



FFG

Projekt 865003



**VOLTAIR**



**SIEMENS**  
*Ingenuity for life*



**VOLTAIR**

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

Februar 2020

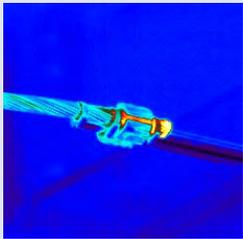
<https://www.tugraz.at/institute/hsp/aktuelles/forschungsprojekt-voltair/>

# Ausgangssituation



## VOLTAIR

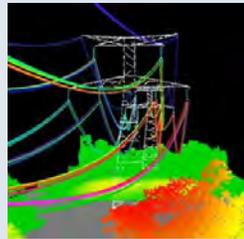
Hot Spots  
(Thermal)



Korona  
(UV)



Vegetations-  
management



Fremdobjekte



Anbauteile



Isolatoren



# Zielsetzung von **VOLTAIR**

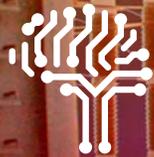
„Das Unsichtbare Sichtbar machen“



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.**

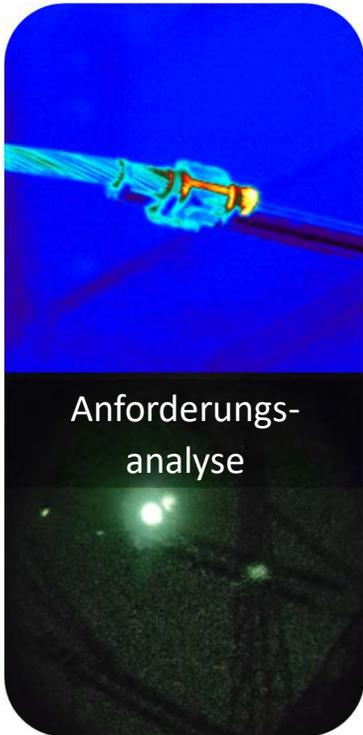


**Automatische Datenklassifizierung** durch modernste Verfahren des maschinellen Lernens

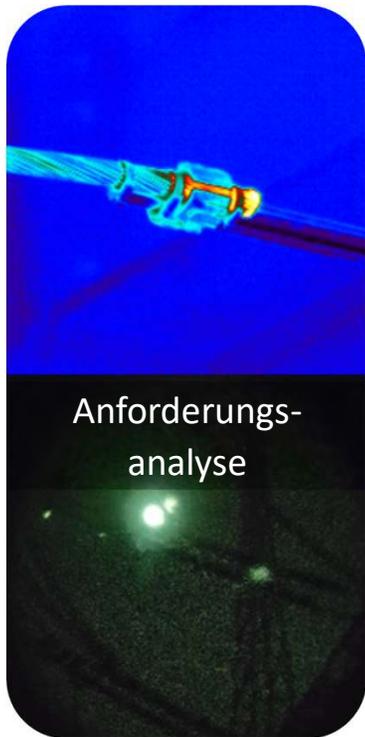


**Kombination spezieller Sensorik mit einer automatischen Bildanalyse** bietet hohes Optimierungspotential für die Zustandsüberwachung und somit die Zuverlässigkeit der Energieversorgung.

# Inhalt der Präsentation



# Anforderungsanalyse



# Anforderungsprofil und abgeleiteter Prüfkriterienkatalog



„GENERALISIERUNG“

Beschreibung bzw. Clustering der dominanten **UV und IR Phänomene** aus Sicht der Hochspannungstechnik

„WIE?“

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



Bauteil	Defekt	Detektion	Messmethode			
			UV	IR	IR	IR
Leiterseil	Abbruch rings um Bauteil	RGB	+	+	+	+
Leiterseil	Abbruch Schenk	RGB	+	+	+	+
Bauweise	Schalter Kontaktüberstand dr. Verteiler	LDAR	+	+	+	+
Leiter	Schalter an Leiter	RGB	+	+	+	+
Leiter	Beschädigte Leiter	RGB	+	+	+	+
Bauweise	Falschbauweise Ausdehnstreifen	LDAR	+	+	+	+
Leiter	Verformt	RGB	+	+	+	+
Umfeldmark	Leiter Verformung im Bereich einer Durchführung	RGB	+	+	+	+
Leiter	Falschbauweise Kabelschleifenverteilung	RGB	+	+	+	+
Umfeldmark	Korona und Freisprünge an Leitern	RGB	+	+	+	+
Bauweise	Anomalien im Bereich des Überstromableiters oder Traversen	RGB	+	+	+	+
Bauweise	Verformte Ankerriegel	RGB	+	+	+	+
Bauweise	Beschädigte Leiter	RGB	+	+	+	+
Leiter	Falschbauweise Leiter- bzw. Lichtbogenrisse	RGB	+	+	+	+
Leiter	Falschbauweise Informationsblätter	LDAR	+	+	+	+
Leiter	Korona	RGB	+	+	+	+
Leiterseil	Abstände zu Peripherie nicht eingehalten	LDAR	+	+	+	+
Leiterseil	Freileitungen auf der Leitung	LDAR	+	+	+	+
Leiterseil	Änderung des Leitungscharakteres	RGB	+	+	+	+
Bauweise	Einseitige Leiter	RGB	+	+	+	+
Leiterseil	Aufkantung	LDAR	+	+	+	+
Leiterseil	Verformung	RGB	+	+	+	+
Umfeldmark	Oberflächenverunreinigungen	RGB	+	+	+	+
Umfeldmark	Spalten, Risse, Korrosion, Verschleißspuren	RGB	+	+	+	+
Bauweise	Beschädigte Leiter	RGB	+	+	+	+
Umfeldmark	Öl- und Schmiermittel	RGB	+	+	+	+
Leiterseil	Verformt	LDAR	+	+	+	+
Leiterseil	Überwärmung der Bauteiletemperatur	RGB	+	+	+	+
Umfeldmark	Anomalien im Bereich des Schmelzblechs, der Kältebleche	RGB	+	+	+	+
Umfeldmark	Überwärmung	RGB	+	+	+	+

