



SIEMENS
Ingenuity for life



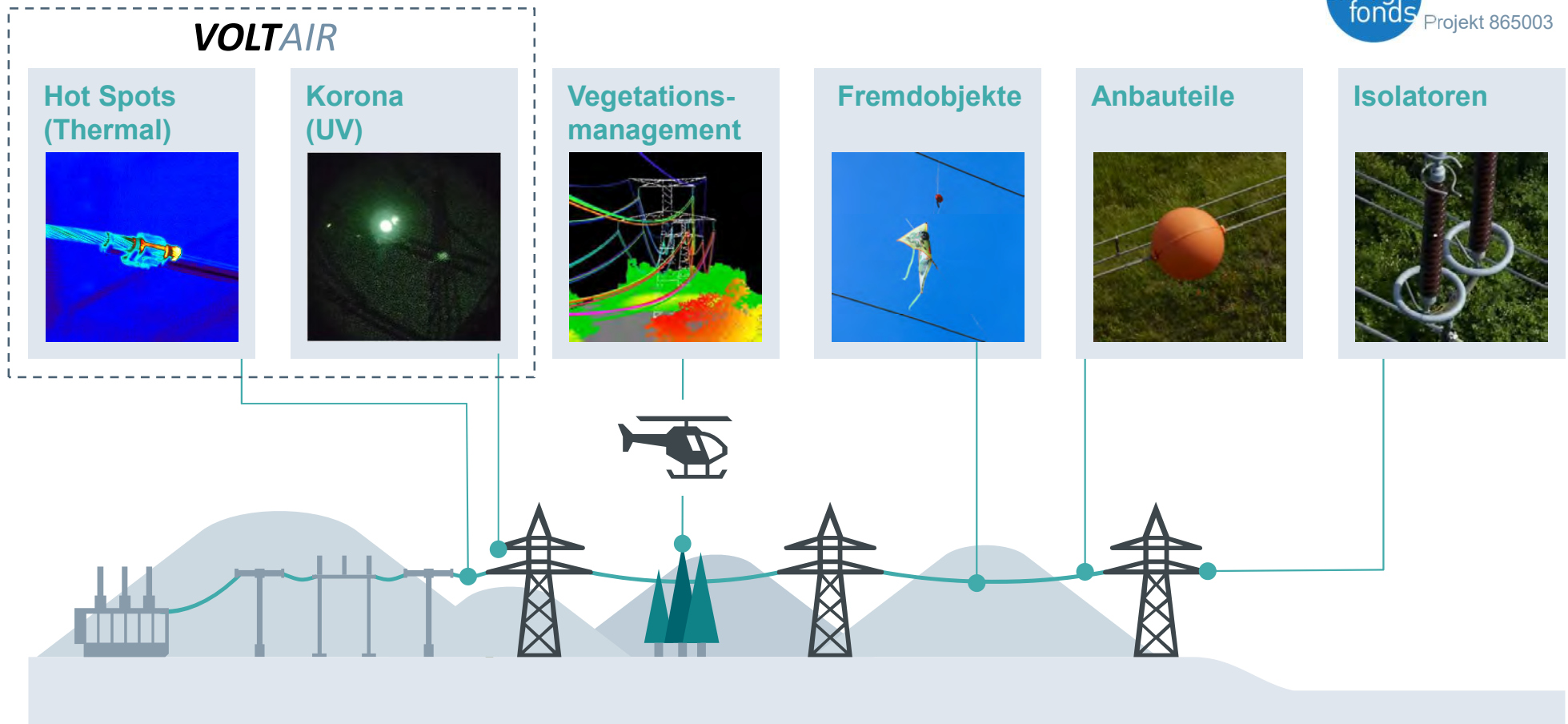
VOLT AIR

Josef Alois Birchbauer Siemens AG Österreich
Gernot Komar Technische Universität Graz
(Radu-Laurentiu Vieriu, Jürgen Hatzl, Oliver Pischler, Prof. Uwe Schichler)

Februar 2020

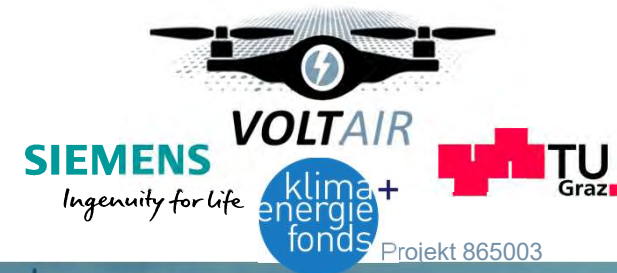
<https://www.tugraz.at/institute/hsp/aktuelles/forschungsprojekt-voltair/>

Ausgangssituation



Zielsetzung von **VOLTAIR**

„Das Unsichtbare Sichtbar machen“



Defekte, die in weiterer Folge **Ausfälle der betroffenen Betriebsmittel** verursachen, manifestieren sich in physikalischen Größen (**UV/IR**), die **vom Menschen ohne technische Hilfe nicht wahrgenommen** werden können.



Komplexe Anlagen wie Schaltanlagen, Umspannwerke, Transformatoren & Freileitungen erfordern zudem **neue Perspektiven der Aufnahme.**

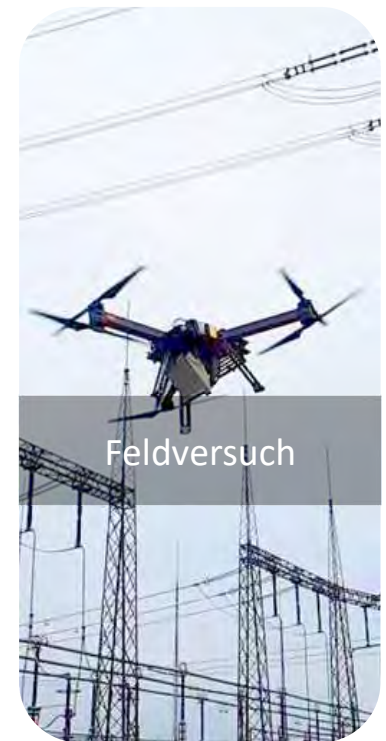
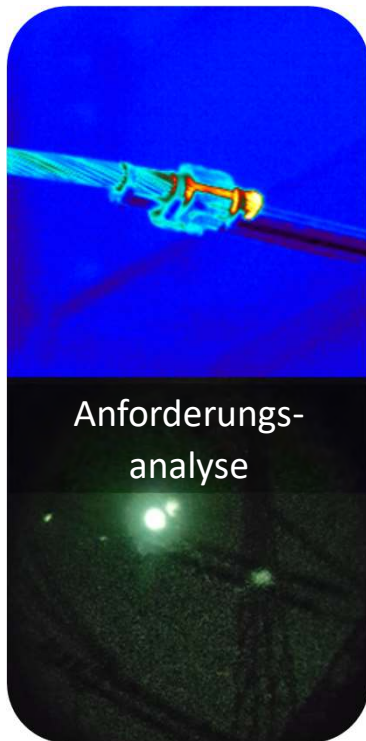


Automatische Datenklassifizierung durch modernste Verfahren des maschinellen Lernens

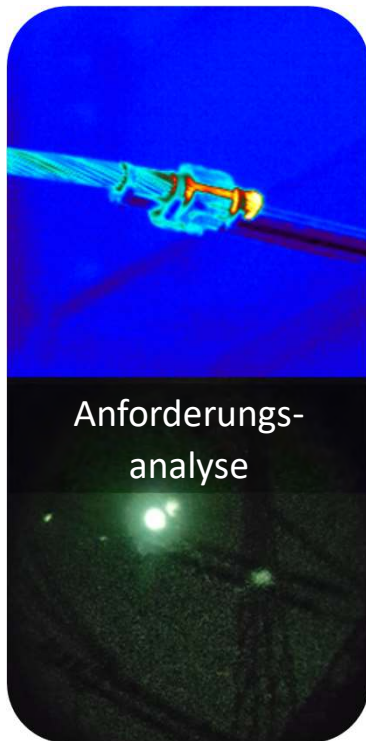


Kombination spezieller Sensorik mit einer automatischen Bildanalyse bietet hohes Optimierungspotential für die Zustandsüberwachung und somit die Zuverlässigkeit der Energieversorgung.

