

TELEOPERIERTE ERKUNDUNG VON KRISEN- UND GEFAHRENSITUATIONEN DURCH MULTIMODALE VERKNÜPFUNG VON SENSORTECHNOLOGIEN

Dr. Christoph Geiß, Dr. Jonas Grzesiak

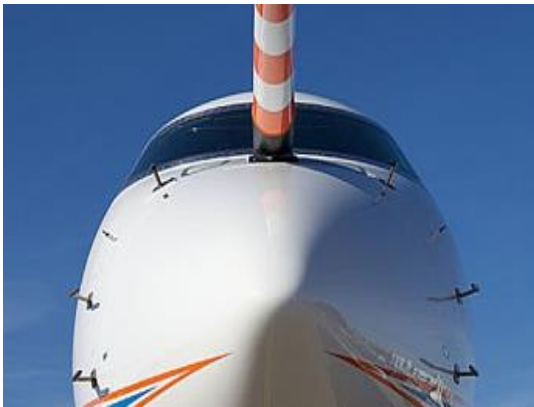
Institut für Technische Physik, Gruppe: Kompakte CBE-Sensorik



Entwicklung von Lasersystemen für

Aviation

Optische Sensorik für
Fluginstrumentierung



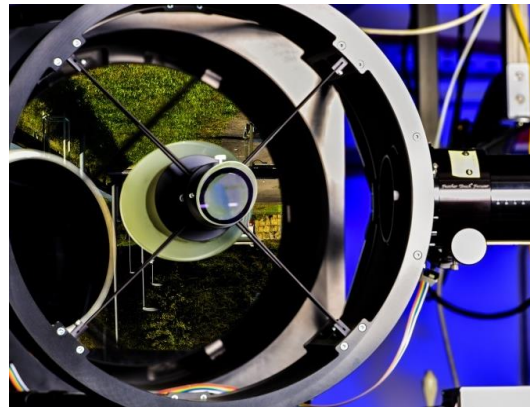
Orbital Photonik

Detektion und Beseitigung von
Weltraumschrott



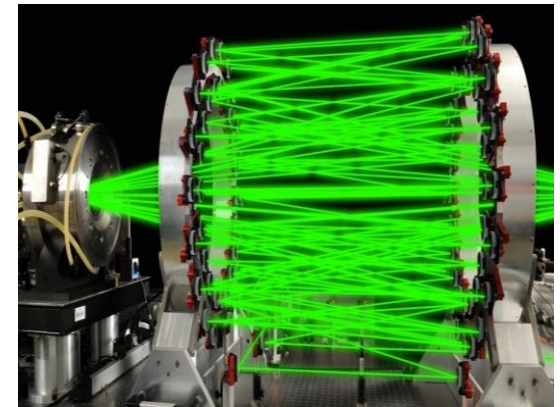
Sicherheit

Ferndetektion von Kampf- und
Gefahrstoffen



Verteidigung

Lasereffektoren



Motivation: Teleoperierte Erkundung

- zunehmend moderne Technik und stetige Weiterentwicklung vorhandener CBRN-Spür- und Messgeräte
- Übertragung von Daten zwischen verschiedenen digitalen Systemen
- Schnittstelle Mensch

Herausforderungen



- Bisher: Sensoren mit CBRN-Kampf- und Gefahrstoffen in Kontakt
- Gefährdung des Personals
- Material und Personal kontaminiert
→ Bindung von Kräften und Mitteln

Ziel

- Automatisierte Aufklärungssensorik und Raumüberwachung
- Verknüpfung von Sensoriken
- Automatisierte Bewertung der Daten



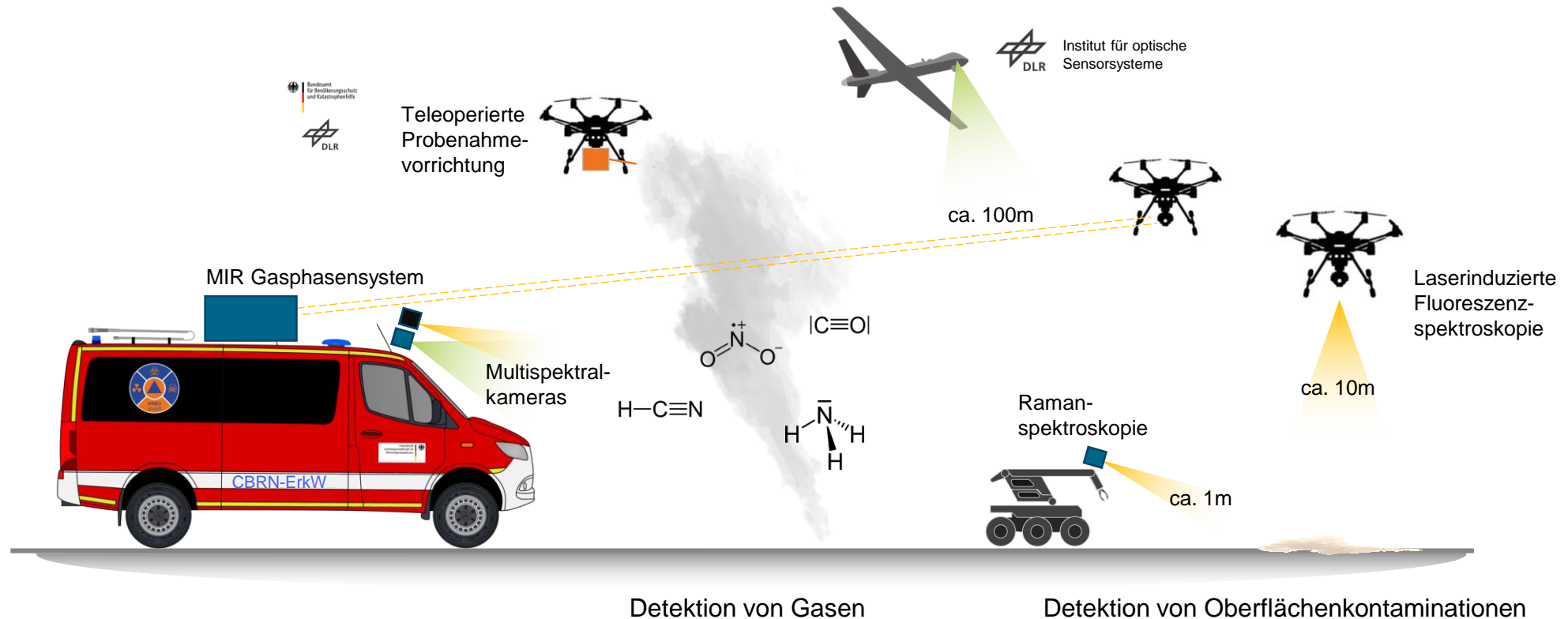
Einsatz von künstlicher Intelligenz zur Unterstützung der Auswertung sowie zur schnellen Bereitstellung verifizierter Informationen



www.bbk.bund.de/DE/Themen/CDRN-Schutz/CDRN-Faehigkeiten/cbrn-faehigkeiten_node.html

Vision: Teleoperierte Erkundung

Sensorik für CBE-Ferndetektion auf mobilen Plattformen



- Erkennung und Klassifizierung von freigesetzten CBE-Substanzen aus sicherer Entfernung
- Einführung (laser-) optischer Methoden als Standard für zukünftige Gefahrenabwehr