**AP2 Anforderungsprofil**

Beschreibung der zu detektierenden Defekte mit EVU's abgestimmt

„WAS?“

**AP3 Prüfkriterienkatalog**

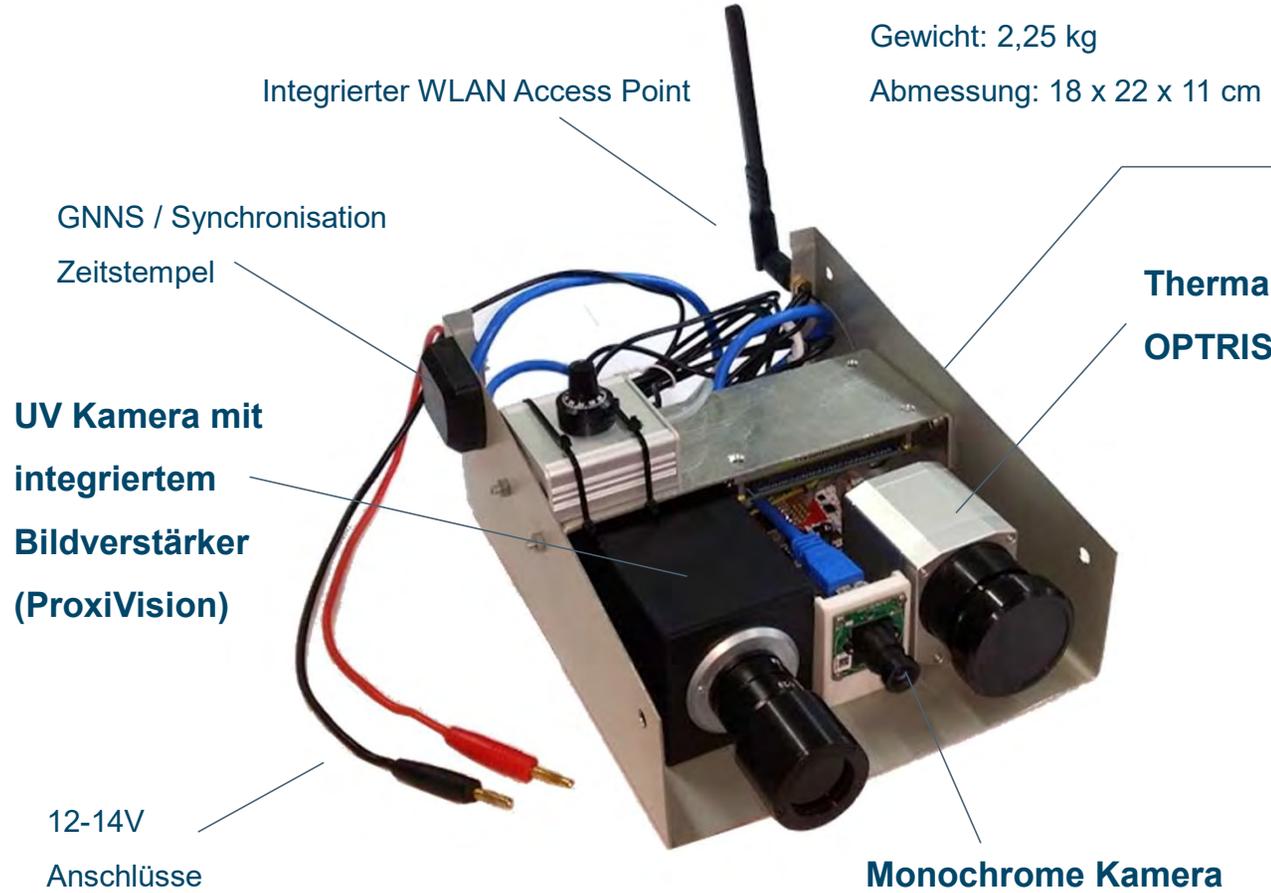
„MAPPING“

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

# UAV getragenes Mess-System

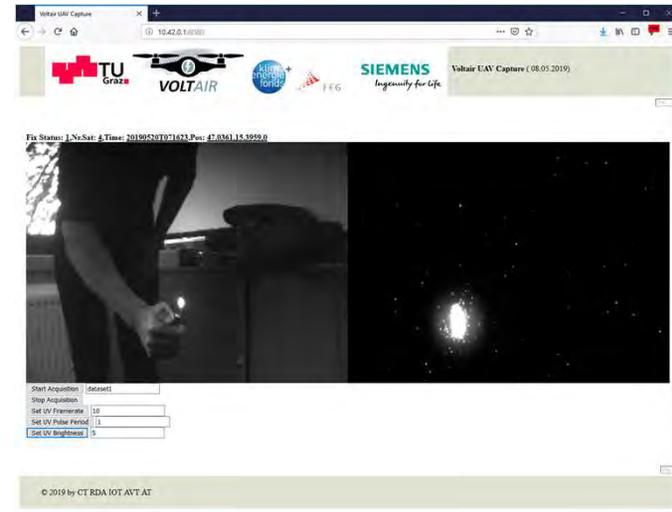


# Entwicklung Sensorkopf (I) Überblick



Web-Schnittstelle

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



## Entwicklung Sensorkopf (II) Lokalisierung und Kalibrierung



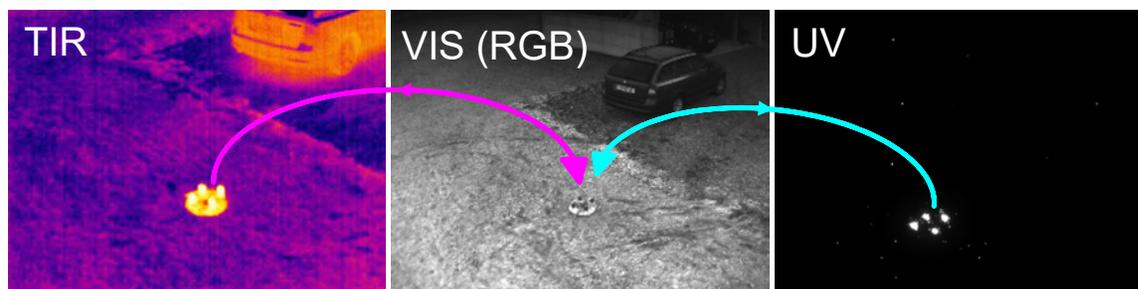
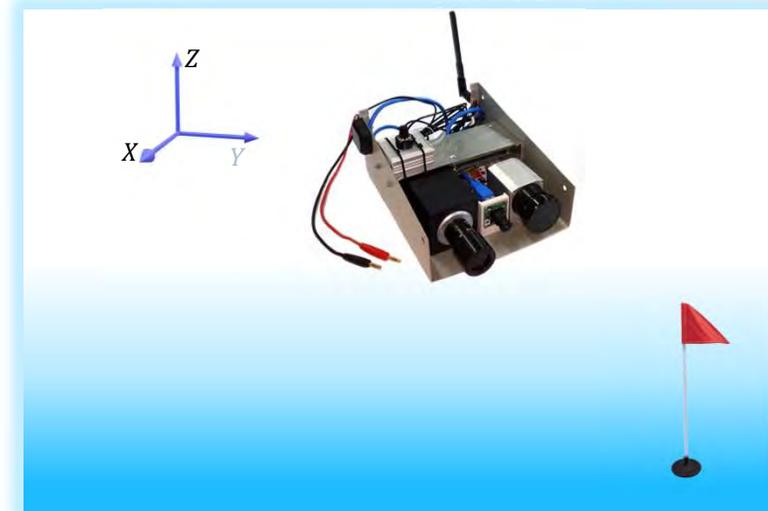
### Modalitätsübergreifende Lokalisierung:

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**



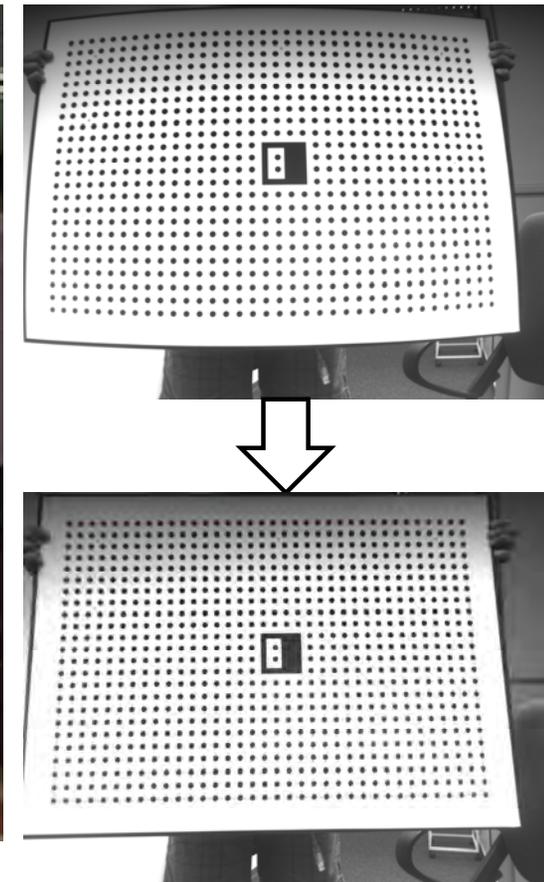
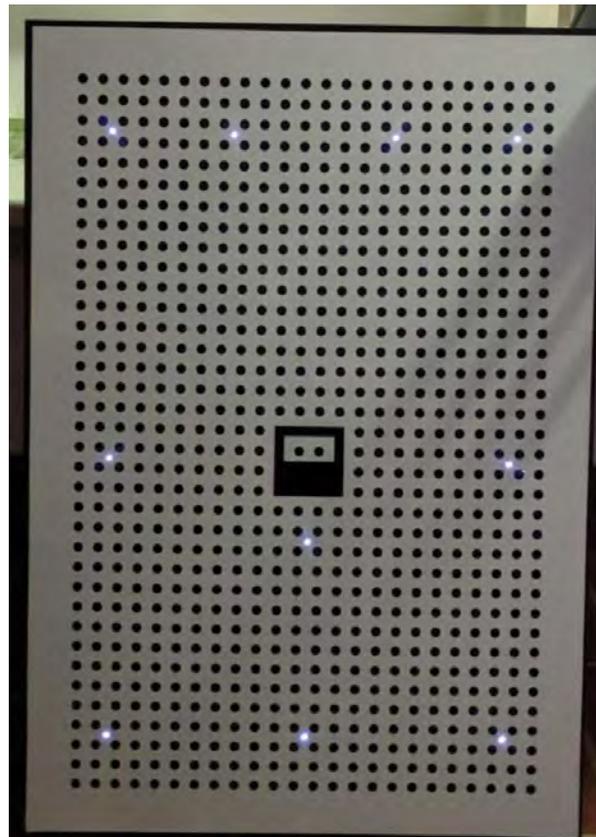
## Entwicklung Sensorkopf (III) UV $\leftrightarrow$ VIS Kalibrierung

### Anfertigung aktive Kalibrierungshilfe

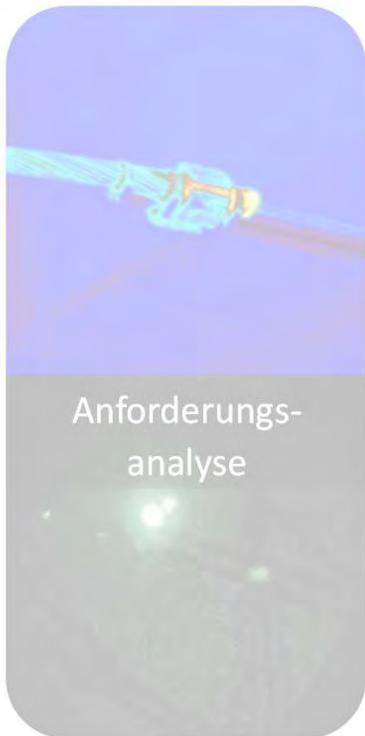
- Platzierung von **UV emittierenden LED's** an ausgewählten Stellen im sichtbaren Kalibriermuster

### 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

- $\mu$ C-gesteuerter Schrittmotor

Versuche zur Sensorauswahl

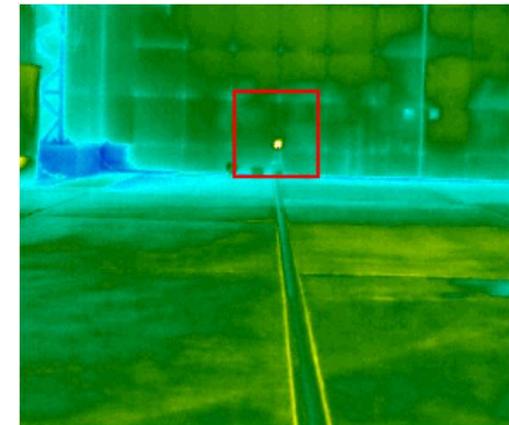
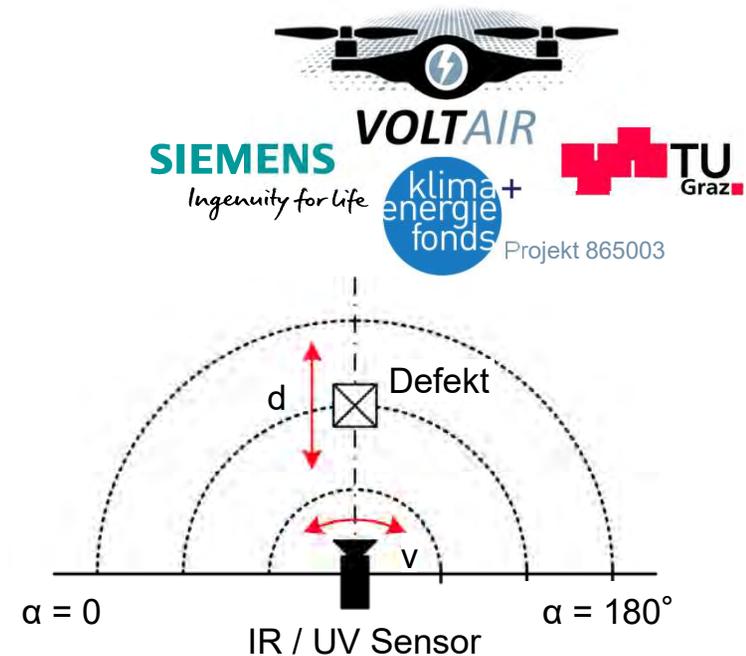
- „Künstliche“ Defekte
  - Nadel-Platte für UV-Signatur
  - Lampen für IR-Signatur