Inhalt der Präsentation



Anforderungsanalyse



Anforderungs-
analyse



UAV getragenes
Mess-System



Orientierende
Labormessungen

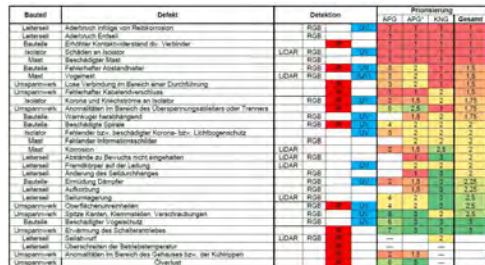


Automatische
Bildanalyse



Feldversuch

„GENERALISIERUNG“



Beschreibung der zu detektierenden Defekte mit EVU's abgestimmt

„WAS?“

„WIE?“

Anleitung wie sich die Kriterien
in den Bilddaten erkennen
lassen („**Messvorschriften**“)

AP3 Prüfkriterienkatalog

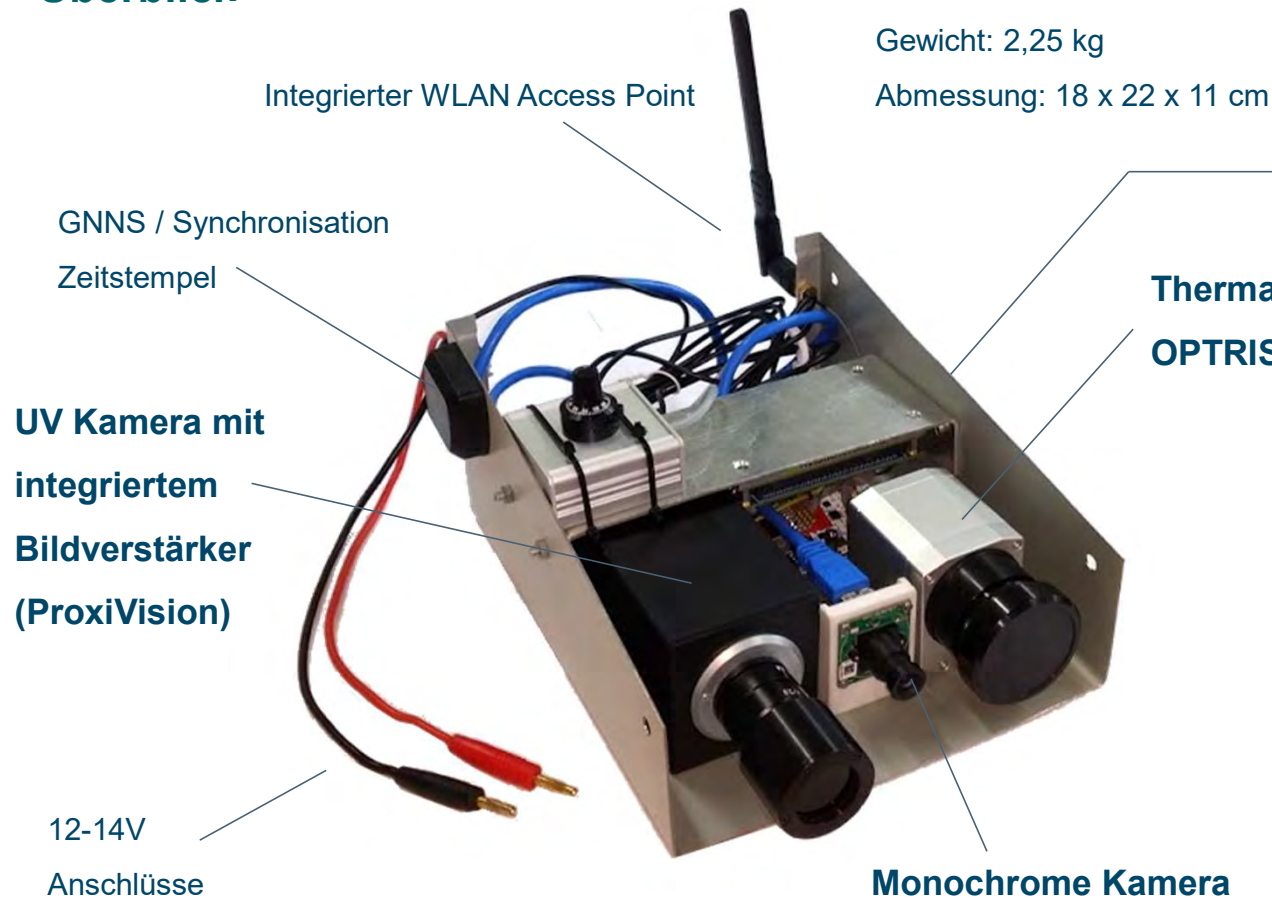
„MAPPING“

Zuordnung wie **Schadfälle (Anforderungsprofil)** in konkrete **Messaufgaben** umzulegen sind

UAV getragenes Mess-System



Entwicklung Sensorkopf (I) Überblick



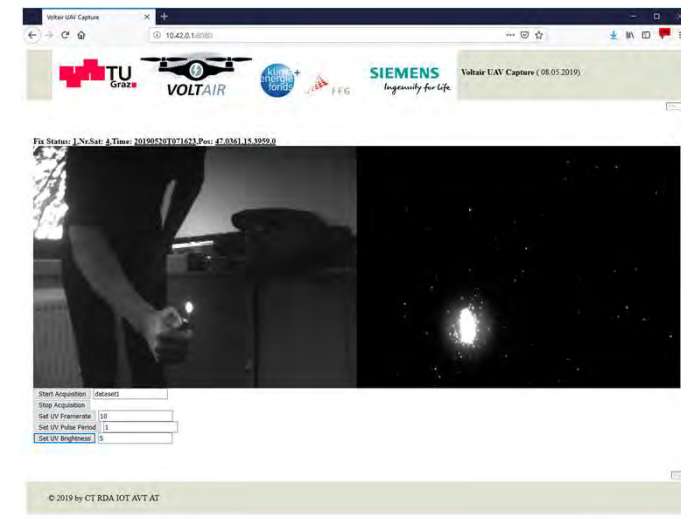
Gewicht: 2,25 kg

Abmessung: 18 x 22 x 11 cm



Web-Schnittstelle

- Einstellung Kameraparameter
- Live-Ansicht aller Kamerabilder
- Start/Stop der Datenaufnahme



Entwicklung Sensorkopf (II)

Lokalisierung und Kalibrierung



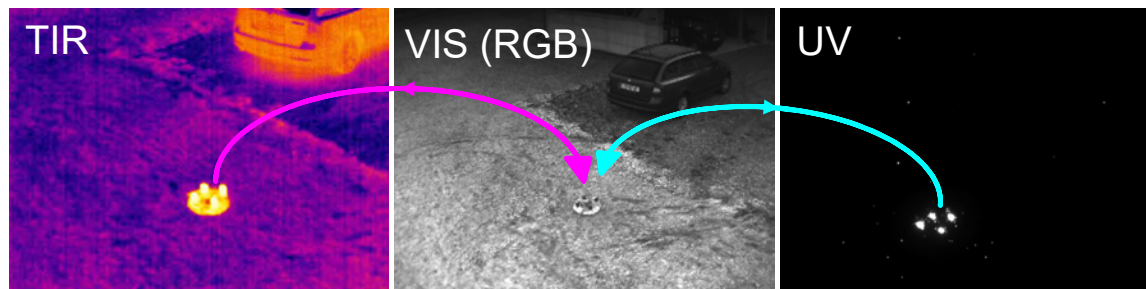
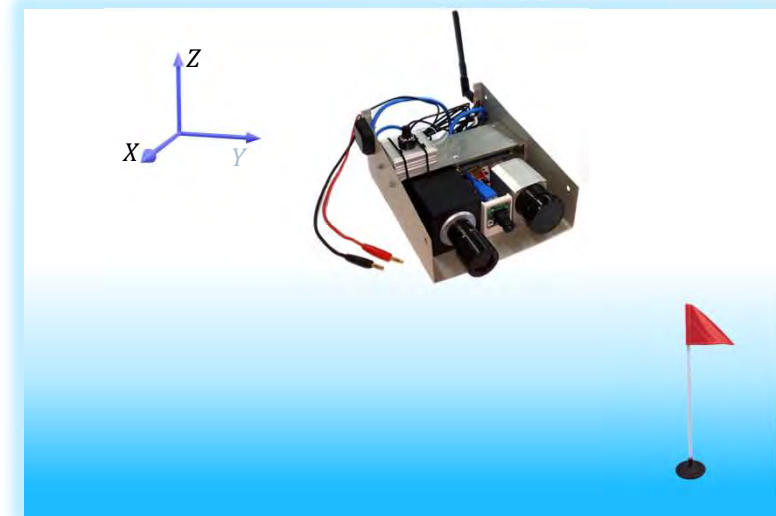
Modalitätsübergreifende Lokalisierung:

A) **Lage** des Sensorkopfes im Raum?
(Position + Orientierung)

→ **Lösung: Bildbasierte Lokalisierung (SfM)**

B) Wie kann ein **Querbezug** von einem Bilddatum zum anderen hergestellt werden?

