ca. 10 kg) können aus Bausätzen selbst gebaut oder über das Internet bezogen werden. Vom reinen Spielzeug über Trägerplattformen für professionelle Filmkameras bis zu größeren Systemen für Materialtransport steht eine breite Palette ziviler Drohnen zur Verfügung – und sie werden immer häufiger benutzt. Firmen fangen an, sie für diverse Logistikaufgaben einzusetzen, Polizei und Rettungskräfte verwenden Drohnen zur Lageerkundung oder planen ihre Einführung. Dazu kommen verschiedene Einsätze für Wissenschaft, Landwirtschaft, Baugewerbe, Kunst, sowie Inspektions- und Überwachungsaufgaben etc.

Gleichzeitig ergeben sich aus der rasant steigenden Verfügbarkeit von Drohnen auch neue Gefahren: Drohnen, die dazu

benutzt werden, Drogen und Waffen in Gefängnisse oder über die Grenzen zu schmuggeln, die Luftfahrt zu gefährden, Objekte zu beschädigen, um zu spionieren, Personen und Massenveranstaltungen zu bedrohen oder in die Privatsphäre einzudringen.

Ein Schutz vor derartigen Angriffen erfordert eine verlässliche und möglichst frühe Erkennung, ggf. bereits vor dem Abheben, um rechtzeitig abgestufte Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Eine rechtzeitige Entdeckung und Ortung solcher Systeme ist aber nicht einfach, und das nicht nur, allein wegen der kleinen Abmessungen dieser Systeme. Sie sind durch Elektroantrieb leise und beinhalten kaum Metallteile. Funksignale gibt es heutzutage auch überall in allen Frequenzbändern, sodass auch mittels Funkortung eine zuverlässige Entdeckung schwierig ist. Hier setzt das im Fraunhofer IOSB entwickelte Modulare Drohnenerfassungs- und Assistenzsystem (MODEAS) zu der Detektion, Klassifikation, Lokalisation und dem Tracking von unerwünschten UAVs an.





MODEAS besteht aus einer flexibel der Aufgabe anpassbaren Anzahl kompakter, gekoppelter Sensorstationen, die je nach Bedarf über hochauflösende optische Rundumsicht-Sensoren zur Ersterkennung sowie Tracking-Einheiten mit optischen Tele-Zoom-Kameras, Richtmikrofonen und Laserentfernungsmessern verfügen. Auf diese Weise wird eine zuverlässige Detektion und genaue Lokalisation ermöglicht. Zudem werden Funkdetektionsmodule verwendet, welche die Bodenstationskommunikation erfassen und eine Frühwarnung bereits vor dem Sichtbarwerden der Drohne im Anflug ermöglichen. Je nach Drohnenmodell kann der Nutzdatenstrom (Video-Downlink) abgegriffen oder sogar die Pilotenkontrolle übernommen werden. Relevante Informationen werden in einem mobilen Kontrollzentrum archiviert und benutzergerecht visualisiert.

Je nach Umgebungsbeschaffenheit bietet MODEAS eine optische Erfassungsreichweite von bis zu 500 m und mit Drohnenradar eine Reichweite von mehreren Kilometern um jede einzelne Sensorstation. Durch die Kopplung von Stationen kann der gesamte Perimeter einer Liegenschaft abgedeckt und können mehrere Flugobjekte gleichzeitig erfasst werden. Dank der offenen Systemarchitektur können auch zukünftig verfügbare Sensoren, wie Laser-Vibrometer oder Gated Viewing, eingebunden werden.

MODEAS ist erweiterbar; außerhalb der heutigen Systemgrenzen können geeignete Abwehrwirkmittel angesteuert werden. Das intuitive GUI bietet bequeme Möglichkeiten, das System zu steuern, zu konfigurieren, zu erweitern und an aktuelle Einsatzbedingungen anzupassen.



Foto: Eduardo Monari

Eine Herausforderung für Warnsysteme gegen Drohnenangriffe ist die Vermeidung von Falschalarmen, die etwa durch Vögel, erlaubte private, gewerbliche oder behördliche Nutzung von Drohnen und bemannte Luftfahrzeuge verursacht werden können. MODEAS setzt hierfür auf Multisensorfusion (momentan optisch, akustisch und per Funk) und eine online aktualisierbare Merkmalsdatenbank, in der Signaturen und andere relevante Eigenschaften einer Vielzahl bekannter Drohnenmodelle hinterlegt sind. Die Validierung eines von der Sensorik ausgelösten Alarms durch einen sofortigen Abgleich mit Daten anderer MODEAS-Sensoren sowie der Merkmalsdatenbank vermeidet Fehlalarme und verleiht MODEAS zusätzlich zur guten Ortungsgenauigkeit eine hohe Verlässlichkeit.