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

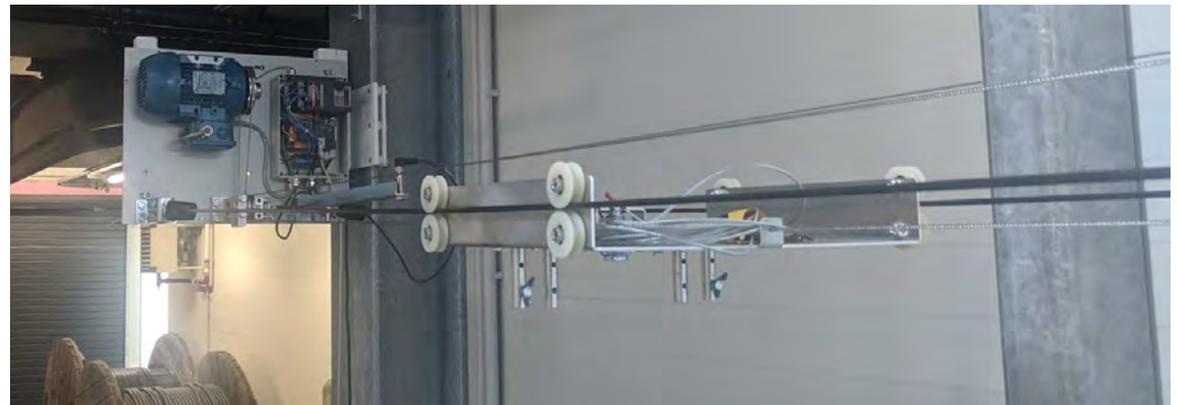
- Für orientierende Versuche in Ordnung
- Möglichkeit Drohnenflug akkurater abzubilden

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

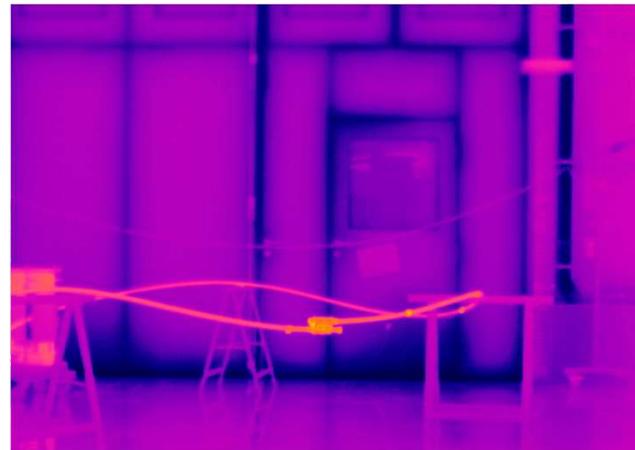
- Klemme einer Leiterschleife
  - Durchsteckwandler
  - Strom eingepreßt
  - Temperatur eingestellt

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

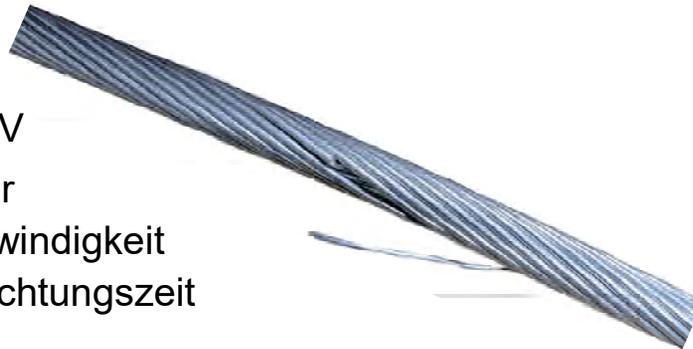
- Aderbruch bei 100 kV

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

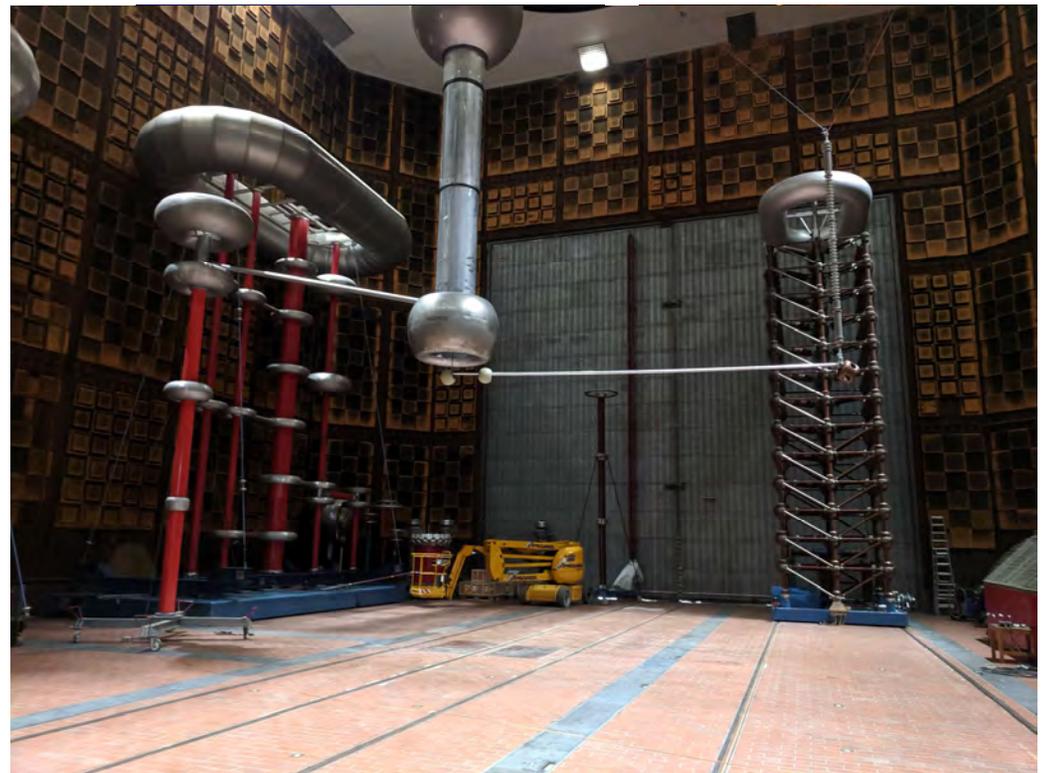
### UV-Sensorik

- Verknüpfung zwischen „Blob“ und Intensität

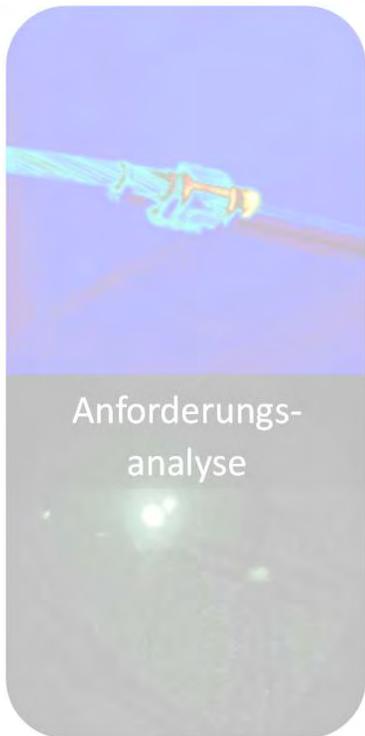
### Zusätzliche realistische Defektmodelle