→ **Lösung: Kamerakalibrierung**



Entwicklung Sensorkopf (III)

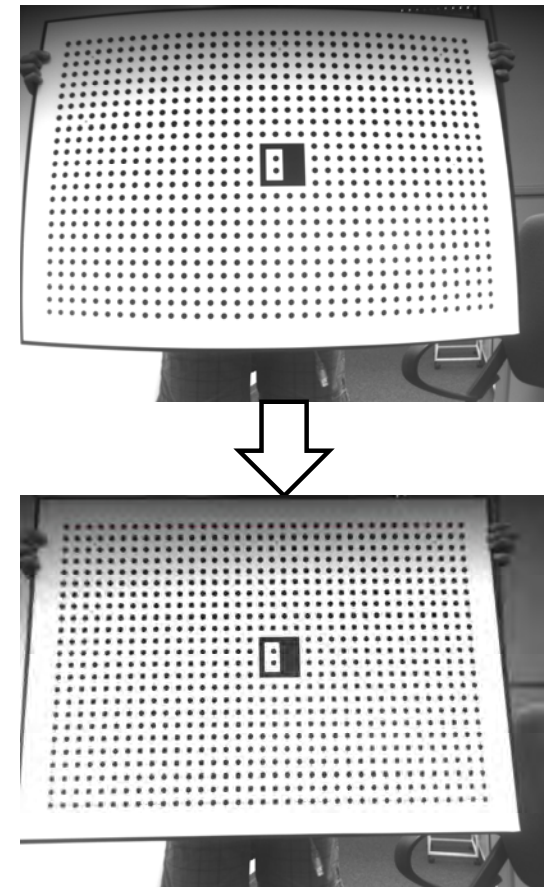
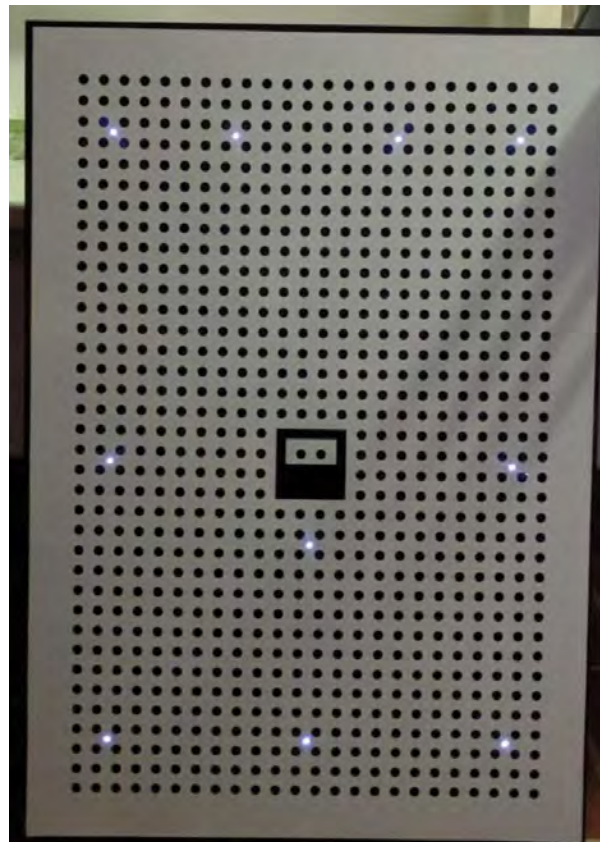
UV \leftrightarrow VIS Kalibrierung

Anfertigung **aktive** Kalibrierungshilfe

- Platzierung von **UV emittierenden LED's** an ausgewählten Stellen im sichtbaren Kalibriermuster

Ergebnis:

- UV + VIS innere Kameraparamater
- UV \leftrightarrow VIS relative Orientierung



Orientierende Labormessungen



Orientierende Labormessungen (I)

Überblick

Defekte an elektrischen Betriebsmitteln

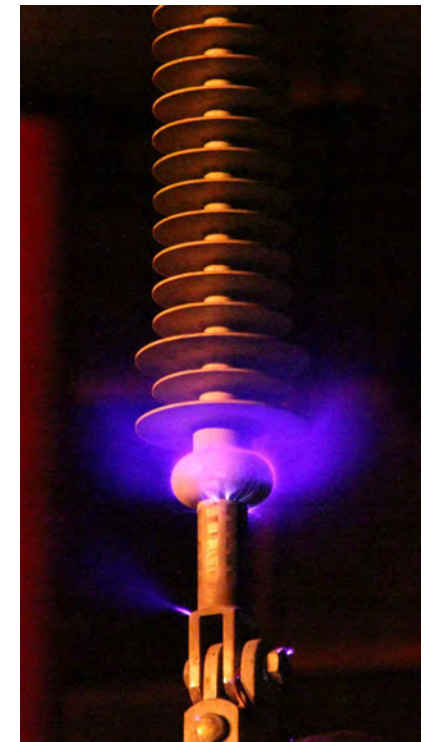
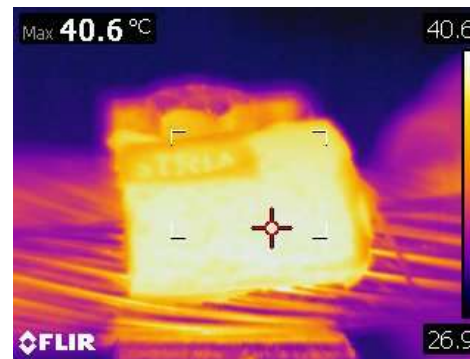
- Wärme mit Infrarotsensor erfassbar
- Erhöhte Feldstärke mit UV-Sensor

Herausforderung durch Dynamik

- Hohe Reichweite
- Hohe Geschwindigkeit
- Großer Abstand zum Messobjekt

Mehrere Versuchsreihen

- Vorversuche zur Sensorauswahl
- Orientierende Laborversuche
- Laborversuche zur Datenerfassung



Orientierende Labormessungen (II)

Vorversuche zur Sensorauswahl

Simulation des Vorbeifluges durch Drehbewegung

- μ C-gesteuerter Schrittmotor

Versuche zur Sensorauswahl

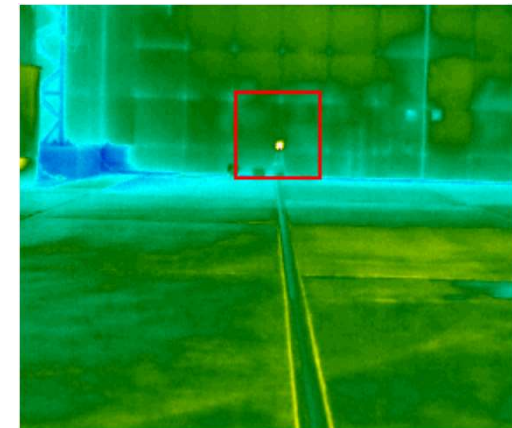
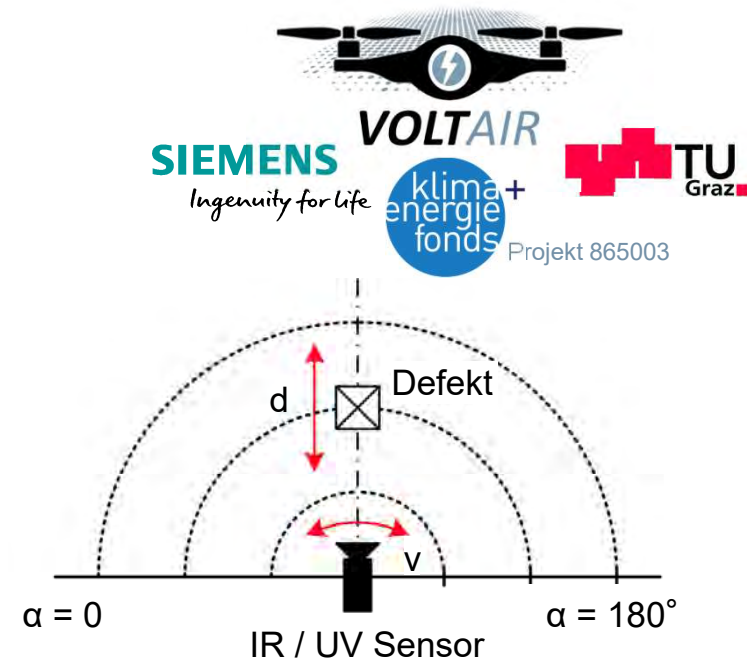
- „Künstliche“ Defekte
 - Nadel-Platte für UV-Signatur
 - Lampen für IR-Signatur