Der MODEAS-Ansatz geht über das bloße Auswerfen von Alarmmeldungen hinaus. In einer weiteren Ausbaustufe unterstützt MODEAS den Anwender bei der Gefahrenbewertung und Auswahl möglicher Reaktionen auf Basis aus der Datenbank bekannter Fähigkeiten der detektierten Luftfahrzeuge. Alle Schritte der Funktionskette – rechtzeitige Detektion und Ortung, Klassifikation der Fluggeräte und ihrer Ladung, Risiko-

einschätzung, Auswahl und Durchführung passender Gegenmaßnahmen in Echtzeit – können implementiert und aufeinander abgestimmt werden.

So kann beispielsweise schnell abgeschätzt werden, ob die Nutzlast für das Einbringen bestimmter Gegenstände ausreicht und welches Verhalten die Drohne bei etwa als Abwehrmaßnahme erwogenem Steuerkanal-Jamming zeigen würde.

#### Literatur:

[1] Tchouchenkov, I.; Schönbein, R.; Segor, F.: Einsatzmöglichkeiten und Abwehr kleiner unbemannter Fluggeräte. – Polizei heute, Mai/Juni 2012, S. 74-79.

[2] Tchouchenkov, I.; Schönbein, R.; Kollmann, M.; Segor, F.; Bierhoff, T.; Herbold, M.: Detection, Recognition and Counter Measures Against Unwanted UAVs. – In Proc. of the 10th Future Security Research Conference, September 15-17, 2015, Berlin, pp. 333-340.

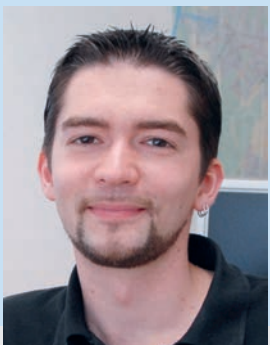
[3] Tchouchenkov, I.; Schönbein, R.; Segor, F.: Detection and Protection Against Unwanted Small UAVs. – In Proc. of the Eleventh International Conference on Systems (ICONS 2016), February 21-25, 2016, Lisbon, Portugal, pp. 26-29.



Dr. rer. nat. Helge Bürsing

Optronik (OPT)  
Fraunhofer IOSB Ettlingen

Telefon +49 7243 992-140  
helge.buersing@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/OPT



Dipl.-Math. Benjamin Göhler

Optronik (OPT)  
Fraunhofer IOSB Karlsruhe

Telefon +49 7243 992-260  
benjamin.goehler@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de/OPT

Bereits heute werden polizeiliche Einsatzkräfte von verschiedenen bildgebenden Sensorsystemen bei ihren jeweiligen Aufgaben unterstützt. Beispielsweise lassen sich durch gewöhnliche Videokameras, die im visuellen Spektralbereich arbeiten, Aufnahmen zur Sicherung von Beweismitteln oder zur Dokumentation des Geschehens machen. Auch helfen Nachtsichtgeräte oder Wärmebildkameras in Situationen mit geringem oder gar keinem Licht bei der Aufklärung und beim Auffinden von vermissten oder versteckten Personen. Durch die stetige Weiterentwicklung der entsprechenden Detektortechnologien und die damit verbundene Miniaturisierung der Kamerasysteme ist inzwischen ein Stand erreicht, der sogar ihren luftgestützten Einsatz an Bord von Drohnen erlaubt. Am Fraunhofer IOSB werden darüber hinaus neueste Technologien untersucht und bezüglich ihrer Anwendung in zukünftiger Sensorik konzipiert und bewertet.

Am Markt sind bildgebende Sensoren mit stetig wachsender Anzahl an Detektorelementen erhältlich, die eine hohe Empfindlichkeit in nahezu jedem Spektralbereich haben, der aufgrund der Durchlässigkeit der Atmosphäre infrage kommt: 0,4-0,7  $\mu\text{m}$  (Visuelles); 0,7-1  $\mu\text{m}$  (nahes Infrarot, NIR); 1-3  $\mu\text{m}$  (kurzwelliges Infrarot, SWIR); 3-5  $\mu\text{m}$  (mittleres Infrarot, MWIR); 8-12  $\mu\text{m}$  (langwelliges Infrarot, LWIR).

Auch **multispektrale Kameras**, die zwei (Dual-Band) oder mehrere (Multi-Band) dieser Spektralbereiche oder zwei Teilbereiche eines Bandes (Dual-Color) gleichzeitig abdecken, sind verfügbar. Die Bildfusion der zeit- und pixelgleichen Bilder dieser Kameras können Informationen deutlicher herausstellen, die in den Einzelbildern nur schwer zu erkennen sind (vgl. Abbildung 1).