- Mehrfachklemmverbindungen
- Verbundisolatoren

### Durchführung zusätzlicher Feldmessungen

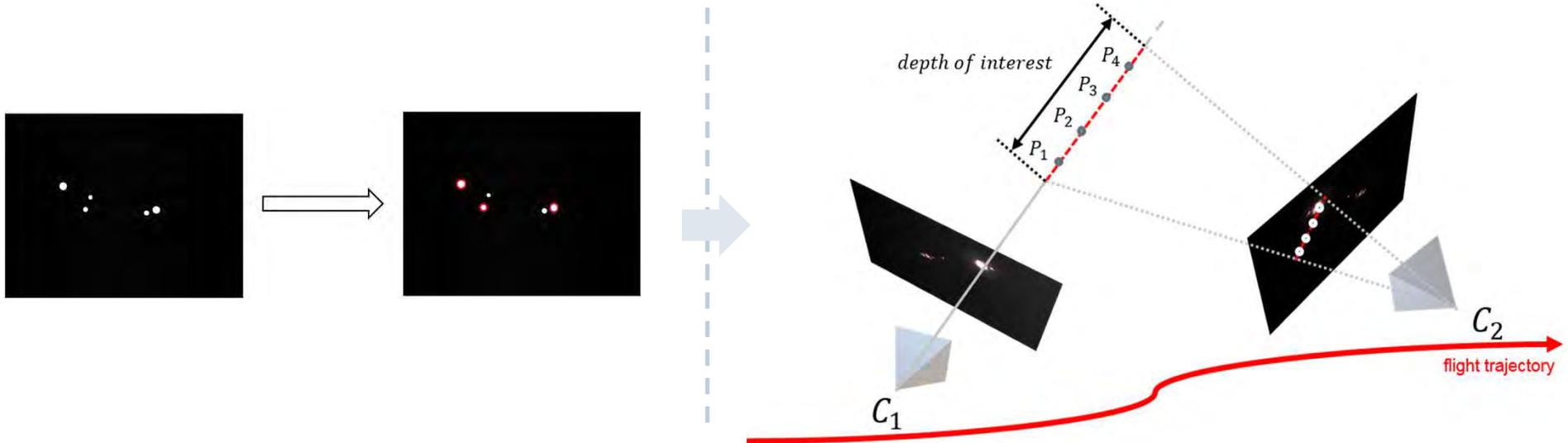


# Automatische Bildanalyse



# Automatische Detektion von UV-Störstellen

## Einzelbilddetektion und 3D-Verschneidung



### Automatische Einzelbilddetektion ("Blob Detection")

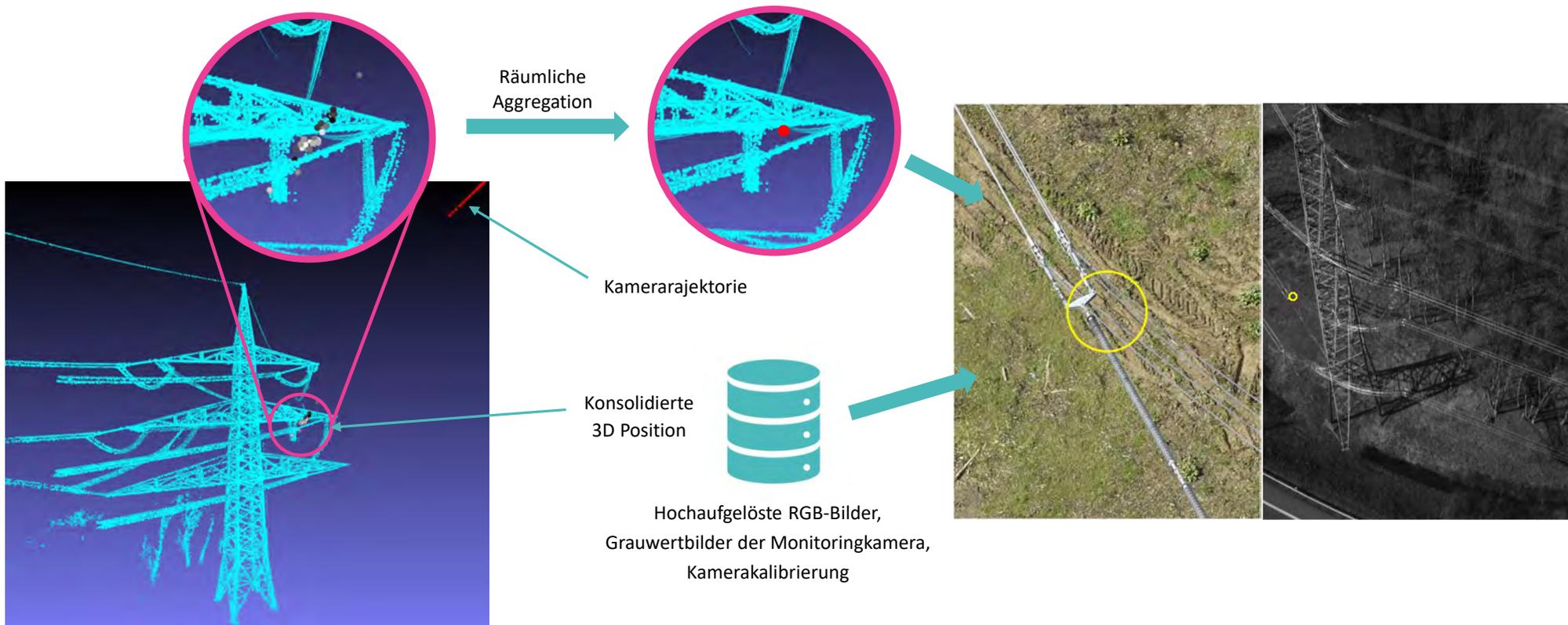
Bestimmung der Position von UV-Entladungen in den Bilddaten