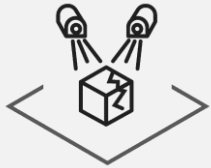
Einblicke in MUSERO

MUSERO: Projektüberblick

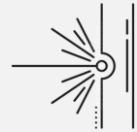


MUSERO: Multisensorik auf robotischen Plattformen

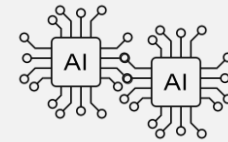
Schlüsselthemen



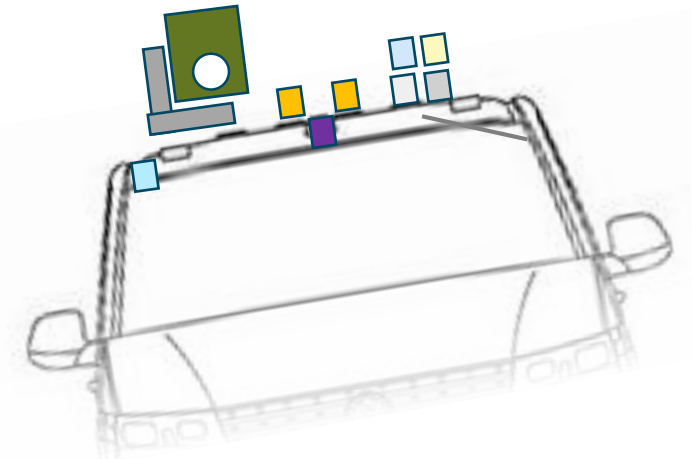
**Teleoperierte
Erkundung**



**(laser-) optischen
Sensortechnologien**



**KI-Datenfusion &
Bewertung**



Vorteile (laser-) optischer Ferndetektion



**Kontaktlose
Messung**



Echtzeitfähigkeit



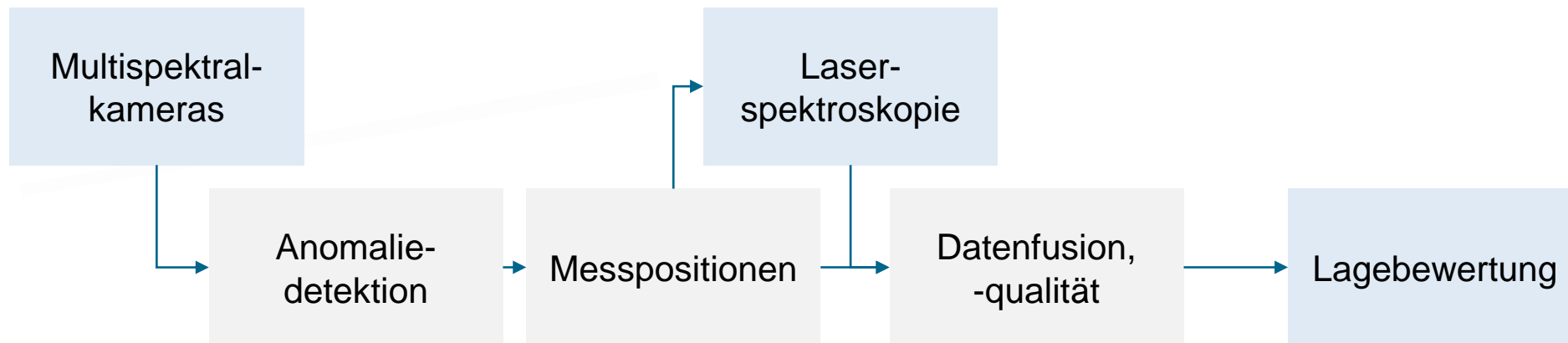
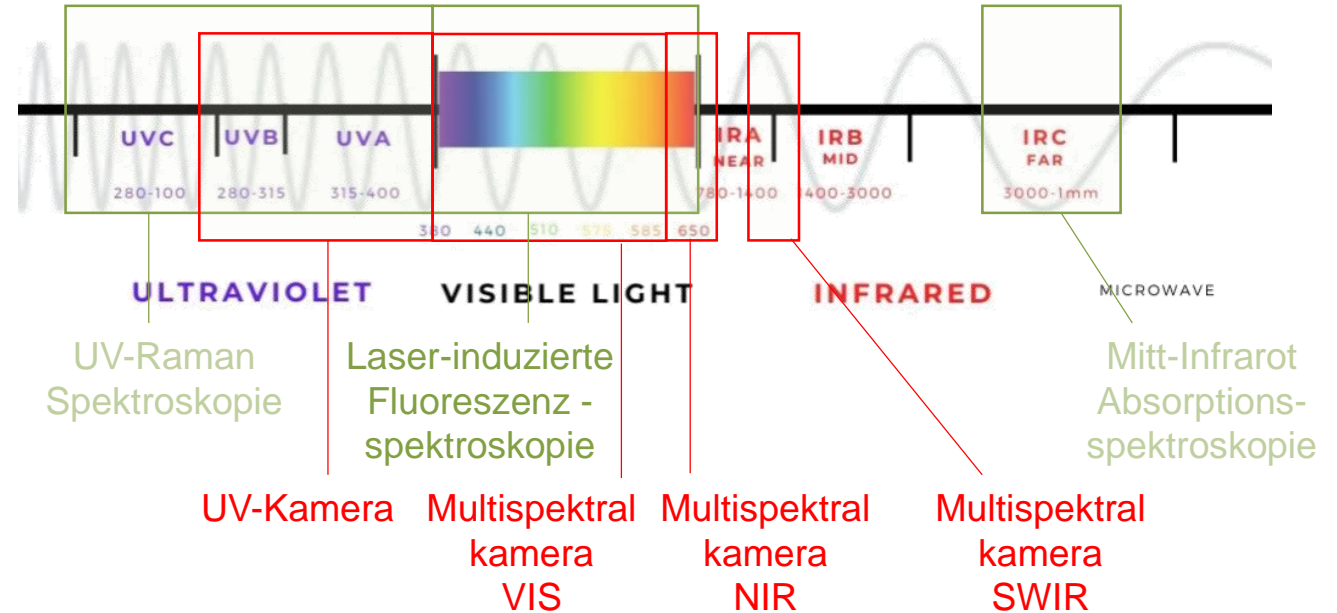
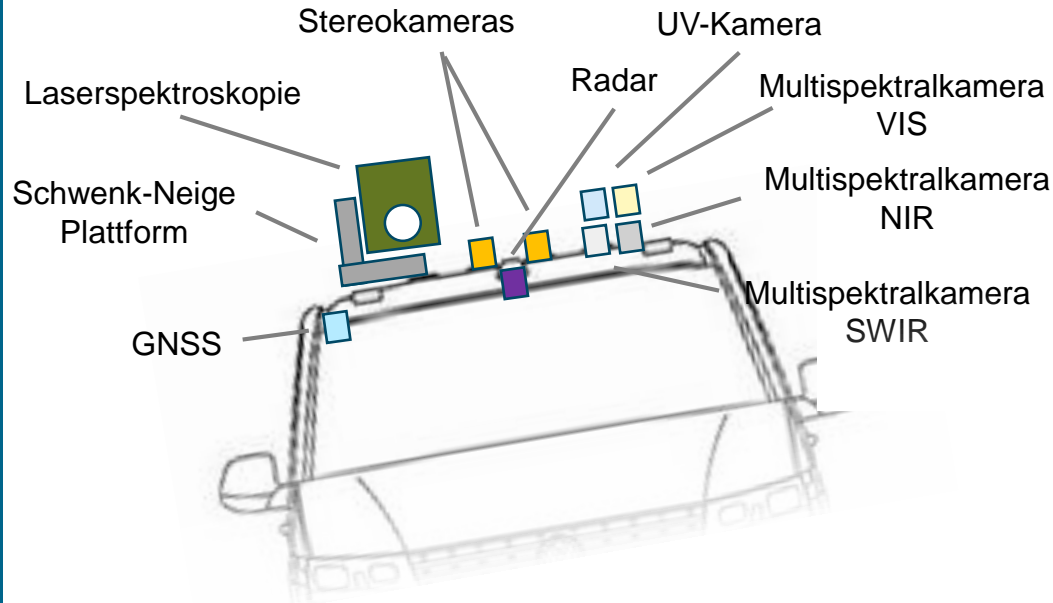
Empfindlichkeit