**Hyperspektralkameras** liefern spektral aufgelöste Informationen der abgebildeten Szene, die z. B. zur Erkennung von Sprengstoffen oder Detektion von Gaslecks herangezogen werden können.

Neben diesen passiven Sensorsystemen, welche künstliche und natürliche Lichtquellen (VIS, NIR, SWIR) sowie die Emission von Objekten (MWIR, LWIR) nutzen, gibt es auch aktive Sensoren, die zusätzlich zum (passiven) Detektor eine eigene (aktive) Beleuchtungseinheit (LED, Laser) haben.

Diese aktiven Sensoren arbeiten im VIS-, NIR- oder SWIR-Bereich, wobei der Bereich über 1,4  $\mu\text{m}$  (meist bei 1,57  $\mu\text{m}$ ) aufgrund der höheren erlaubten Beleuchtungsintensität (höhere »Augensicherheit«) bevorzugt wird. Wird kein Dauerstrichlaser, sondern eine gepulste Laserquelle (ähnlich dem Blitzlicht einer Fotokamera) verwendet, kann durch die Verwendung einer schnellen, triggerbaren Kamera das sogenannte



Abb. 1: Aufnahmen eines parkenden Fahrzeugs mit einer IR-Dual-Band-Kamera (Links: MWIR, Mitte: LWIR). Rechts: Bildfusion der beiden Bänder, wodurch ein Schriftzug auf der Heckscheibe herausgestellt wird.



Abb. 2: Zeitgleiche Aufnahmen einer Szene mit Rauch und Feuer durch eine abbrennende Rauchfackel. Links: gewöhnliche Aufnahme im visuellen Spektralbereich. Mitte: MWIR-Bild. Rechts: Gated-Viewing-Bild, welches deutlich eine dritte Person in der Szene zeigt.

»Gated-Viewing« (GV-) Verfahren umgesetzt werden. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, dass aufgrund der endlichen Lichtgeschwindigkeit die Laserphotonen, die an Objekten in unterschiedlichen Entfernungen in der Szene zurückgestreut werden, zu entsprechend unterschiedlichen Zeitpunkten am Detektor ankommen. Durch eine exakte Steuerung der Integrationszeit der GV-Kamera können somit selektiv nur die Laserphotonen erfasst werden, die aus der gewünschten Entfernung stammen. Der Vorder- und Hintergrund wird dadurch ausgeblendet. Ein mögliches Anwendungsszenario liegt in Situationen vor, in denen die Sicht auf ein bestimmtes Objekt oder Personen beispielsweise durch leichten Rauch oder grelles Licht behindert ist.

Ein solches Szenario ist in Abbildung 2 beispielhaft zu sehen. Anhand der gezeigten Bilder sind deutlich die Vor- und Nachteile der verschiedenen Sensoren zu erkennen: Sichtbehinderung durch Rauch und Feuer im Visuellen, sehr gute Rauchdurchdringung, aber starke Überstrahlung aufgrund der heißen Flamme im MWIR, gute Rauchdurchdringung und vollständige Unterdrückung des Feuers aufgrund zeitlicher und spektraler Filterung im Gated-Viewing-Bild mit kurzem Gate (längeres Gate zur besseren Umgebungsübersicht auch möglich).

Zur Unterstützung bei der Drohnenauflklärung auf große Entfernung ist der Einsatz eines sogenannte **Laser-Vibrometers** auf einer Nachführplattform denkbar, bei dem ein Laser die Oberflächenvibrationen des unbekanntes Flugobjekts ermittelt (vgl.

Abbildung 3). Weist das resultierende Frequenzspektrum charakteristische Merkmale (bestimmte Frequenz-Peaks) auf, kann durch den Vergleich mit einer zuvor erstellten Datenbank die Identifikation der Drohne erfolgen. Die automatische Detektion kann beispielsweise akustisch mittels eines Mikrofonarrays und die automatische Nachführung des Laserstrahls (Tracking) optisch mittels einer Kamera (z. B. GV zur Kontrasterhöhung durch Ausblenden des Hintergrundes) realisiert werden.

Ebenfalls ein großes Potenzial zur Einsatzunterstützung bei der Lageplanung haben aktive Sensoren, die (scannend oder star-

rend) 3D-Informationen der betrachteten Szene liefern. Durch 3D-Informationen von Objekten kann ein deutlich genaueres Lagebild erhalten werden, und eine eindeutige Klassifikation ist häufig erst so möglich. Zusammenfassend muss gesagt werden, dass neueste Technologien ein großes Potenzial für den Einsatz in zukünftiger Sensorik bieten und deshalb auch weiterhin am Fraunhofer IOSB hinsichtlich ihrer Anwendungsmöglichkeiten untersucht und bewertet werden. Insbesondere werden auch intelligente Bildverarbeitungsalgorithmen zur automatischen Bildaufbereitung und -darstellung für den Bediener entwickelt.