UV-Sensorik

- ProxiVision
- pco.ultraviolet
- Exacter RFID

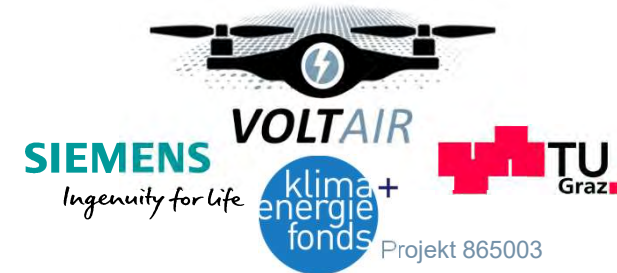
IR-Sensorik

- OPTRIS PI640
- FLIR AO6750sc
- FLIR A65



Orientierende Labormessungen (III)

Transportsystem für Sensorkopf



Simulation des Vorbeifluges durch Drehbewegung

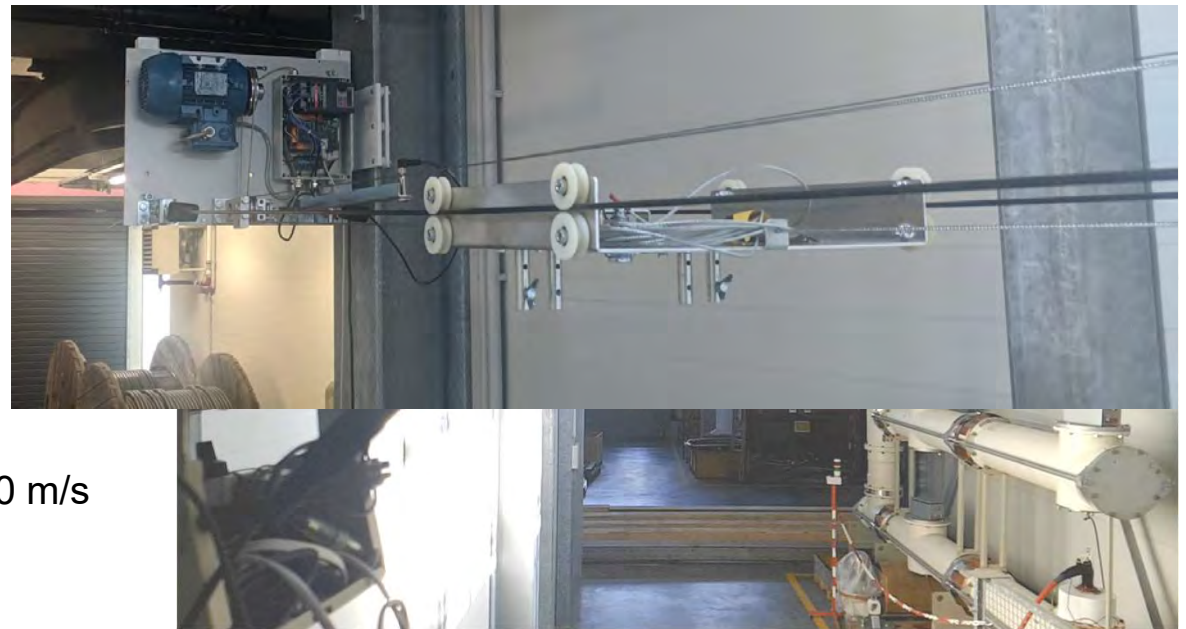
- Für orientierende Versuche in Ordnung
- Möglichkeit Drohnenflug akkurater abzubilden

Scheibentransportsystem

- Komplettsystem mit Steuerung
- 25 m Länge
- Maximale Geschwindigkeit: $v = 3 \text{ m/s}$

Modifikationen

- Mechanische Umbauten
- Entwicklung eigener Steuerung
- Neue maximale Geschwindigkeit: $v = 10 \text{ m/s}$



Orientierende Labormessungen (IV) IR-Versuche

Defekte aufgrund von erhöhtem Kontaktwiderstand

- Generierte Wärme mit IR-Sensor detektierbar

Defektmodell

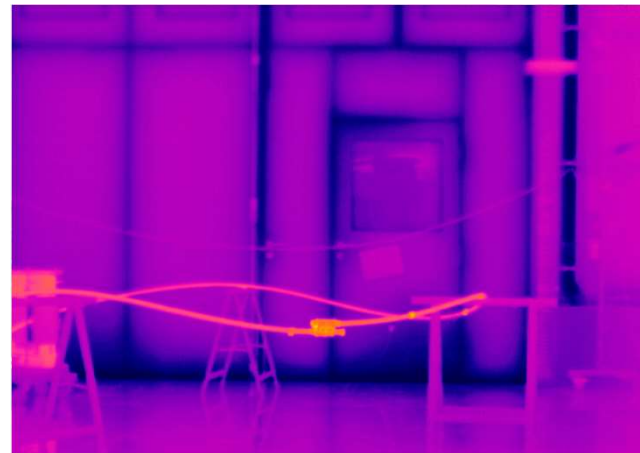
- Klemme einer Leiterschleife
 - Durchsteckwandler
 - Strom eingeprägt
 - Temperatur eingestellt

Variation der Parameter

- Geschwindigkeit, Abstand und Emissionszahl

Erkenntnisse

- Evaluierung der Einstellungen
- Grenzbedingungen für Detektion ermitteln
- Herausforderung durch verschiedener Emissionszahlen



v \ d	10 m	17 m
01 mps		
02 mps		
03 mps		
04 mps		
05 mps		
06 mps		
07 mps		
08 mps		
09 mps		

Orientierende Labormessungen (V)

UV-Versuche

Defekte aufgrund erhöhter Feldstärke

- Koronaentladungen

Geringe Strahlungsintensität

- Kamera mit Bildverstärker
- „Blobs“

Defektmodell

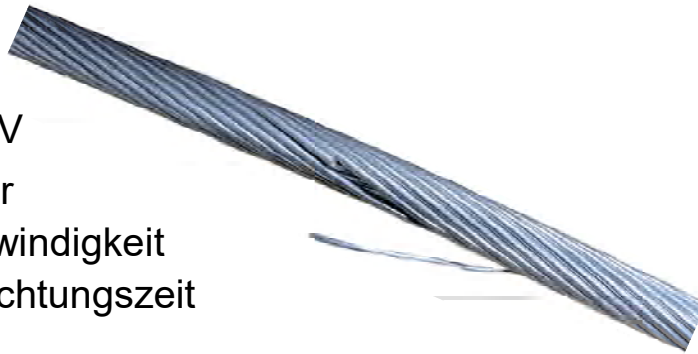
- Aderbruch bei 100 kV

Variation der Parameter

- Abstand und Geschwindigkeit
- Brennweite und Belichtungszeit

Erkenntnisse

- Sensitivitätsanalyse
 - Vergleich mit marktführendem System bestanden
- Einfluss der Parameter auf das Detektionsergebnis



Orientierende Labormessungen (VI)

Zusammenfassung und Ausblick



Herausforderungen

- Entfernung und Geschwindigkeit

IR-Sensorik

- Viele verschiedene Komponenten abzudecken
- Temperaturmessung schwer umzusetzen
- Vergleichsmessungen