Automatisierung



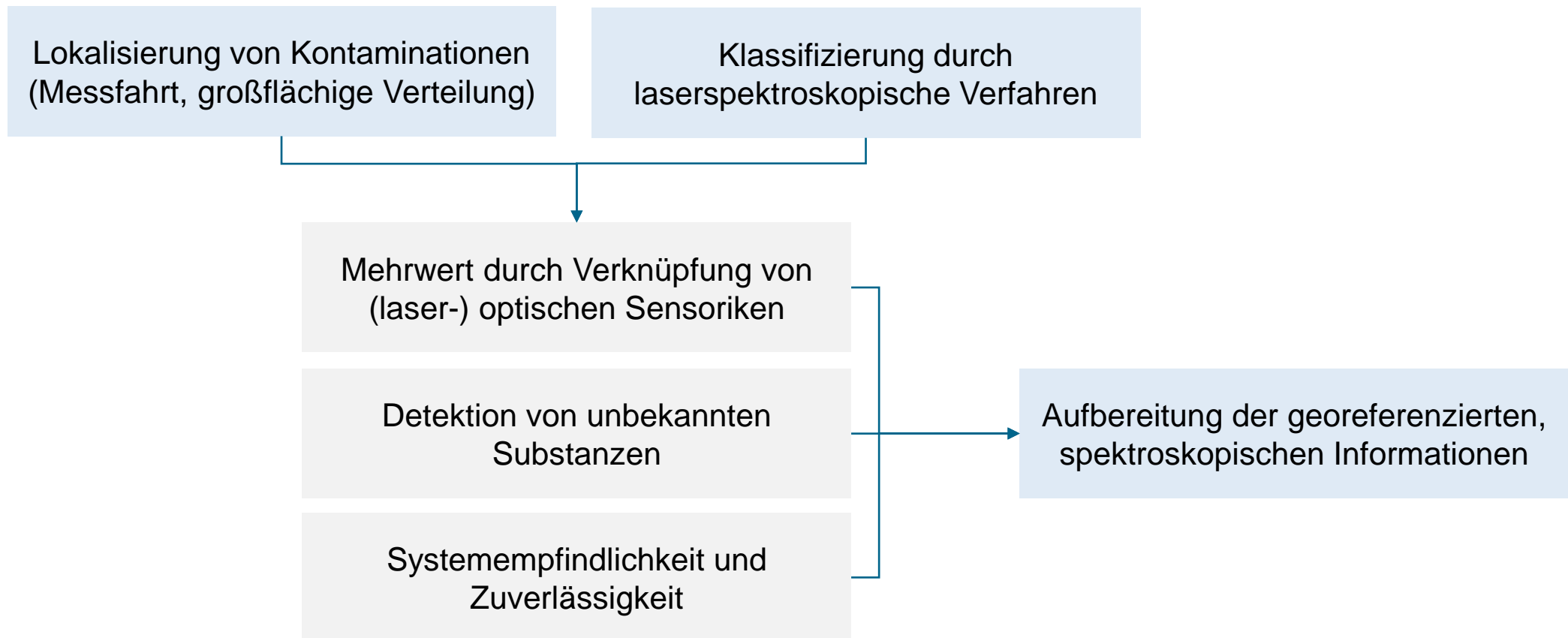
MUSERO: Systemzusammensetzung



MUSERO: Teleoperierte CBE-Erkundung



Anwendungsorientierte Fragestellungen

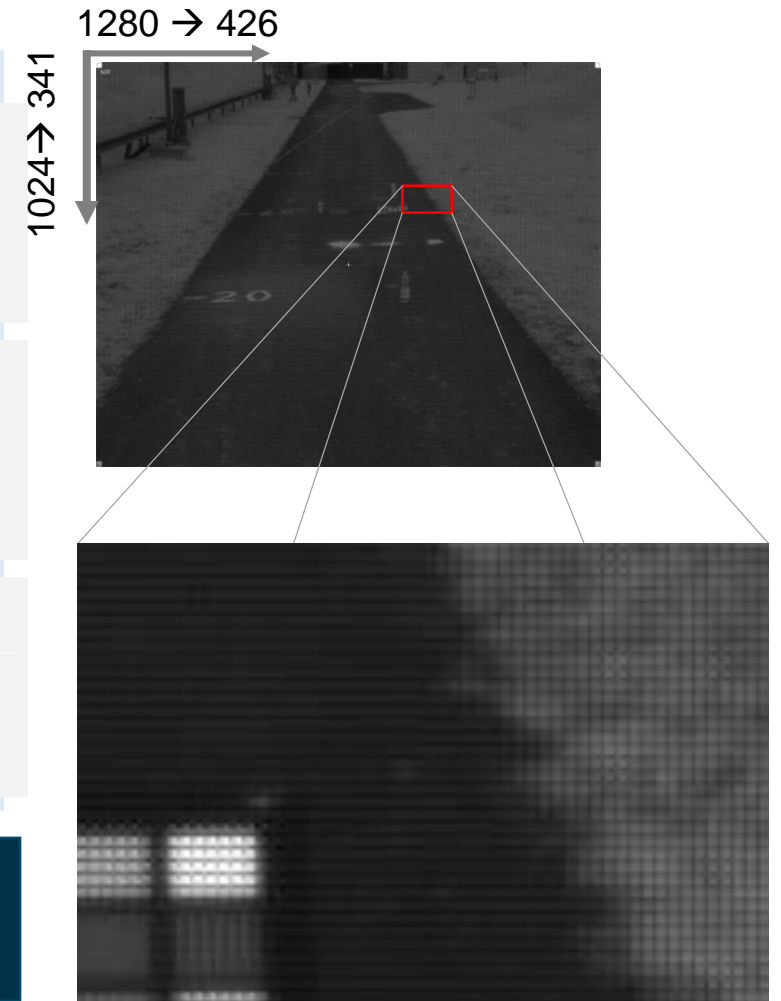
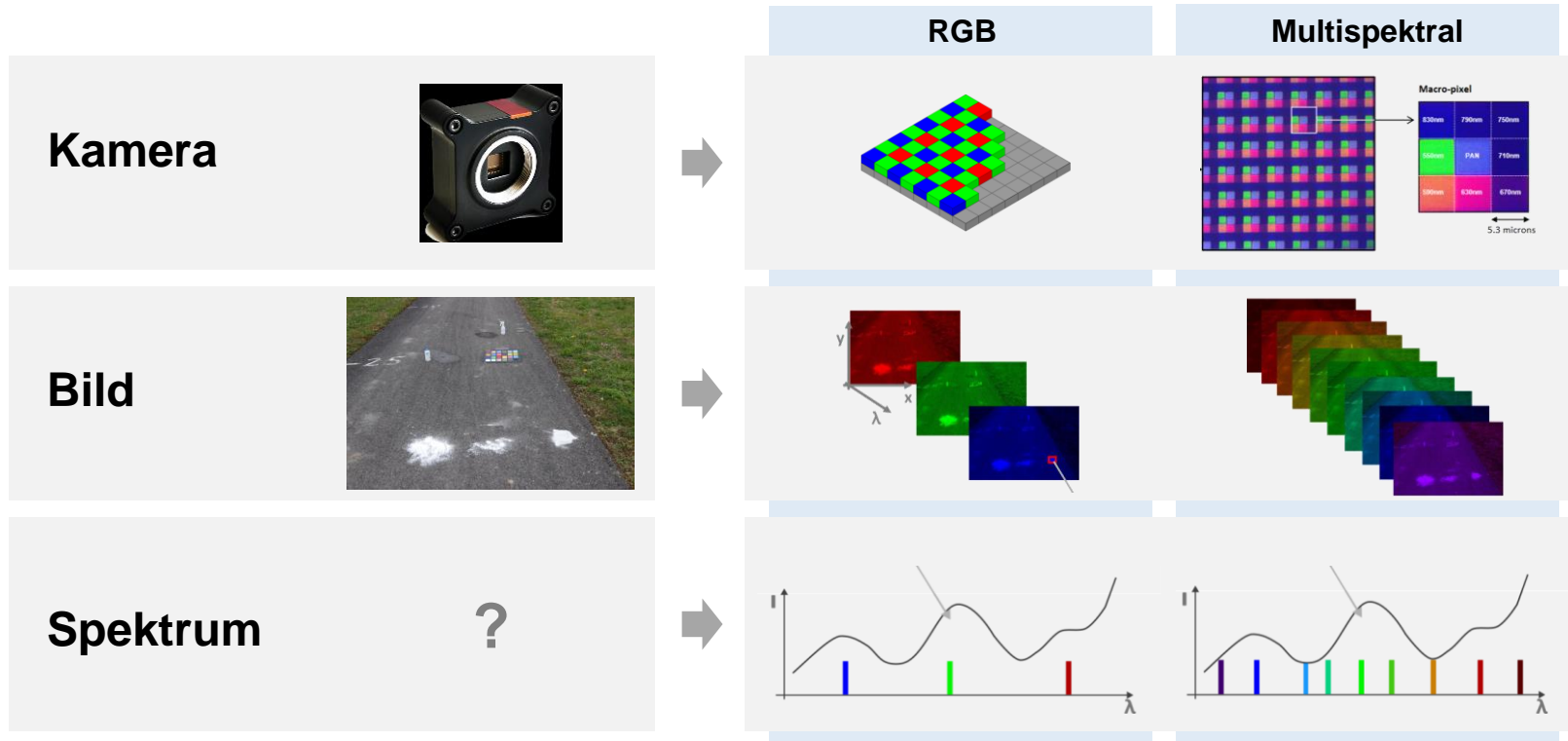


Lokalisierung von Kontaminationen

Lokalisierung: Anomalieerkennung mit Multispektralkameras



Einführung Multispektralkameras



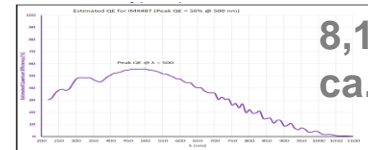
Ziel: Anomaliedetektion anhand spektraler Reflexionssignaturen mit Methoden des maschinellen Lernens

Lokalisierung: Anomalieerkennung mit Multispektralkameras

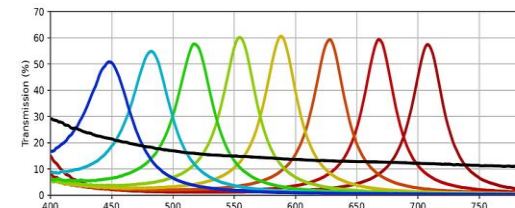
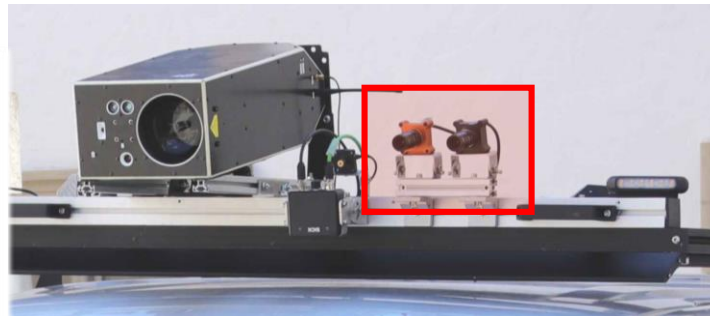
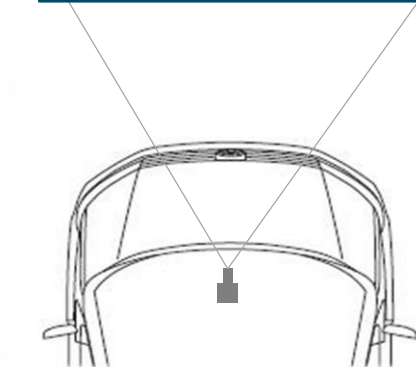


Implementierung in MUSERO

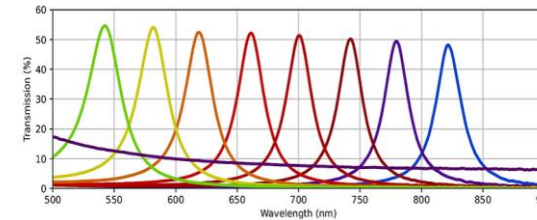
- 3 Multispektral-Kameras
- 1 monochrome UV Kamera



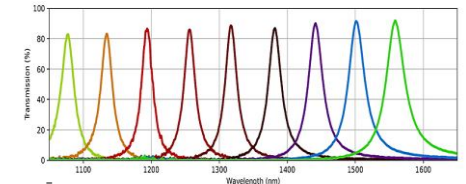
8,1 MP
ca. 3,1x3,1 m²



0,15 MP
ca. 5,7x4,5 m²
Silios Technologies



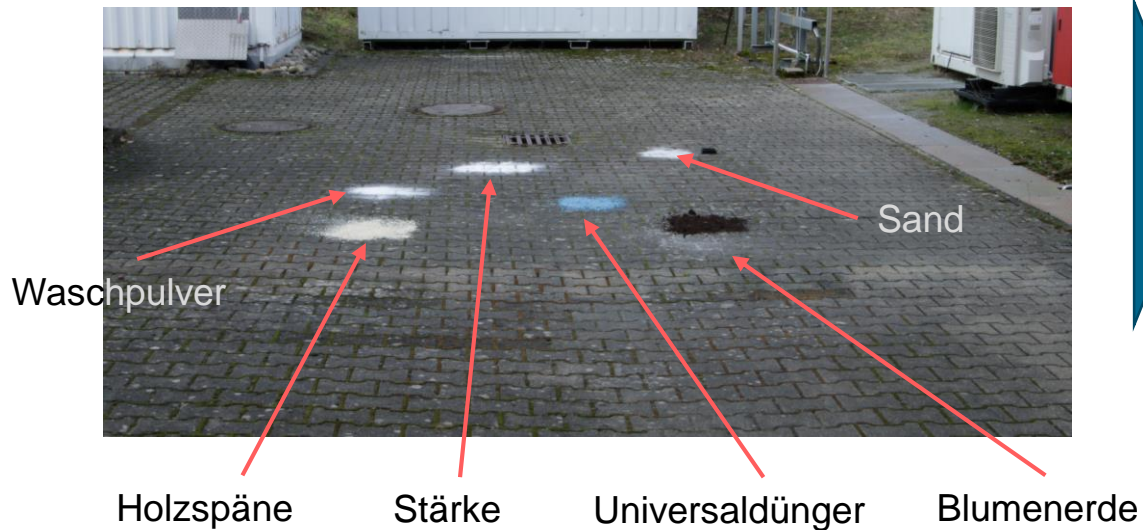
0,15 MP
ca. 2,6x2,1 m²
Silios Technologies