### Verschneidung in 3D

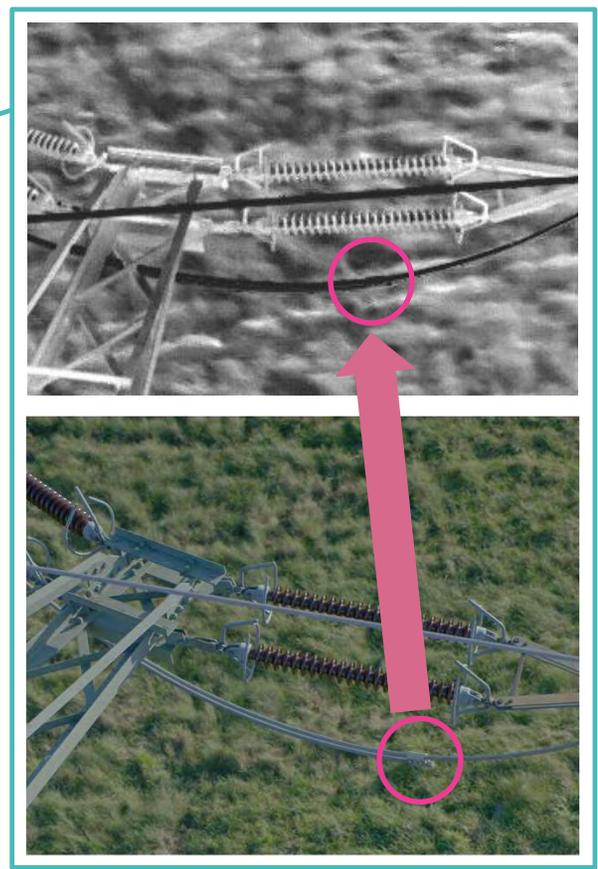
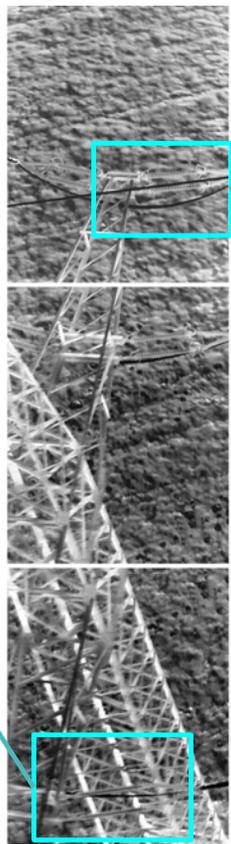
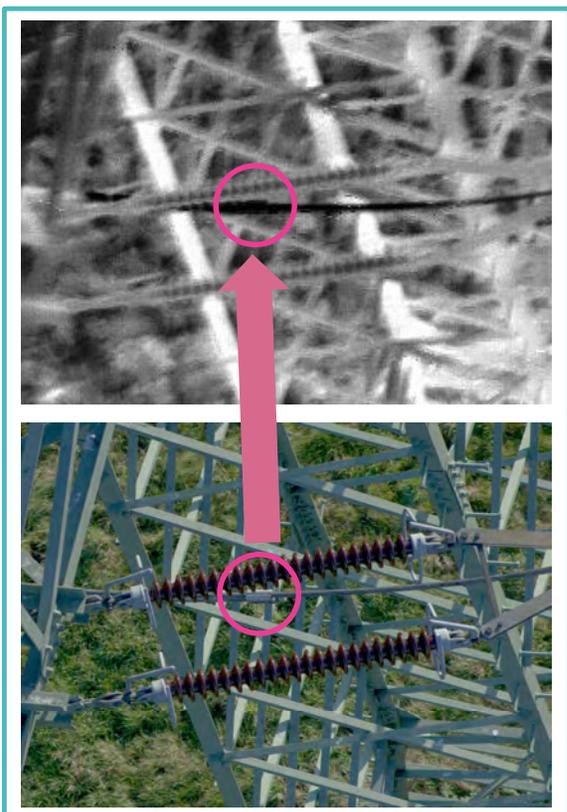
Überführung der 2D-Bilddetektionen aufeinanderfolgender UV-Bilder in 3D-Punkte

# Automatische Detektion von UV-Störstellen (II)

## Generierung von Befunden



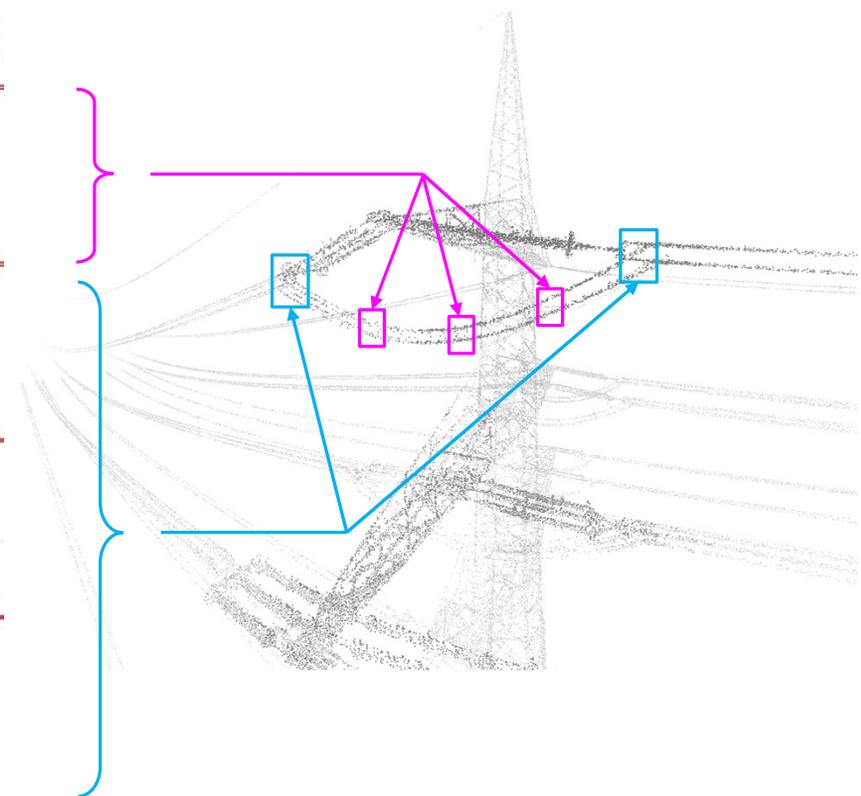
# Thermische Inspektion Fokus auf das Wesentliche?