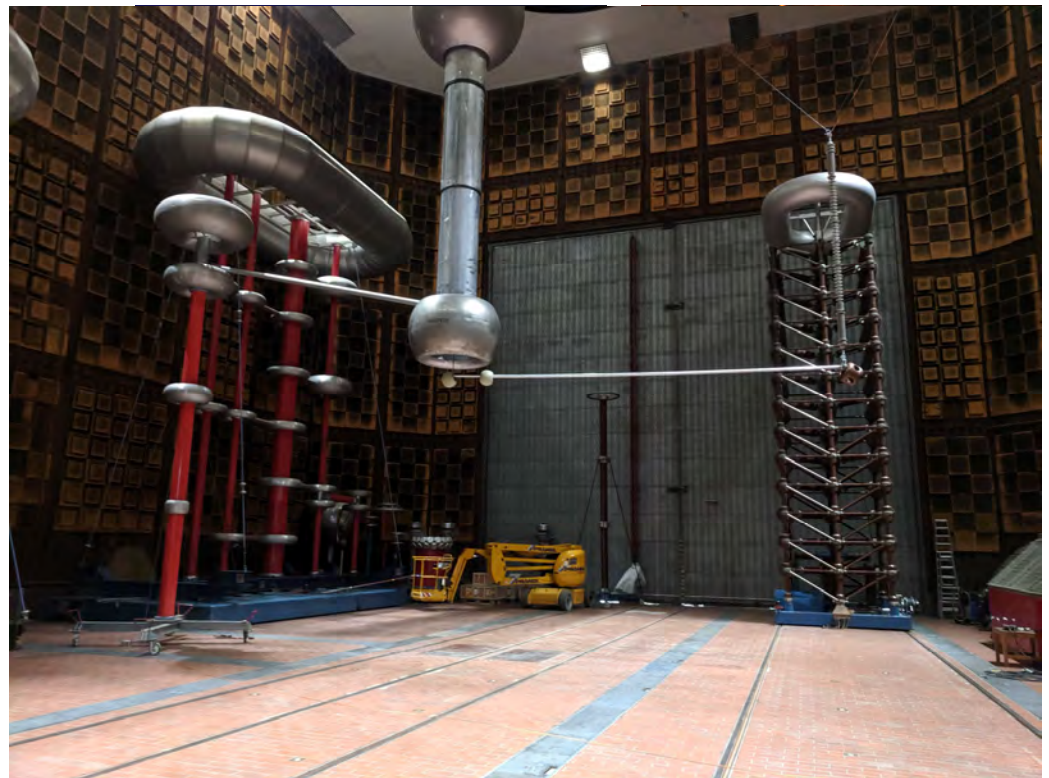
UV-Sensorik

- Verknüpfung zwischen „Blob“ und Intensität

Zusätzliche realistische Defektmodelle

- Mehrfachklemmverbindungen
- Verbundisolatoren

Durchführung zusätzlicher Feldmessungen



Automatische Bildanalyse



Anforderungs-analyse



UAV getragenes Mess-System



Orientierende Labormessungen



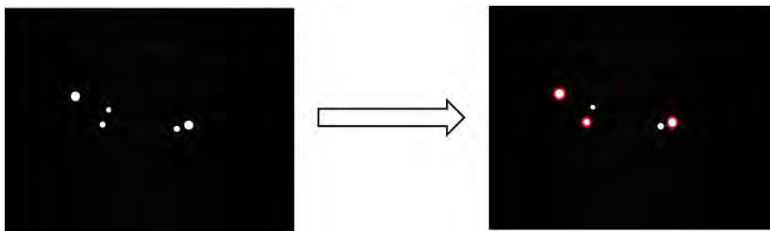
Automatische Bildanalyse



Feldversuch

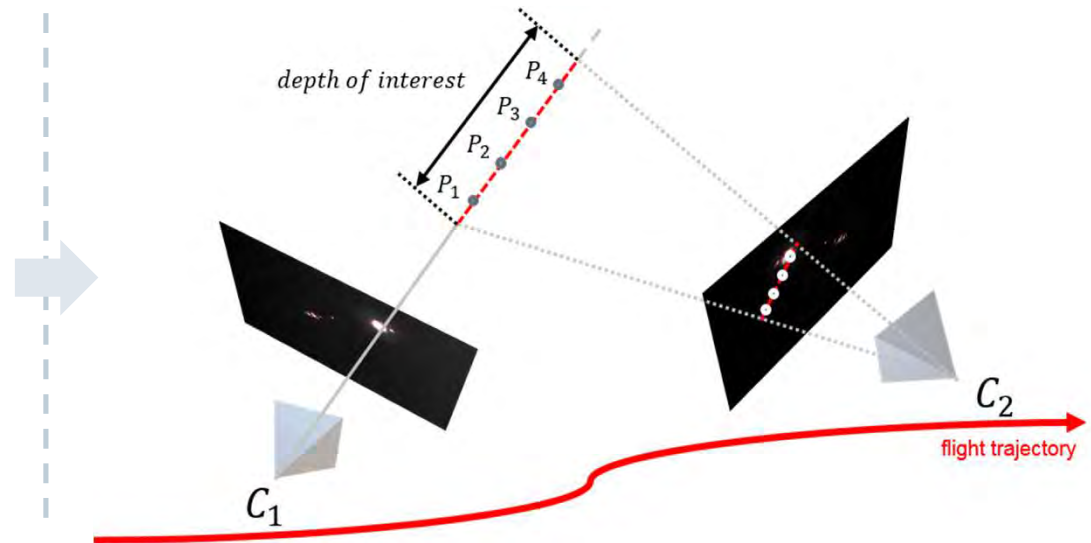
Automatische Detektion von UV-Störstellen

Einzelbilddetektion und 3D-Verschneidung



Automatische Einzelbilddetektion ("Blob Detection")