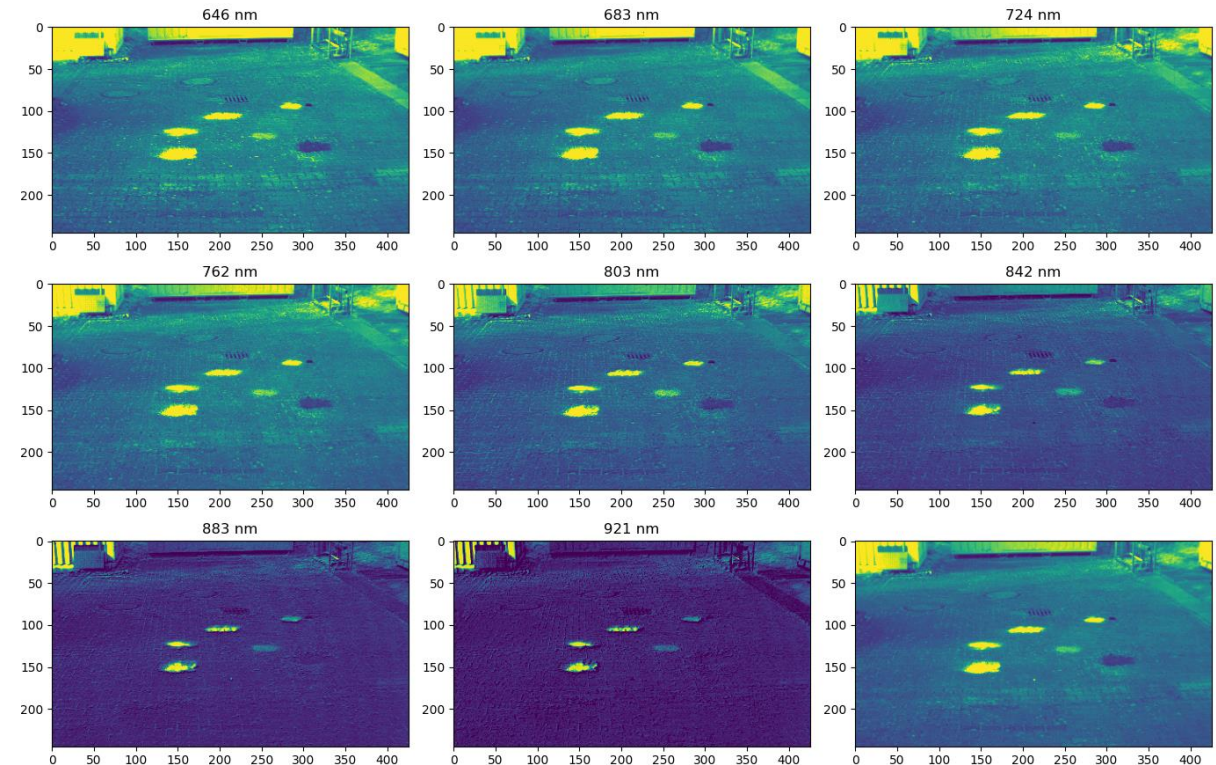
Lokalisierung: Anomalieerkennung mit Multispektralkameras

Vorabuntersuchungen im Labormaßstab

- Versuche am DLR Freigelände (Laserfreistrecke Lampoldshausen)
- Ausbringung von unterschiedlichen Testsubstanzen:
 - Menge: je 50g und 100g
 - Größe: ca. 30cm Durchmesser
 - Det. Abstand: ca. 10m

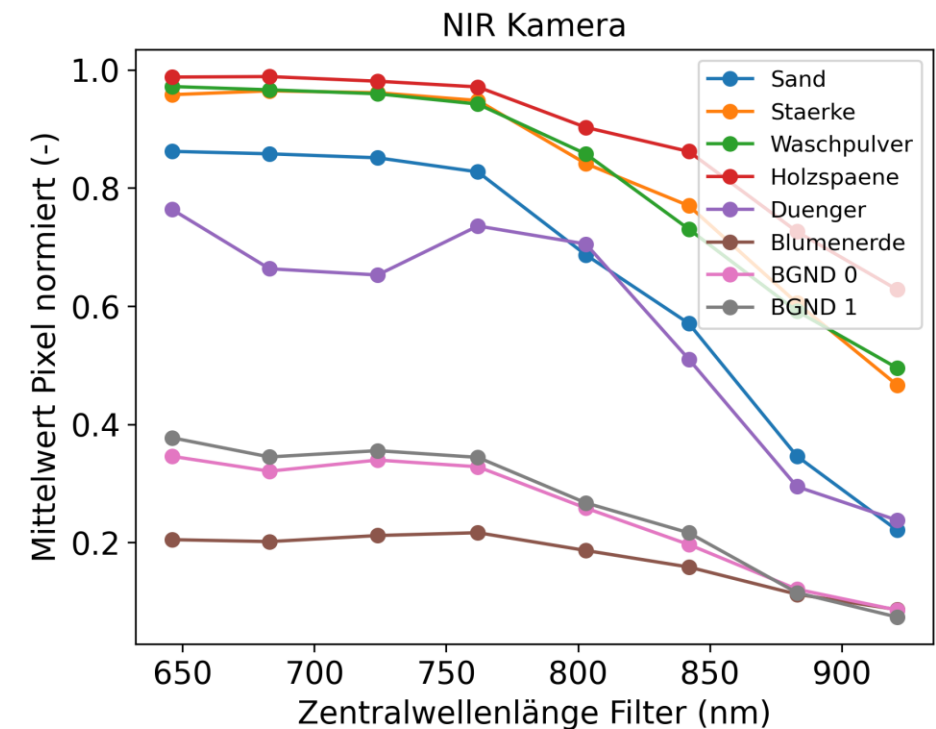
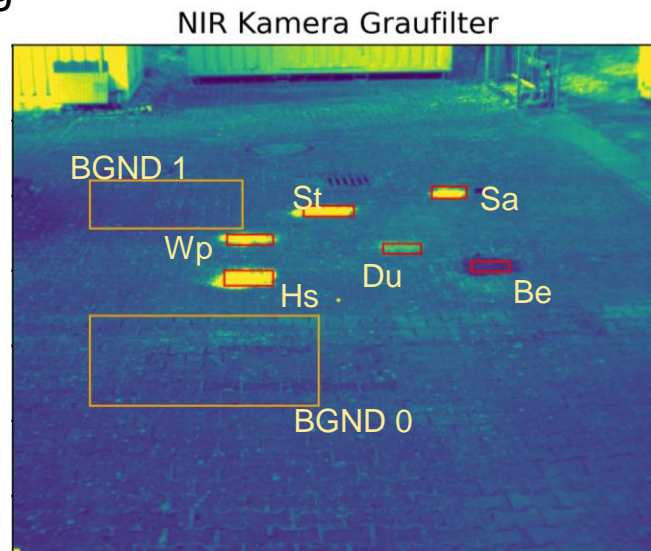


Multispektral (NIR)



Extraktion von Spektren

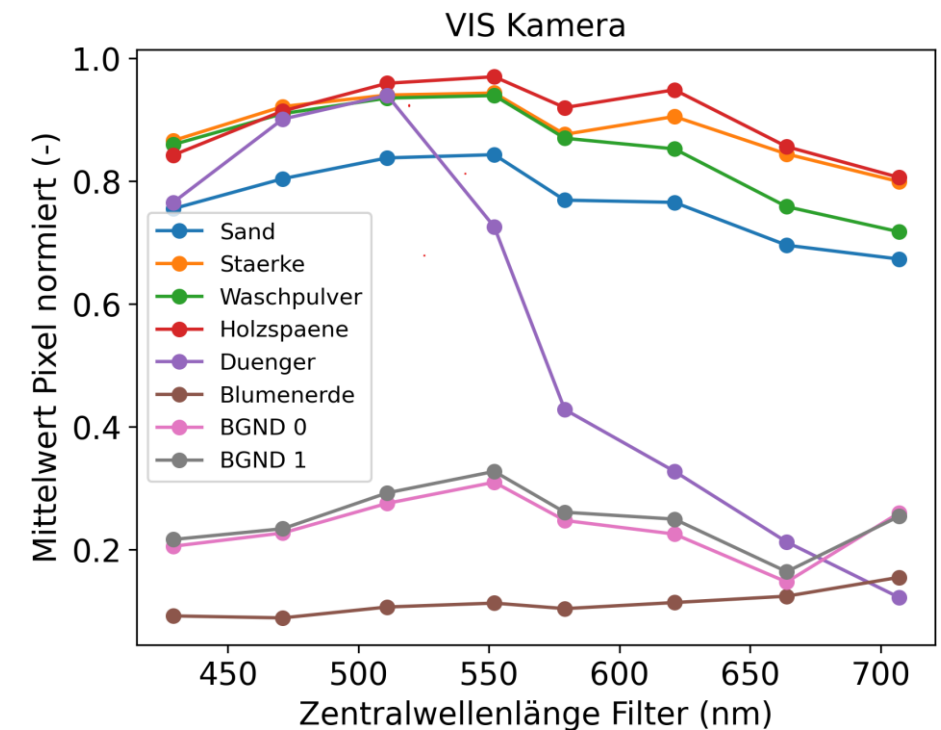
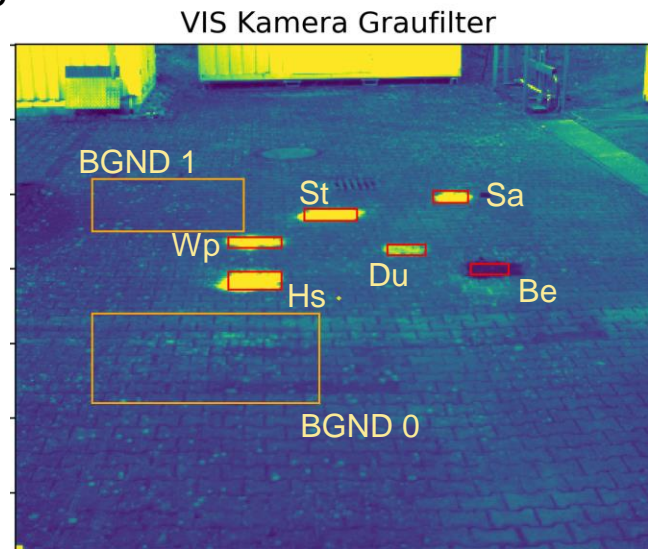
- Spektrale Unterschiede zunächst gering
- Unterscheide stark substanzabhängig
- Relevante Substanzen wichtig für Training
- Variation im Training



Klassifizierung mit *Computer Vision* Algorithmen möglich?