# 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



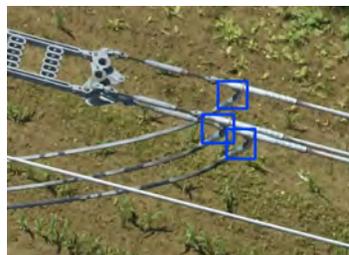
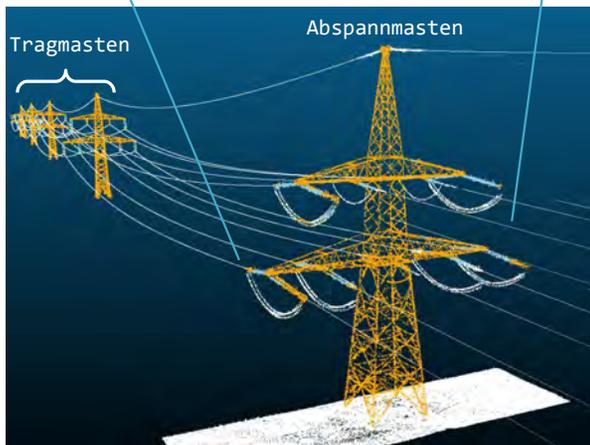
Thermalbilder,  
hochaufgelösete  
RGB-Bilder