Bestimmung der Position von
UV-Entladungen in den Bilddaten

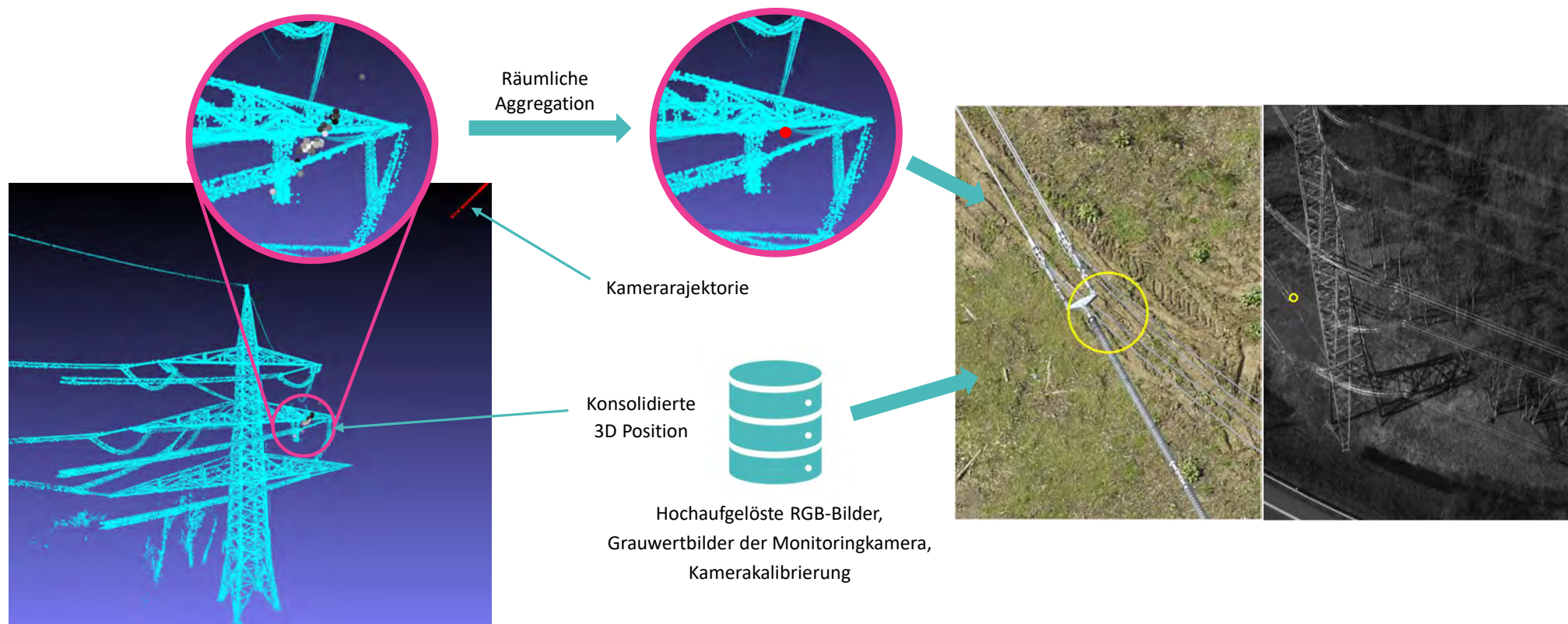


Verschneidung in 3D

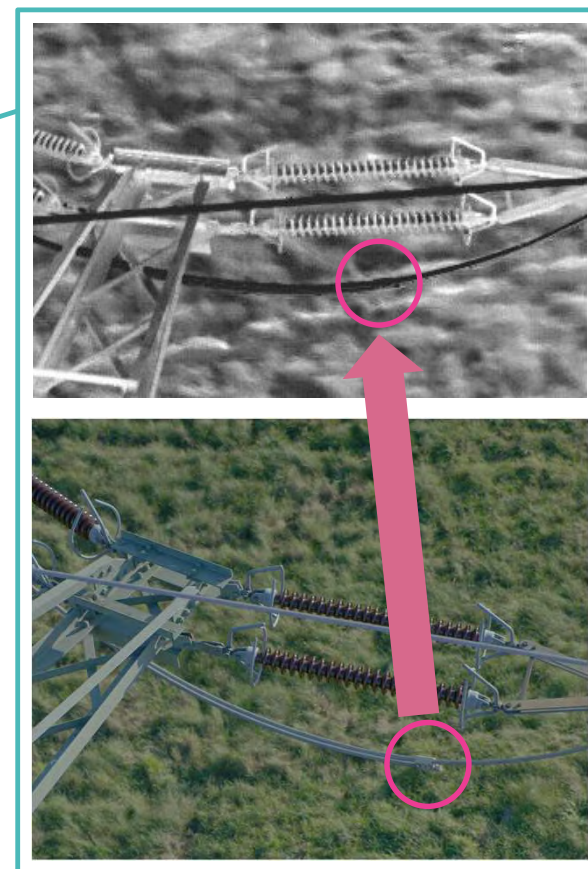
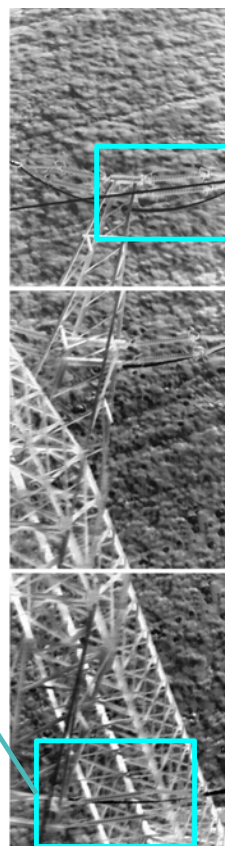
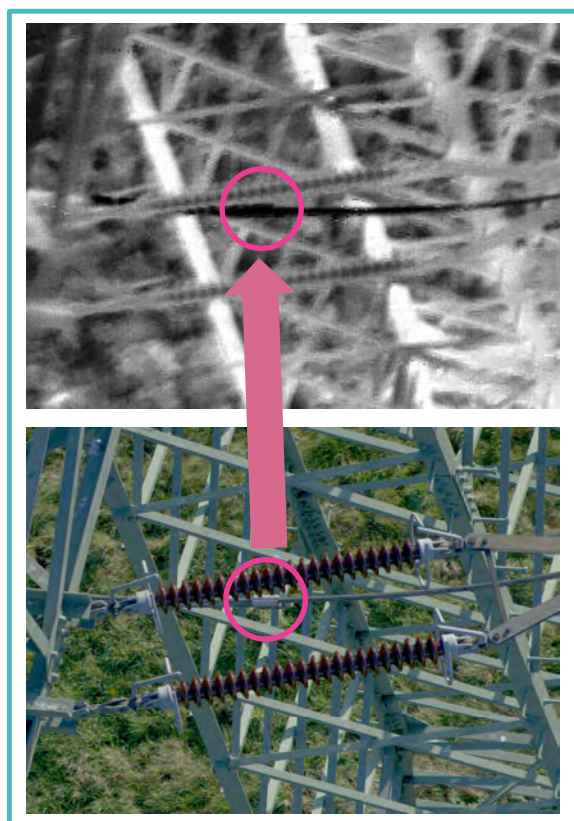
Überführung der 2D-Bilddetektionen
aufeinanderfolgender UV-Bilder in 3D-Punkte

Automatische Detektion von UV-Störstellen (II)

Generierung von Befunden


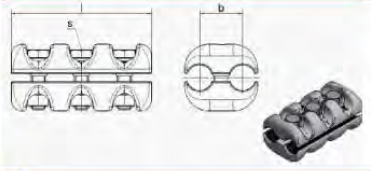



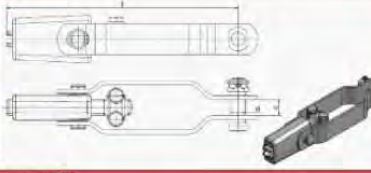

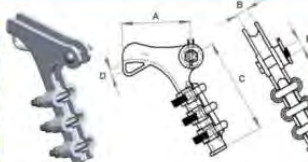


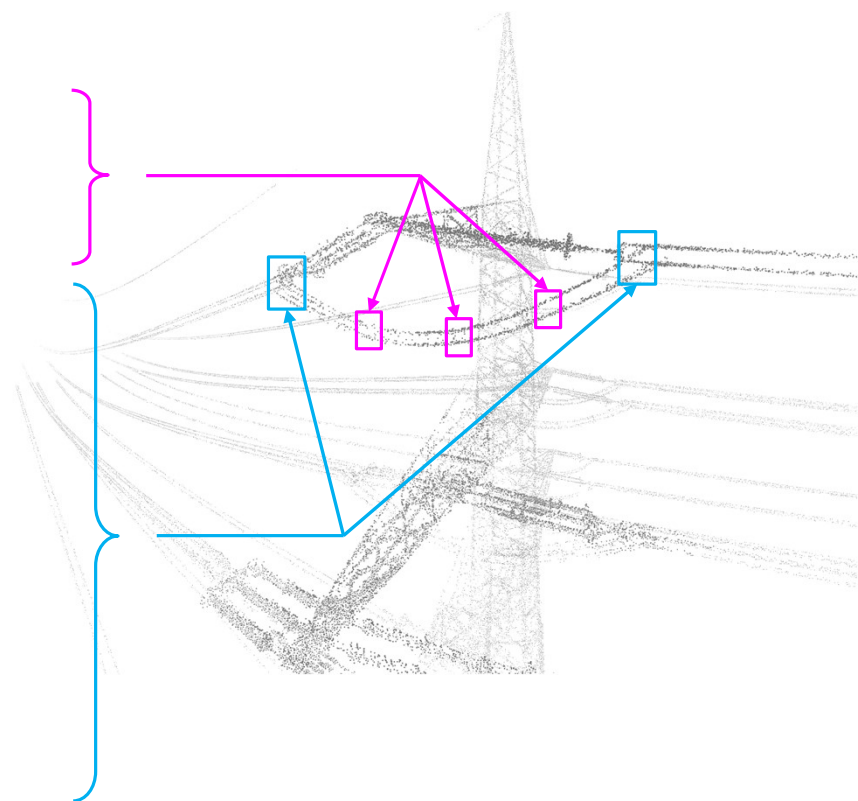
Thermische Inspektion Fokus auf das Wesentliche?