Extraktion von Spektren

- Spektrale Unterschiede zunächst gering
- Unterscheide stark substanzabhängig
- Relevante Substanzen wichtig für Training
- Variation im Training



Klassifizierung mit *Computer Vision* Algorithmen möglich?

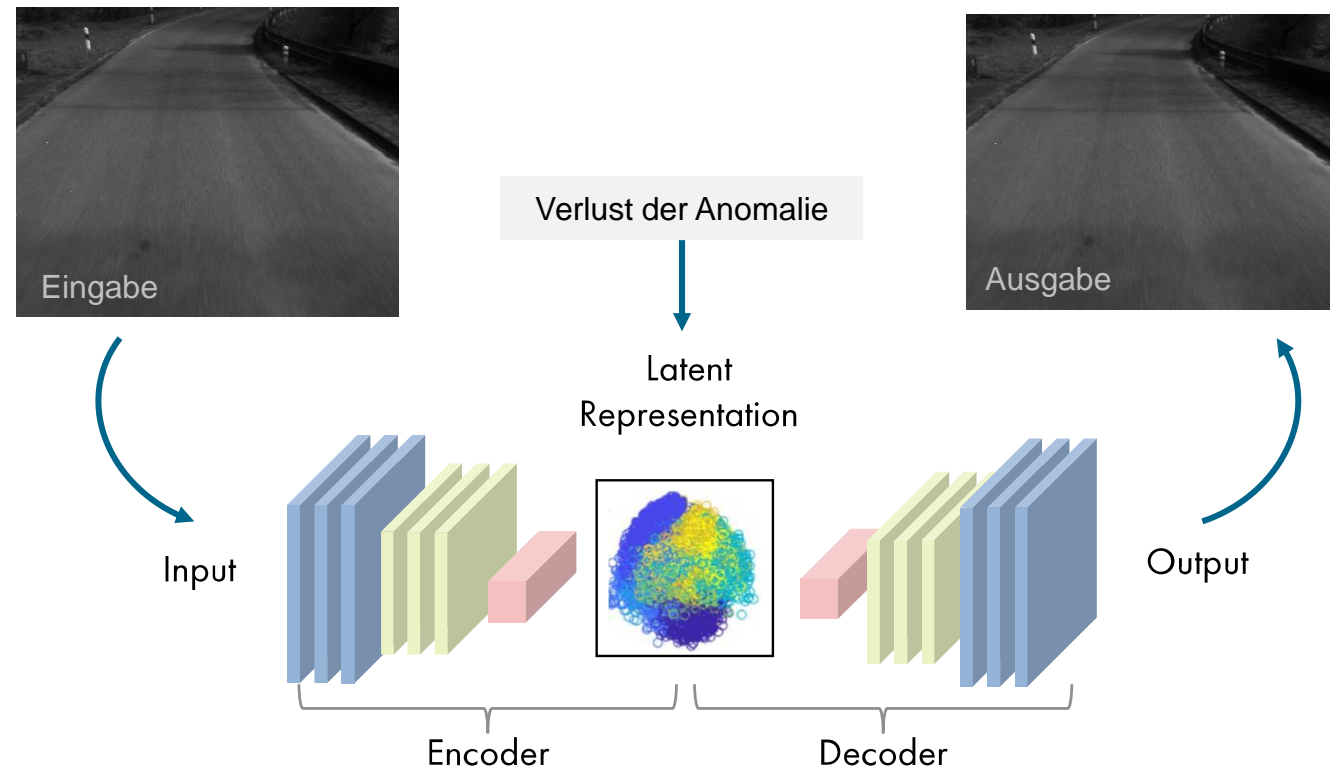
Ansatz zur Erkennung von Anomalien

- Bildanalyse basierend auf Autoencodern
- Reduktion der Bildinformationen in latente Repräsentation

Training: Multispektralbilder des Normalzustandes

Annahme: Gefahrstoffe sind „ungewöhnlich“
→ Großer Rekonstruktionsfehler

Validierung: Analyse durch ausgebrachten Gefahrstoffen als Hotspots



Beispiel Autoencoder

Bisher:

Machbarkeitsuntersuchungen auf DLR
Testgelände *Laserfreistrahlstrecke*

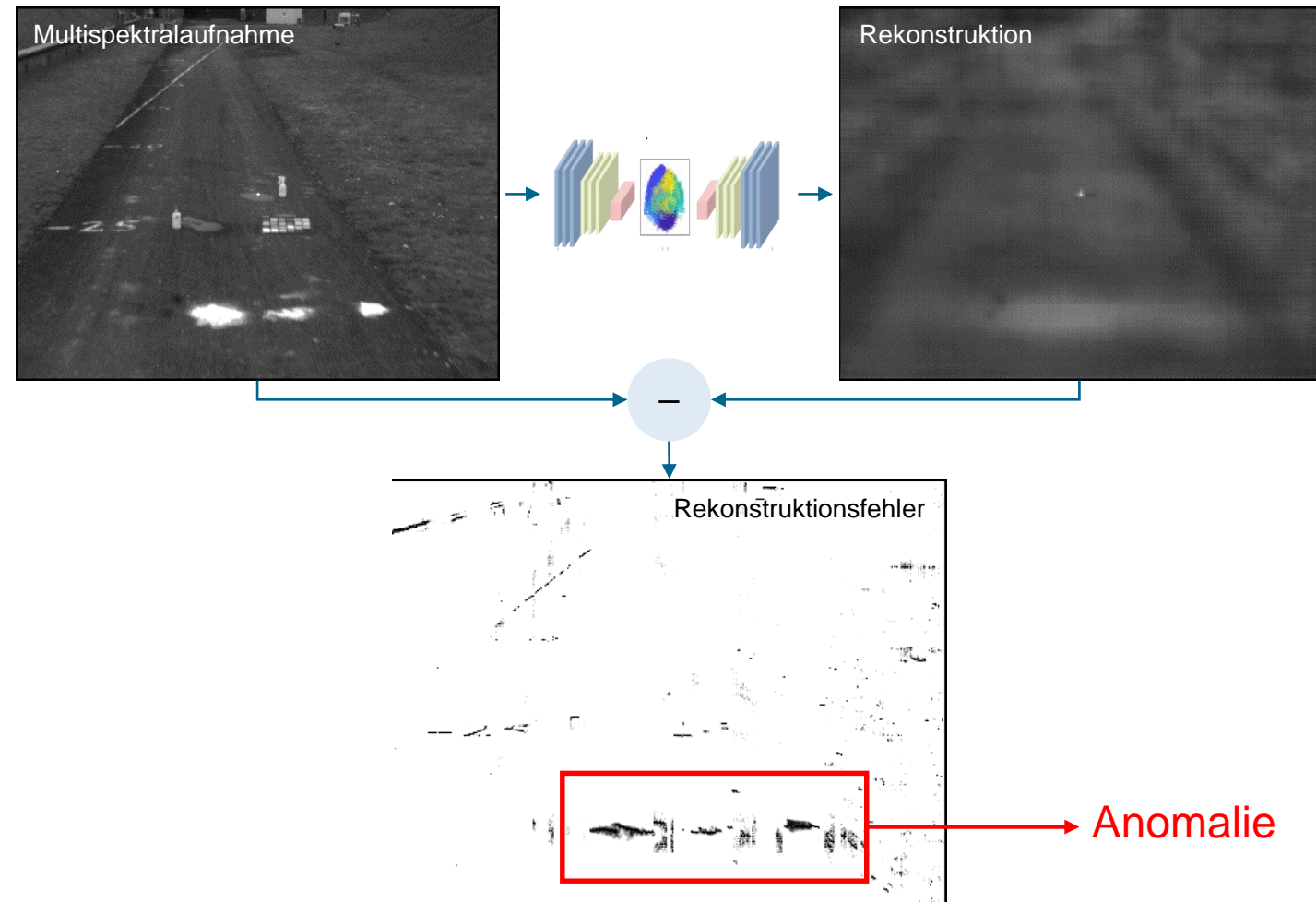
Aktuelle Arbeiten:

Versuche mit komplexen Aufgaben
und Datensätzen

Tests in praktischen Umgebungen



Training:	ohne Anomalie	600.000 M.-Bilder (ca. 6 h Messfahrten)
Validierung:	mit Anomalie	mit ausgebrachten ungefährlichen Substanzen



Beispiel Autoencoder

Bisher:

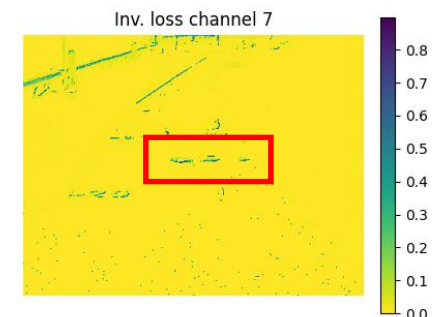
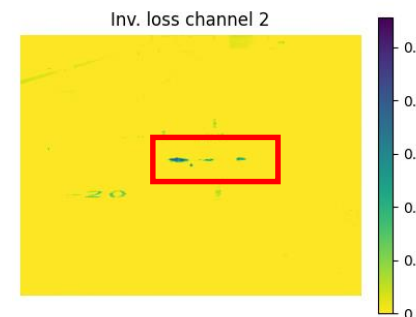
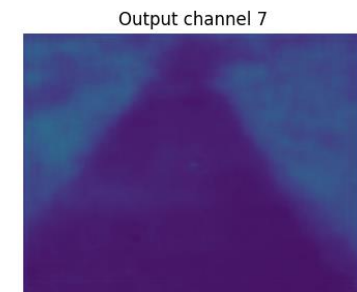
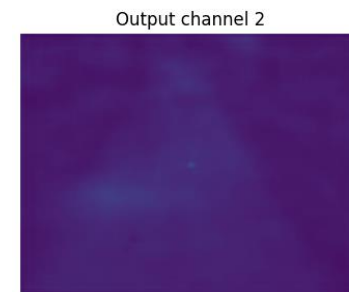
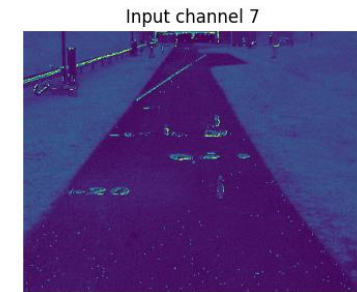
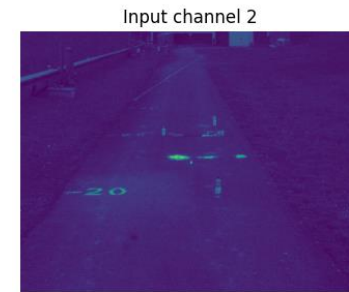
Machbarkeitsuntersuchungen auf DLR
Testgelände *Laserfreistrahlstrecke*