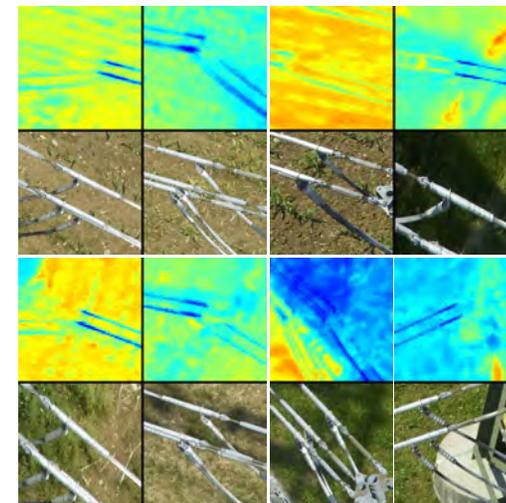
Visuelle  
Repräsentation

Detektor für  
Klemmen

Inventarisierung  
Klemmen



Deep Learning



# Inventarisierung von Klemmverbindungen

## Automatisch generiertes Ergebnis

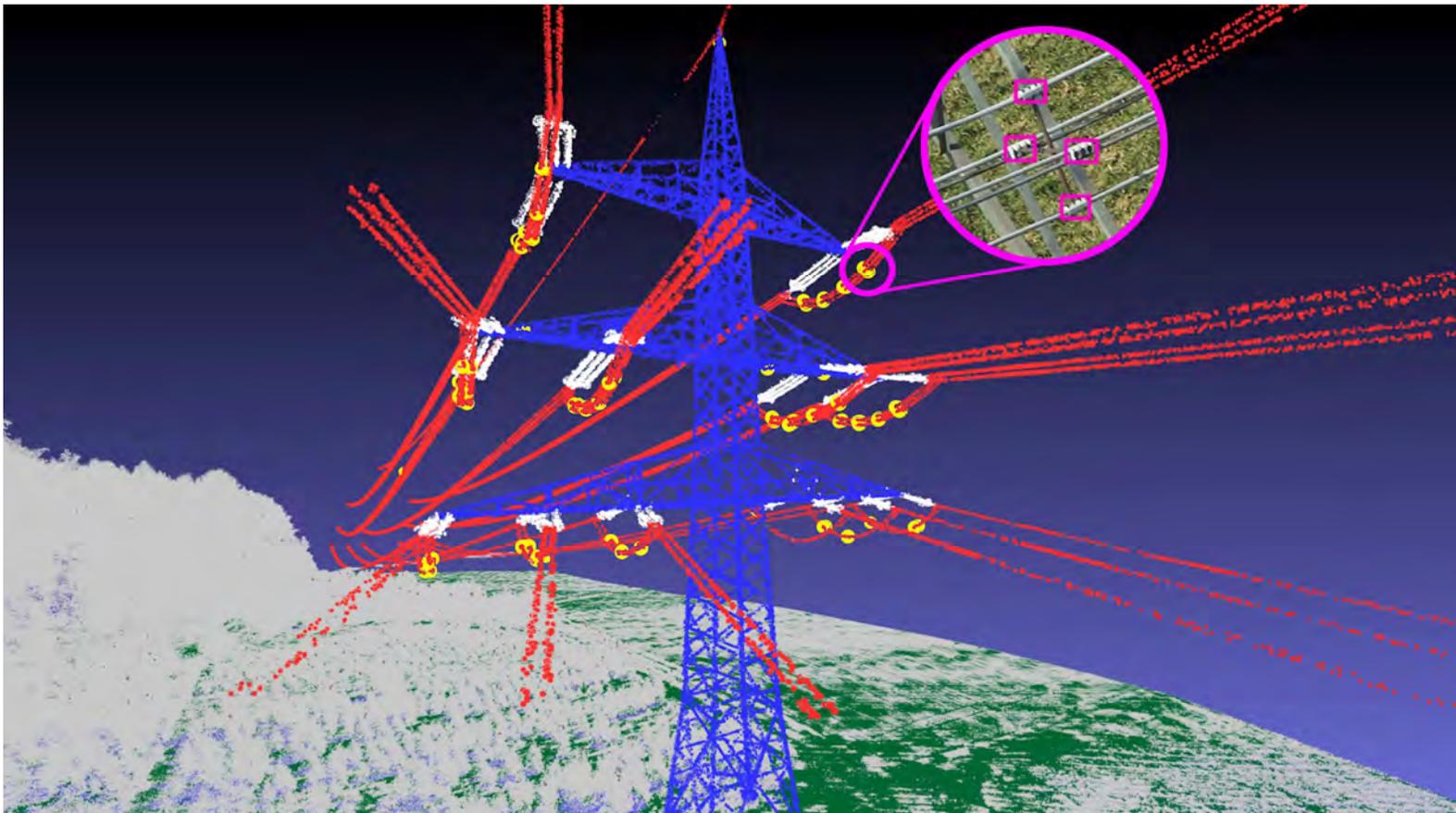


**SIEMENS**  
Ingenuity for life

**VOLTAIR**



Projekt 865003



# Feldversuch



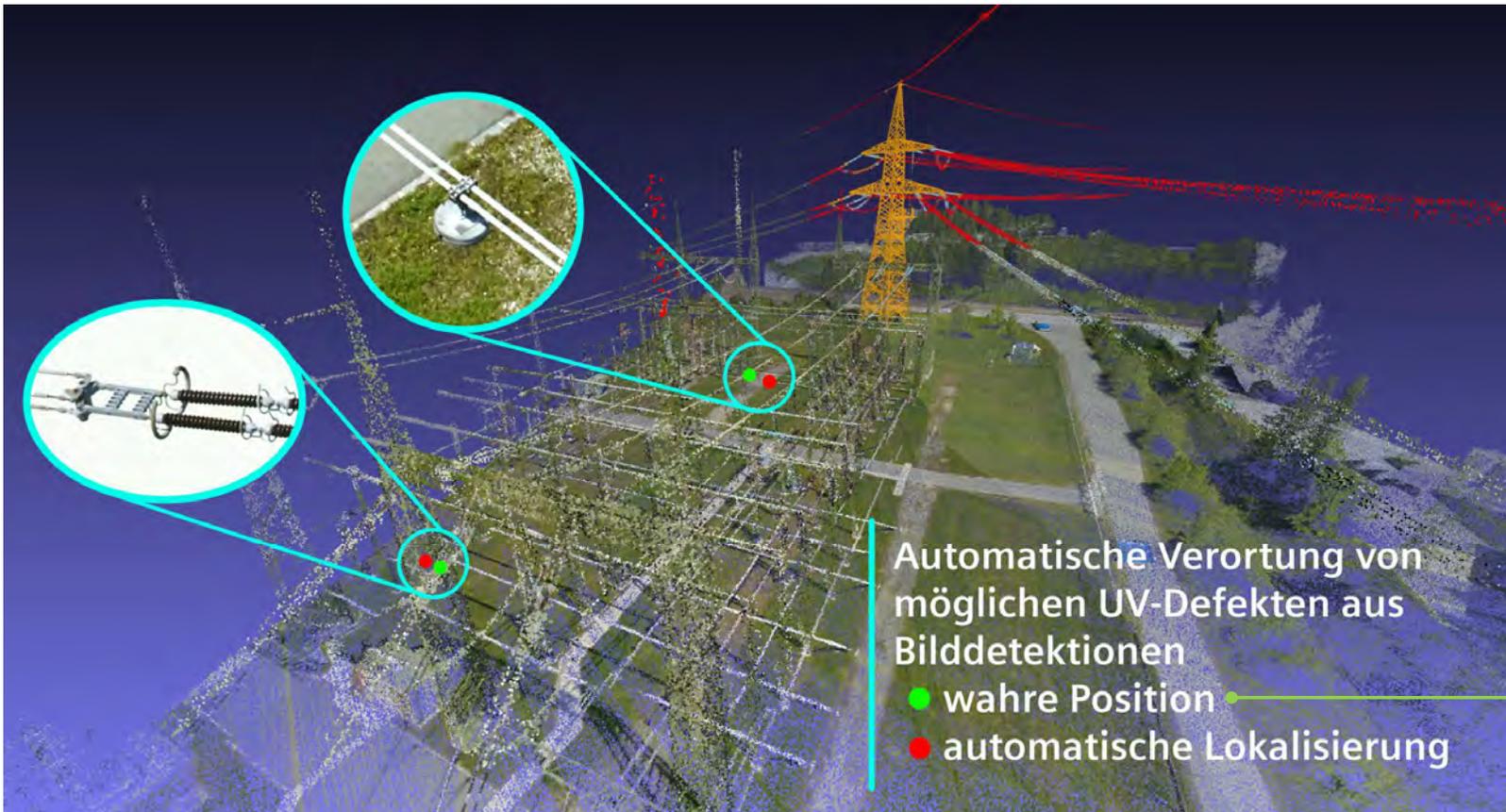
# Feldversuch: Befliegung 15.01.2020

## Umspannwerk APG, Nähe Gleisdorf



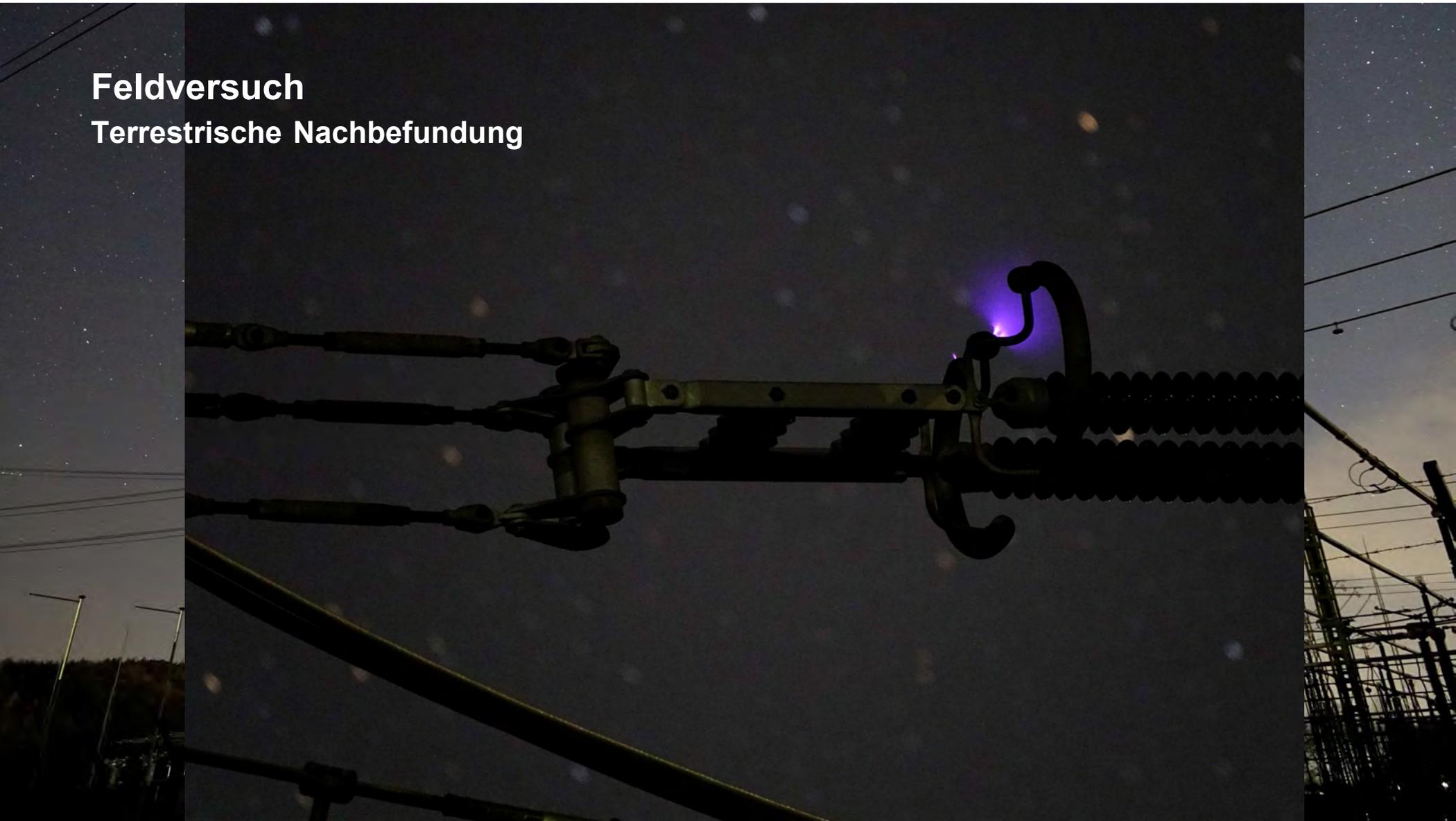
# Feldversuch

## Ergebnis automatische Befundung



# Feldversuch

## Terrestrische Nachbefundung



## Zusammenfassung und Ausblick



- Treffsicherheit von VOLTAIR 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](http://www.ihs.tugraz.at)