Thermische Inspektion (II)

Arten von Klemmverbindungen

sample image		naming (English)	naming (German)
		parallel groove clamps	Stromklemmen
		compression tension clamps	Abspann-/ Tragböcke
		wedge-type tension clamps	Keil- Abspannklemmen
		aluminum strain clamps	-



Thermische Inspektion von Klemmverbindungen

Umgesetzte Verarbeitungskette

Hochaufgelöste RGB-Bilder



Kamera-
kalibrierung,
LiDAR Daten

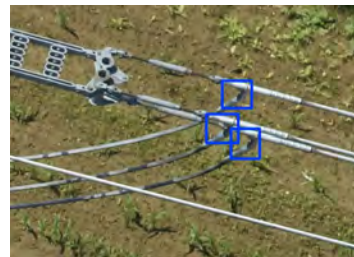
Thermalbilder,
hochaufgelösete
RGB-Bilder



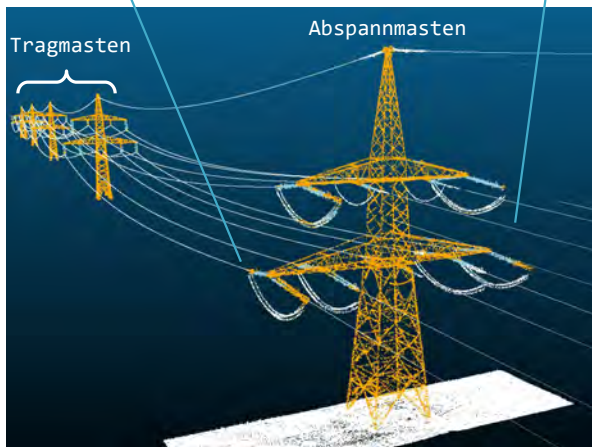
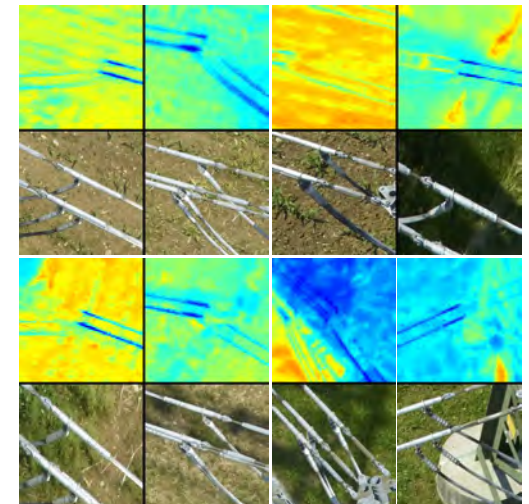
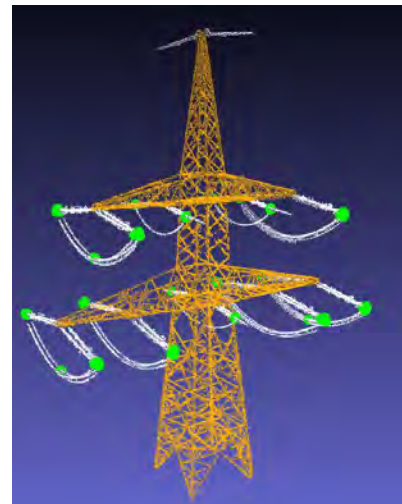
Detektor für
Klemmen