Aktuelle Arbeiten:

Versuche mit komplexen Aufgaben
und Datensätzen
Tests in praktischen Umgebungen



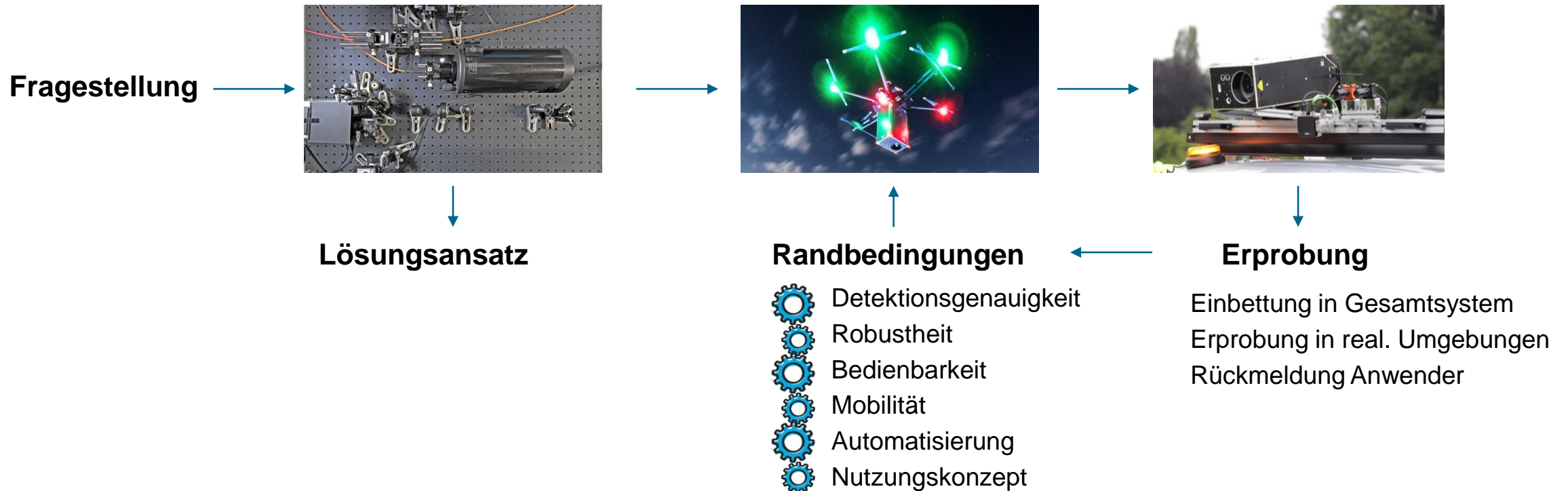
Training:	ohne Anomalie	600.000 M.-Bilder (ca. 6 h Messfahrten)
Validierung:	mit Anomalie	mit ausgebrachten ungefährlichen Substanzen



Laserspektroskopische Ferndetektion

Vision: Stand-Off Laserspektroskopie im Einsatz

Klassifizierung von freigesetzten CBE-Substanzen aus sicherer Entfernung



Hohe spezifische Anforderungen → Integration der Lösung in ein Gesamtsystem

Klassifizierung: Laserspektroskopie

Laserinduzierte Fluoreszenzspektroskopie

Einsatzgebiete:

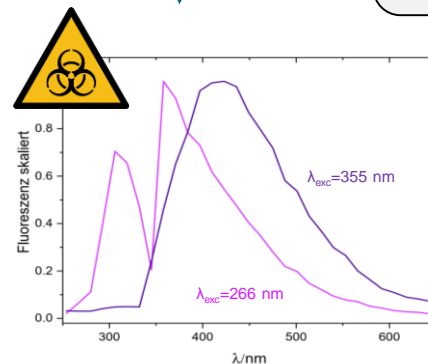
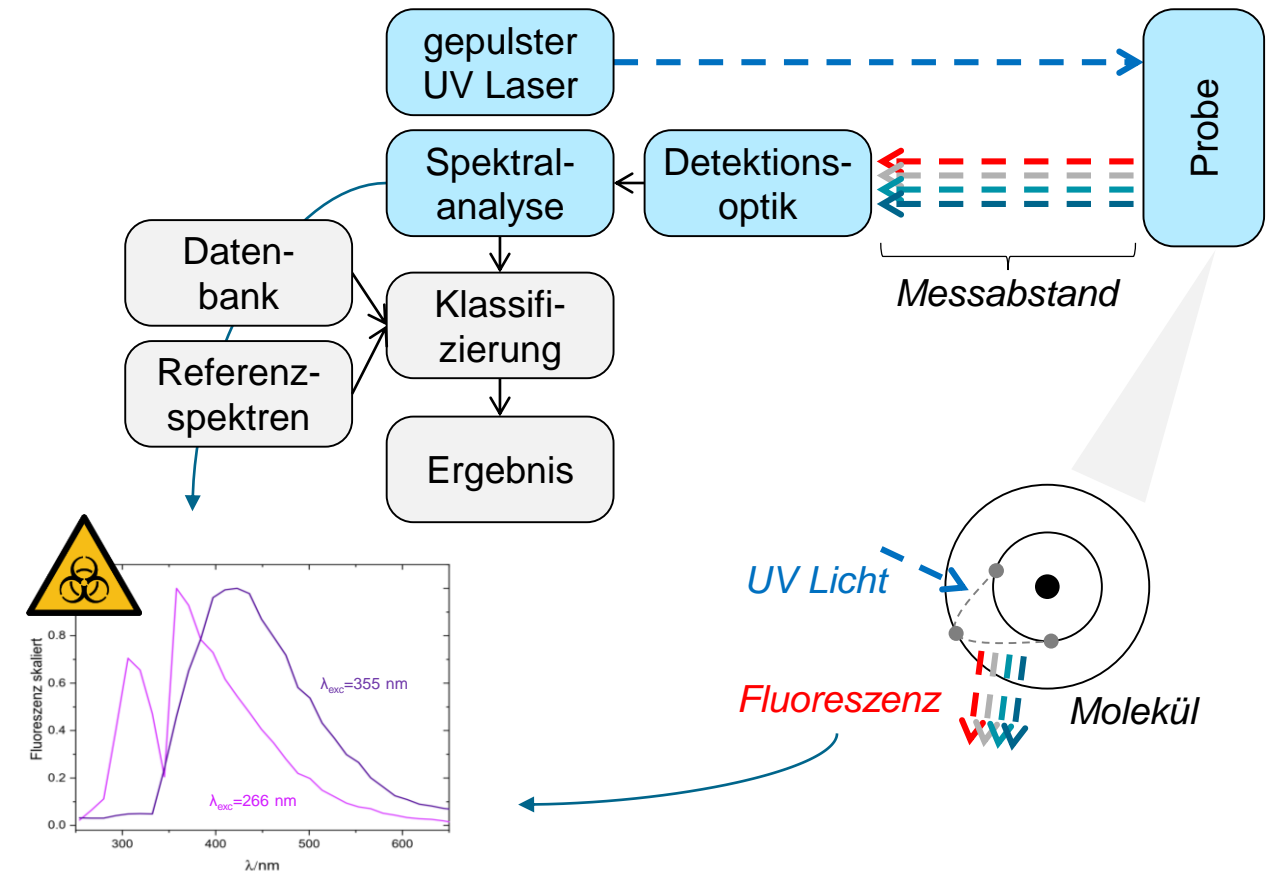
- Biologische Gefahrstoffe
- Erkennung chemischer Kampfstoffe
- Schadstoffe (VOCs)

Vorteile:

- Hohe Empfindlichkeit
- Einfache Handhabung
- Toleranz gegenüber Matrixeffekten

Nachteil:

- Spezifität und Selektivität



Biological materials consist of (fluorescent) amino acids

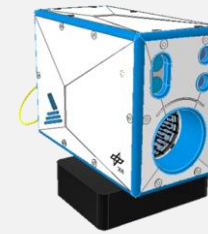
Klassifizierung: Laserspektroskopie

Anforderungen



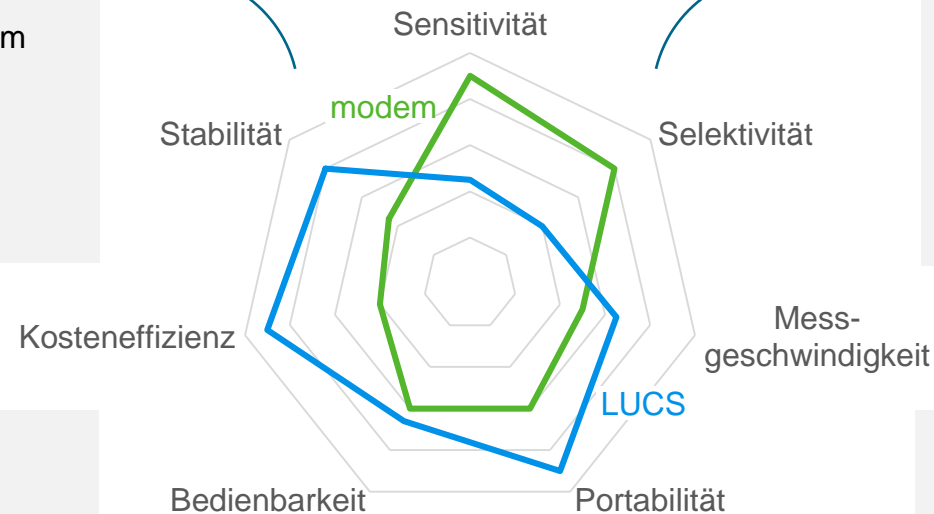
● modem

Wellenl.: 266, 355 nm
Energie: 200 μ J
Rep.rate: 40 Hz
Det.optik: 4 Zoll



● LUCS

Wellenl.: 355 nm
Energie: < 18 μ J
Rep.rate: 5000 Hz
Det.optik: 3 Zoll



Einsatz:

Laborumgebung
Forschung und Entwicklung
Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen

Einsatz:

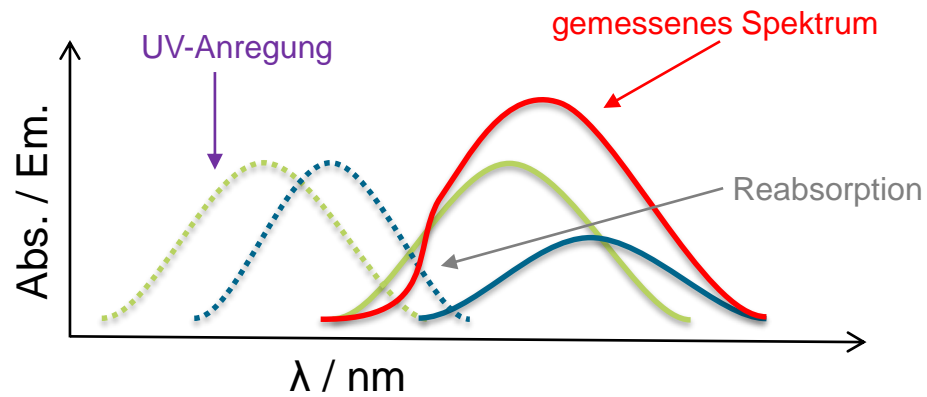
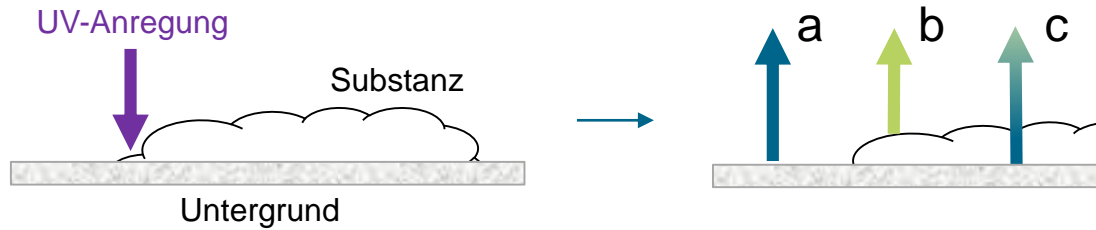
Prototypenimplementierung
Realistische Problemstellungen
Machbarkeit im Anwendungsbereich



Klassifizierung: **Unbekannte Untergründe**



Herausforderung



Signalbeiträge sind nicht additiv

Anteil Hintergrund zu Substanzsignal

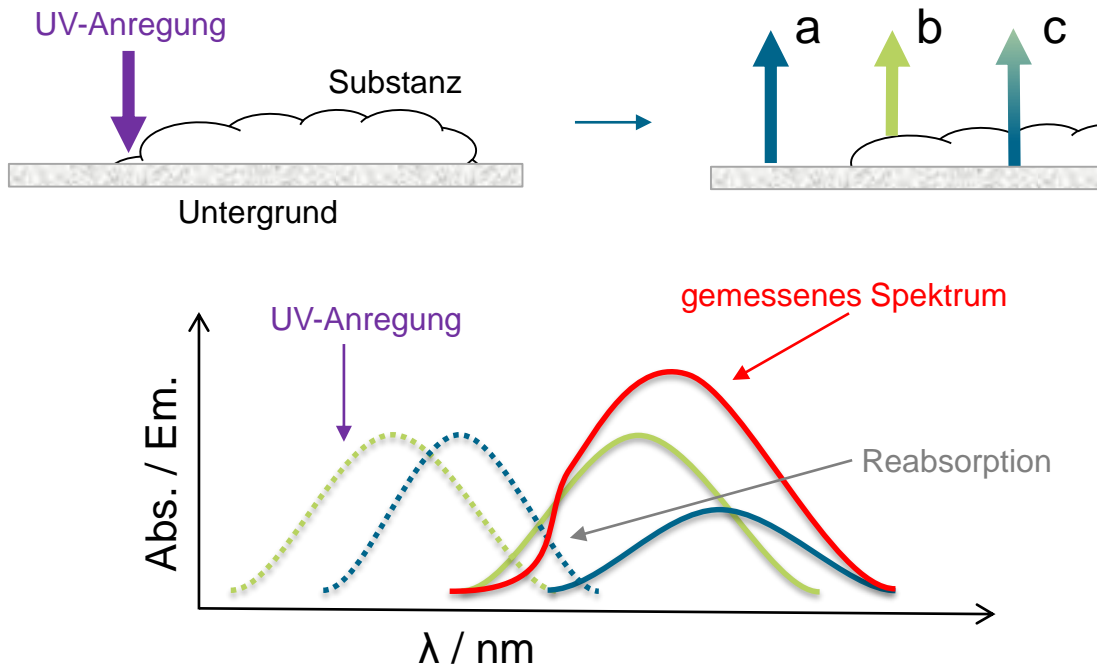
Unbekannte Untergründe



Klassifizierung: **Unbekannte Untergründe**



Herausforderung

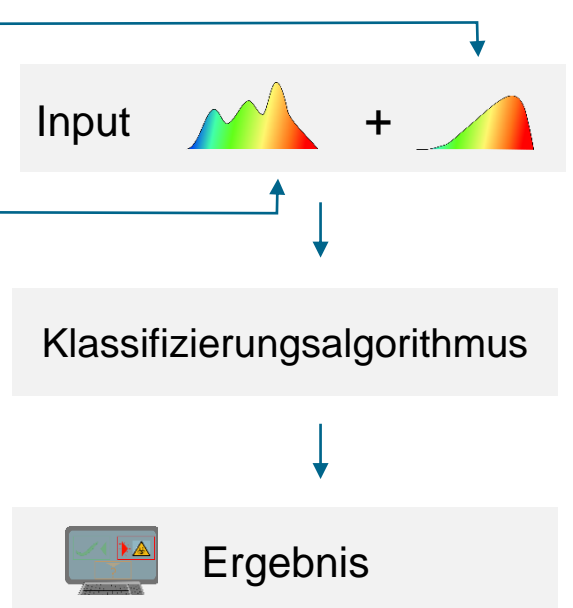


Signalbeiträge sind nicht additiv

Anteil Hintergrund zu Substanzsignal

Unbekannte Untergründe

Klassifizierungsmethode





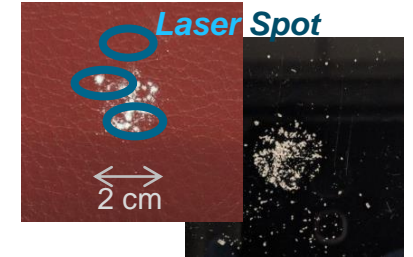
Klassifizierung: **Unbekannte Untergründe**



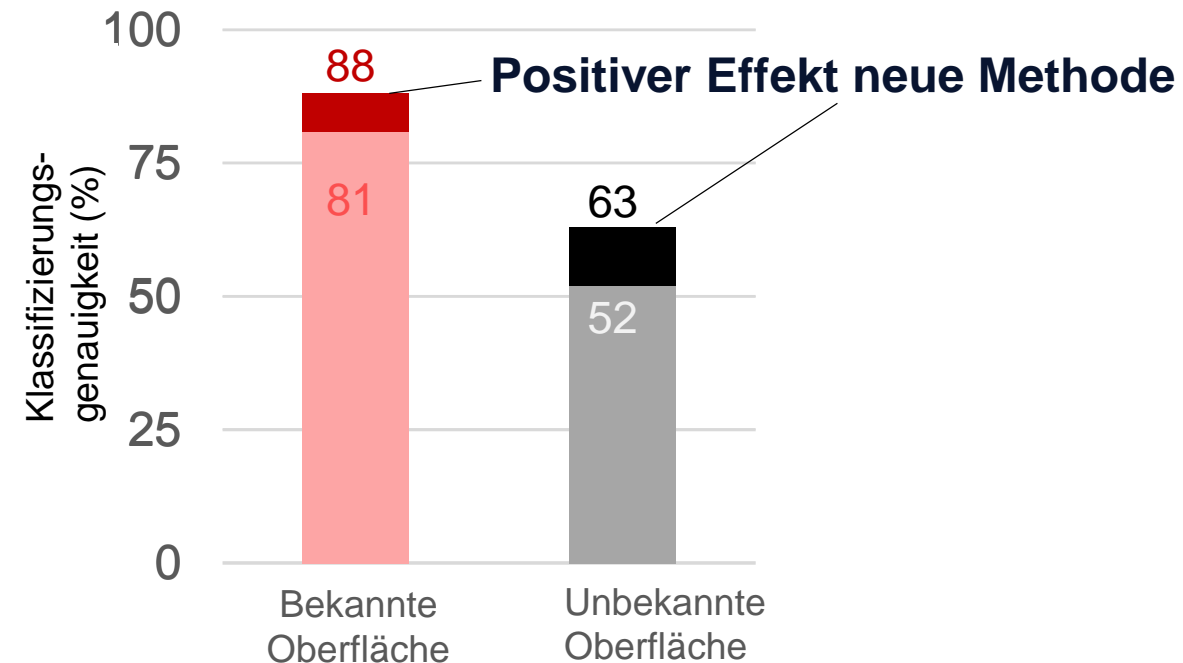
Test der verbesserten Klassifizierungsmethode

Pulvern	Intensive Fluoreszenz	Kein Eindringen
Bakterien-suspensionen	Geringe Fluoreszenz	Evtl. Eindringen in Oberfläche

10 biologische Pulver
(z.B. Tryptophan, NADH, Mehl)
13 Oberflächen
Lockere Bedeckung