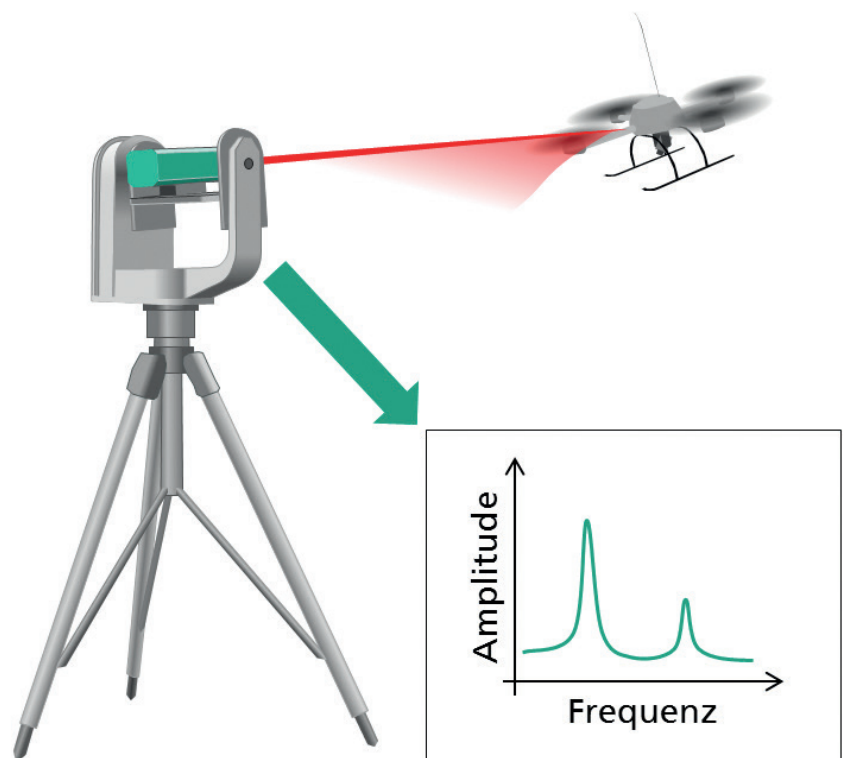


Abb. 3: Einsatz eines Laser-Vibrometers zur Unterstützung bei der Drohnenauflklärung.



## Karlsruhe

Fraunhofer-Institut für Optronik,  
Systemtechnik und Bildauswertung IOSB  
Fraunhoferstraße 1  
76131 Karlsruhe  
Telefon +49 721 6091-0  
Fax +49 721 6091-413  
info@iosb.fraunhofer.de  
www.iosb.fraunhofer.de

## Ettlingen

Fraunhofer-Institut für Optronik,  
Systemtechnik und Bildauswertung IOSB  
Gutleuthausstraße 1  
76275 Ettlingen  
Telefon +49 7243 992-0  
Fax +49 7243 992-299  
www.iosb.fraunhofer.de

## Ilmenau

Fraunhofer IOSB, Institutsteil  
Angewandte Systemtechnik AST  
Am Vogelherd 50  
98693 Ilmenau  
Telefon +49 3677 4610  
Fax +49 3677 461-100  
info@iosb-ast.fraunhofer.de  
www.iosb-ast.fraunhofer.de

## Görlitz

Fraunhofer IOSB, Institutsteil  
Angewandte Systemtechnik AST  
Außenstelle Görlitz,  
Abteilung Energie  
Brückenstraße 1  
02826 Görlitz  
Telefon +49 3581 7925354  
joerg.laessig@iosb-ast.fraunhofer.de

## Lemgo

Fraunhofer IOSB-INA  
Anwendungszentrum  
Industrial Automation  
Langenbruch 6  
32657 Lemgo  
Telefon +49 5261 94290-22  
Fax +49 5261 94290-90  
juergen.jasperneite@iosb-ina.fraunhofer.de  
www.iosb-ina.fraunhofer.de

## Beijing

Representative for Production and  
Information Technologies  
Unit 0610, Landmark Tower II  
8 North Dongsanhuan Road  
Chaoyang District  
100004 Beijing, PR China  
Telefon +86 10 6590 0621  
Fax +86 10 6590 0619  
muh@fraunhofer.com.cn