Inventarisierung
Klemmen

Visuelle
Repräsentation

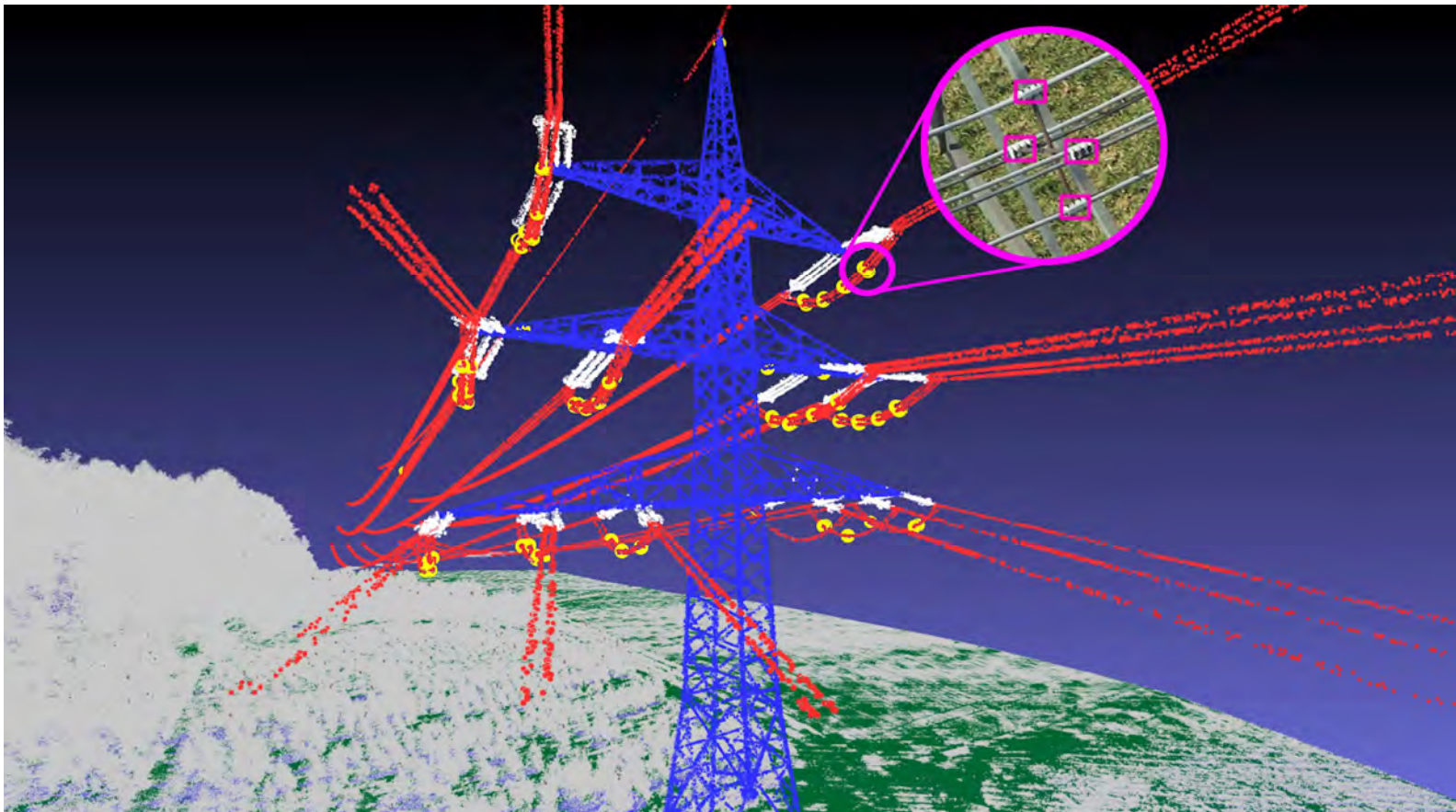


Deep Learning



Inventarisierung von Klemmverbindungen

Automatisch generiertes Ergebnis



Feldversuch



Anforderungs-
analyse



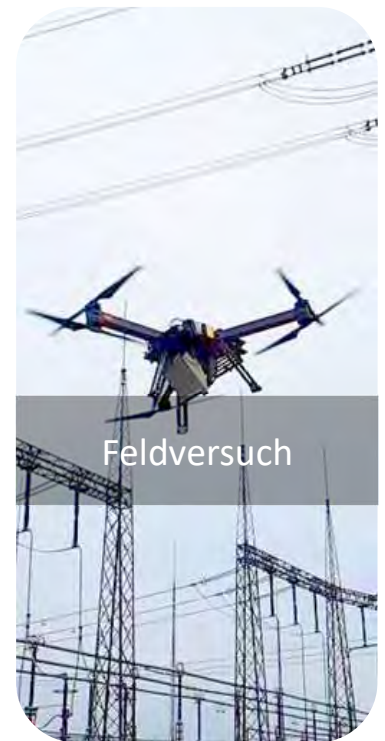
UAV getragenes
Mess-System



Orientierende
Labormessungen



Automatische
Bildanalyse



Feldversuch

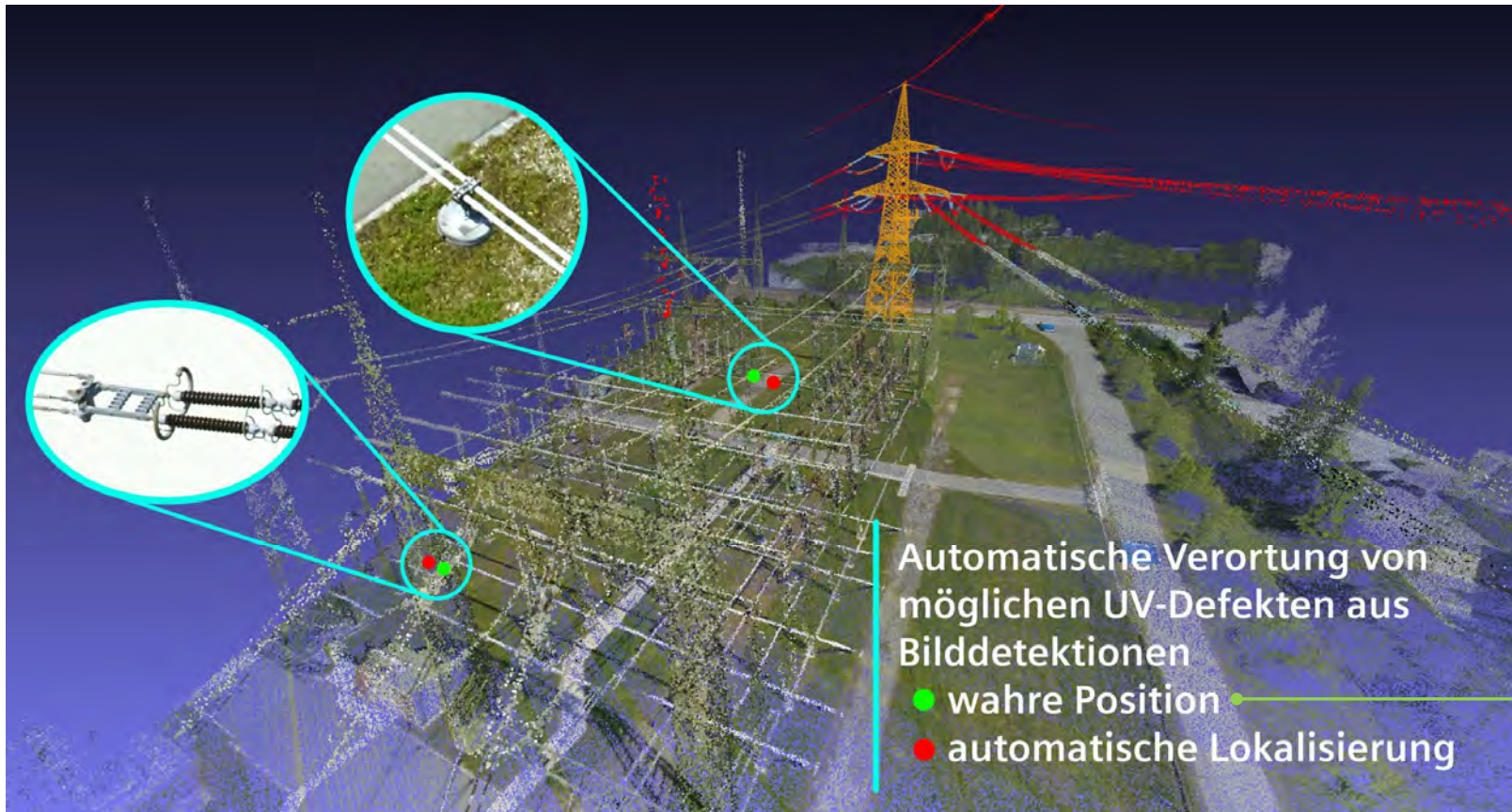
Feldversuch: Befliegung 15.01.2020

Umspannwerk APG, Nähe Gleisdorf



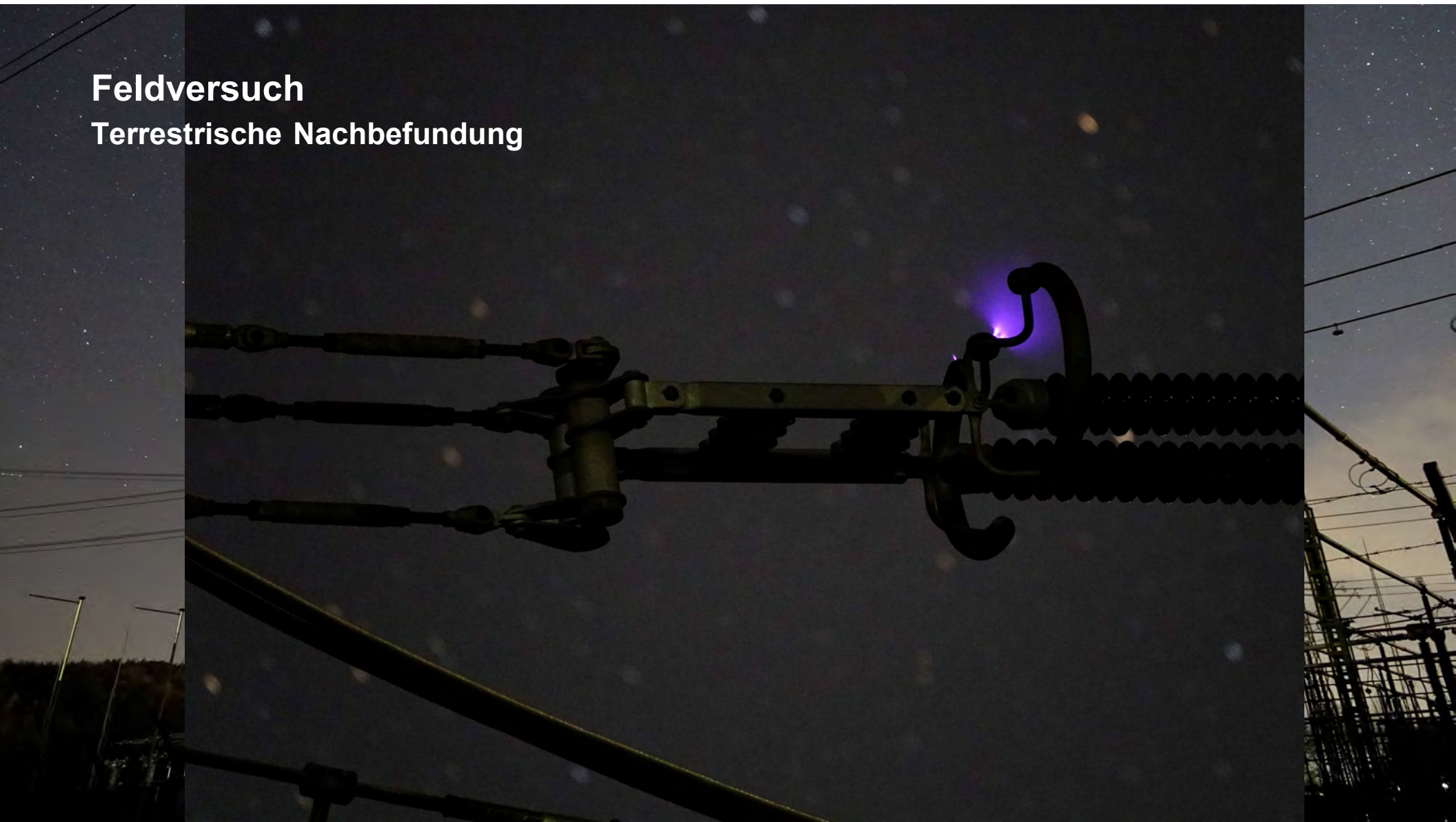
Feldversuch

Ergebnis automatische Befundung



Feldversuch

Terrestrische Nachbefundung



Zusammenfassung und Ausblick



- Treffsicherheit von VOLT AIR durch **bedarfsträgerorientierte Problemdefinition** und „Reduktion auf das Wesentliche“
- **Leichtgewichtiges Sensorsetup** auf Basis der Anforderungen konzipiert und realisiert
- Erfolgreiche Erprobung in **Labor- und Feldversuchen** inklusive einer **UAV-Befliegung**
- Neuartige Verfahren zur **automatischen Befundung von Störstellen in UV und IR**
- „Auf den Punkt gebracht“:
alle Detektionen werden zur einfacheren **Befundung georeferenziert**
- Konzept zur **Integration** der gewonnenen **Informationen in Betriebsprozesse** für verbleibende Projektdauer vorgesehen

Danke für die Aufmerksamkeit!



Dipl.-Ing. Josef Alois Birchbauer

Senior Key Expert
Active Vision Technologies

Siemens Aktiengesellschaft Österreich
CT RDA IOT AVT-AT

Strassganger Strasse 315
8054 Graz - Austria

Phone

+43 51707 63740

E-Mail

josef-alois.birchbauer@siemens.com

Internet

[siemens.com/corporate-technology](https://www.siemens.com/corporate-technology)

Dipl.-Ing. Gernot Komar

Universitäts-Projektassistent

Technische Universität Graz
Institut für Hochspannungstechnik und
Systemmanagement

Inffeldgasse 18
8010 Graz – Austria

Phone

+43 316 873 7422

E-Mail

gernot.komar@tugraz.at

Internet

www.ihs.tugraz.at