- Modelleigenschaften:**
- Parameter optimierter Support Vector Machine
 - Gemittelte Daten (15 Spektren pro Mittelwert)
 - 80/20 Verhältnis Training/Test





Klassifizierung: Systemempfindlichkeit & Robustheit

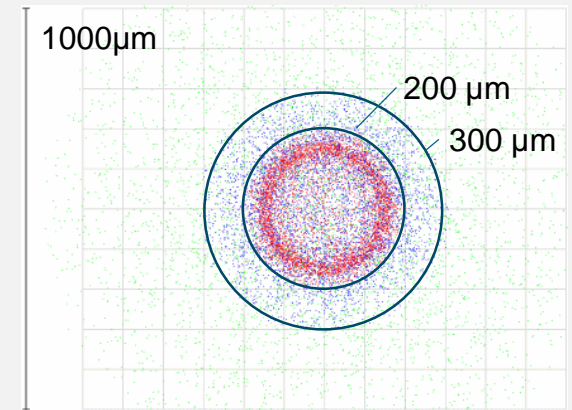
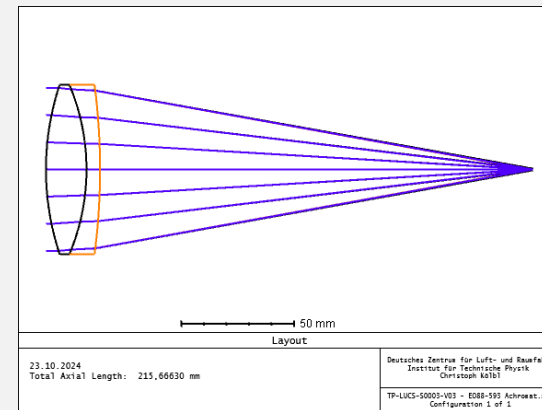


Herausforderung Optikdesign

Stabilität des optischen Aufbaus

Effektive Unterdrückung von Hintergrundstreulicht

→ Simulationen und experimentelle Verifikation

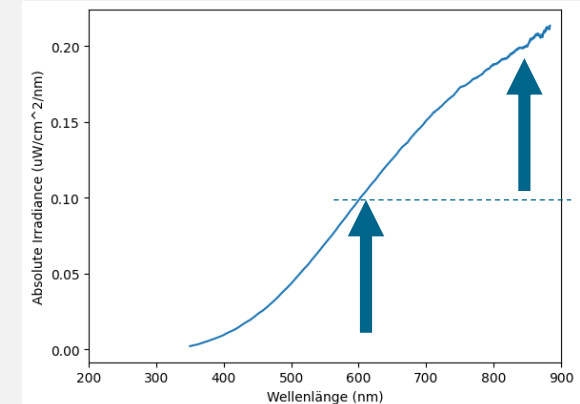
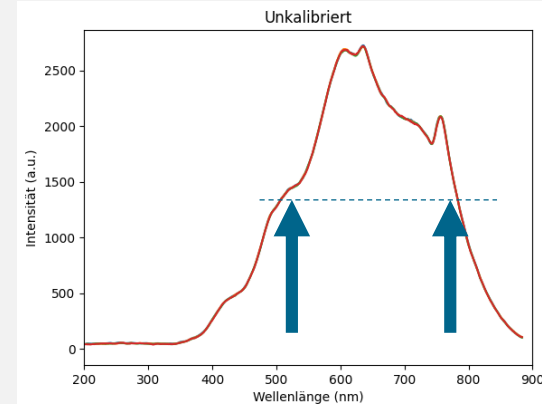


Systemvergleichbarkeit

Erarbeitung Kalibrierungsprozesse

Verbesserte Reproduzierbarkeit der Messergebnisse

→ Vergleichbarkeit mit anderen Messsystemen





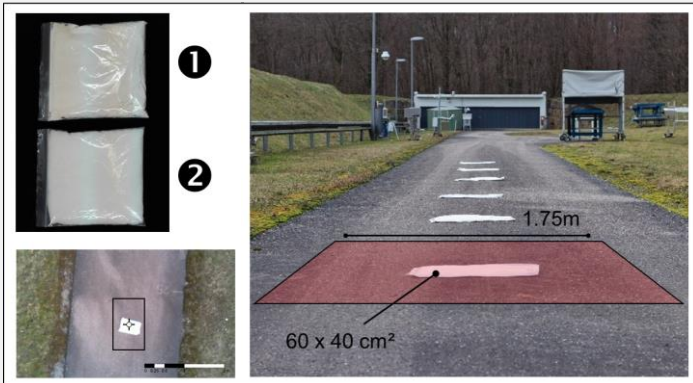
Klassifizierung: Visualisierung



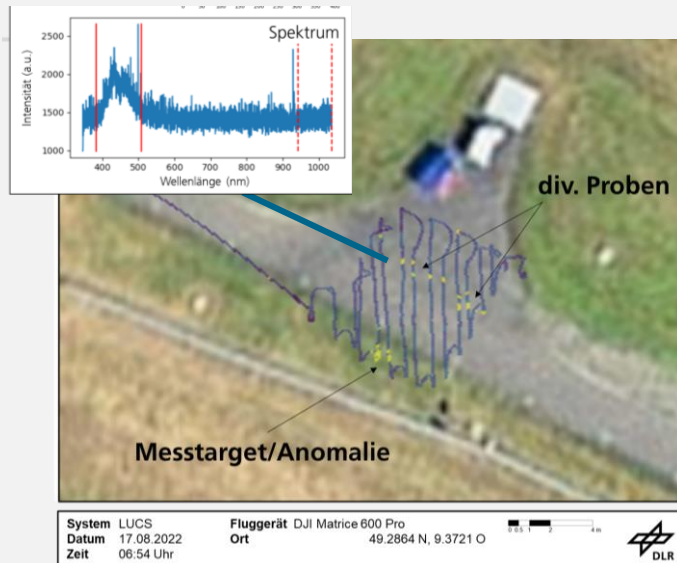
Georeferenzierte Laserspektroskopische Messungen

Probenmaterial

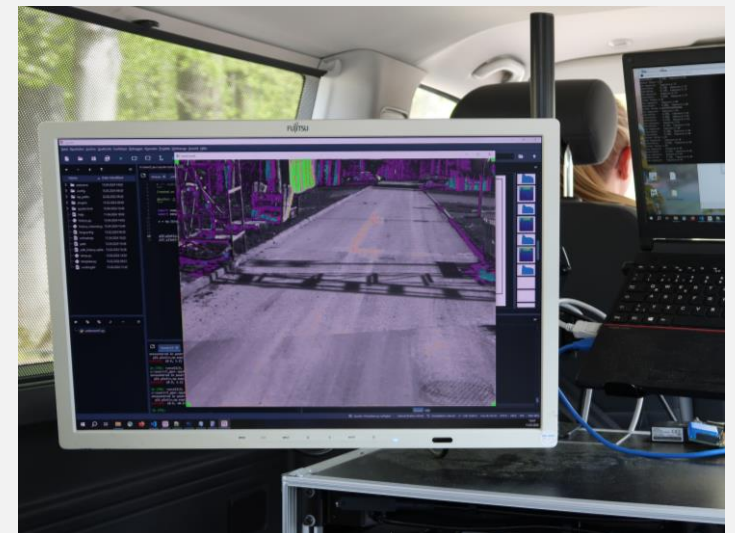
Unterschiedliche
Pulverproben verpackt in
Steribags



Falschfarbendarstellung



Ansatz Echtzeitvisualisierung

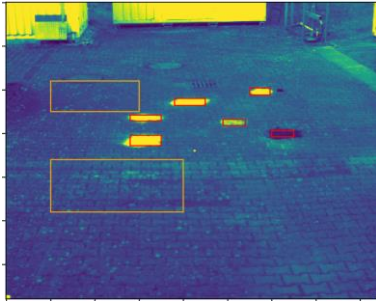


Zukünftig: Gefahrenskala mit Zuverlässigkeitsanzeige



Ausblick

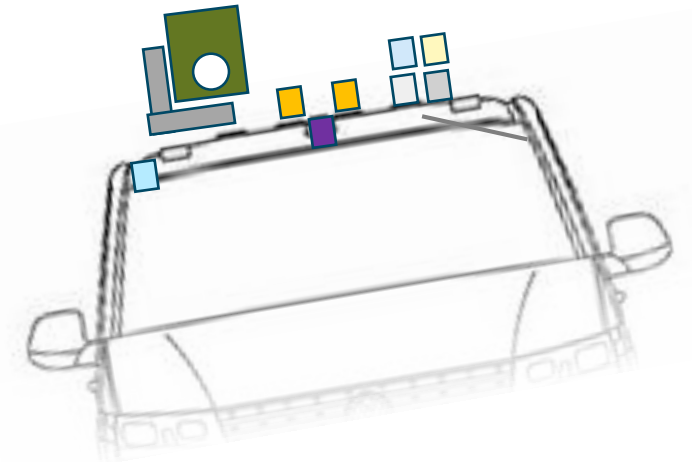
Lokalisierung von Kontaminationen



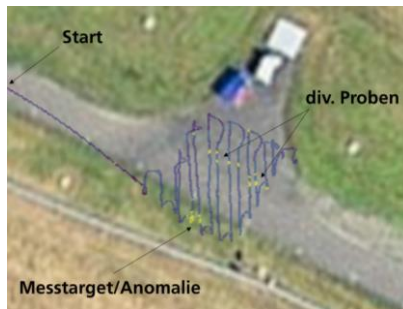
Einsatz von Multispektralkameras
(UV, VIS, NIR, SWIR)

Autoencoder-Architektur zur Anomaliedetektion

Erprobungen im Labor und externen Umfeld
zurzeit laufend



Klassifizierung durch Laserspektroskopische Verfahren



Anwendungsnahe Entwicklung von Laserspektroskopiesystemen
zur Ferndetektion von Gefahrstoffen

Ausarbeitung neuer Ansätze zum Umgang mit unbekanntem
Substanzen und Hintergründen

Vorbereitung für Erprobung unter realistischen Bedingungen

Ausblick: Vision teleoperierte Erkundung



Sensorik für CBE-Ferndetektion auf mobilen Plattformen

