



**TOP7**<sup>»</sup>  
MAKING DRONES SMARTER.

# Drohnengestützte berührungslose, Blitzschutzmessung für On- und Offshore Windenergieanlagen

Florian Zimmer, TOP seven GmbH & Co. KG

- **Einleitung**

- [Rasante Entwicklung von Windenergieanlagen](#)
- [Drohntechnologie](#)
- [Über uns / High Tech Firma](#)
- [Über uns / Automatisierte Drohneninspektion](#)
- [TOPseven – ECO System](#)
- [TOPseven – ECO System](#)

- **Optische Inspektion**

- [Basis für autonomen Drohnenflug zur Inspektion im Nahbereich](#)
- [TOPseven Inspector Software](#)

- **Blitzschutz Grundlagen**

- [Blitzschutz in Windenergieanlagen](#)
- [Blitzschutzsysteme Windenergieanlagen](#)
- [BWE Arbeitsrichtlinie](#)
- [Seilzugangstechnik stößt an seine Grenzen](#)

- **Innovatives Messverfahren**

- [Europäisches Patent EP 3 596 570](#)
- [Europäisches Patent EP 3 596 570](#)
- [Korrosion an Verbindungsstellen](#)
- Erkennung unterschiedlicher Felder:
  - [Metallspitze](#)
  - [Rezeptor](#)
  - [Kabel](#)
  - [Unterbrechung](#)

- **Praktische Umsetzung**

- [Praktische Umsetzung der Blitzschutzprüfung](#)
- [TOPseven Signalgenerator im Einsatz](#)
- [TOPseven 3D-Feldsensor im Einsatz](#)
- [TOPseven Messbericht](#)
- [Hardware Blitzschutzprüfung](#)

- **Zusammenfassung**

- [Validierung und Verifizierung durch internationale Zertifizierungsstelle wurde am 17.06.2021 abgeschlossen](#)
- [Neuartiges Messverfahren von TOPseven](#)

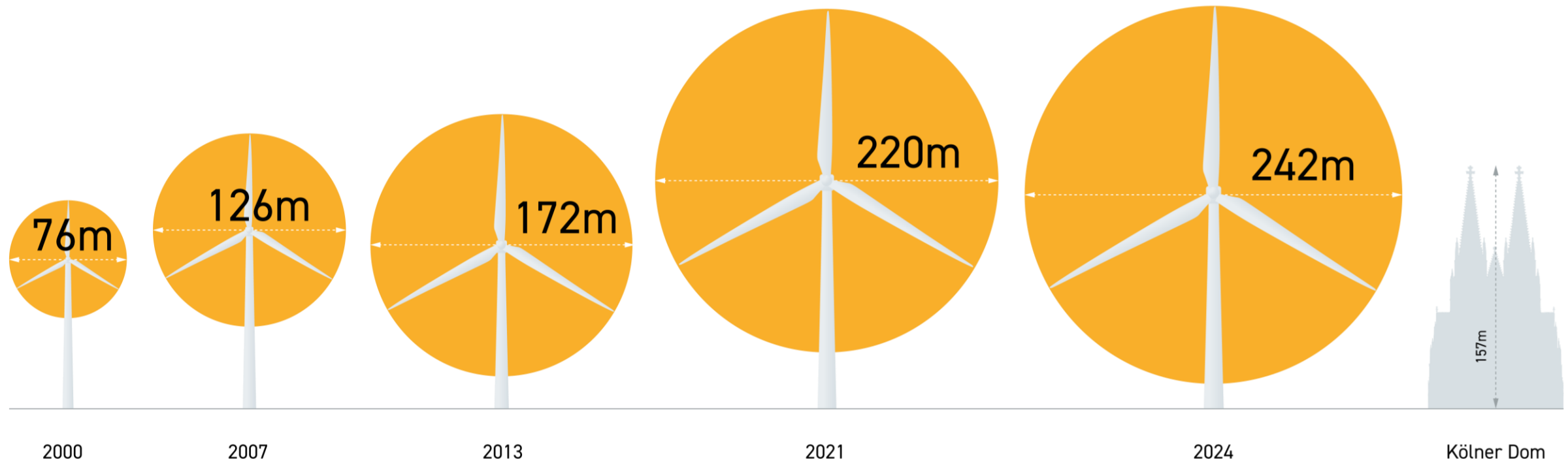
- **Kontakt**

---

# Einleitung

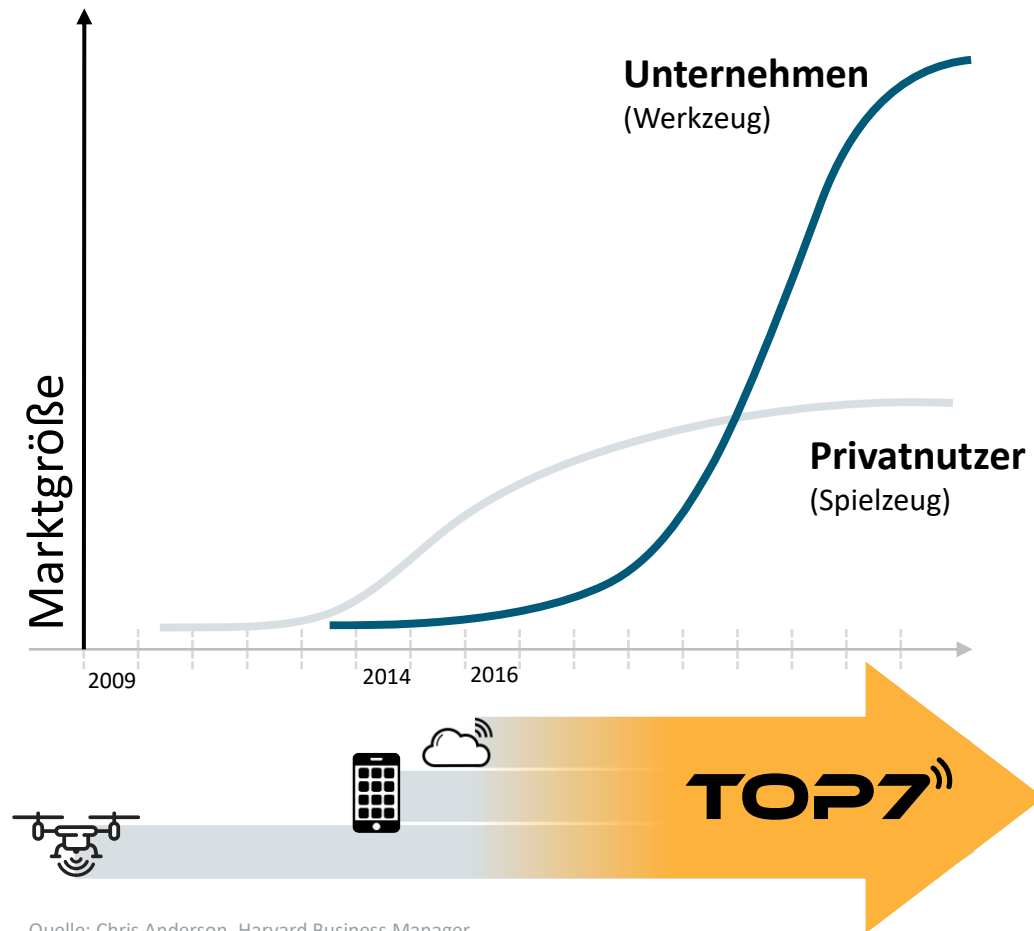


# Rasante Entwicklung von Windenergieanlagen



Quelle: <https://energiwinde.orsted.de/> / Infografik: Andreas Mohrmann

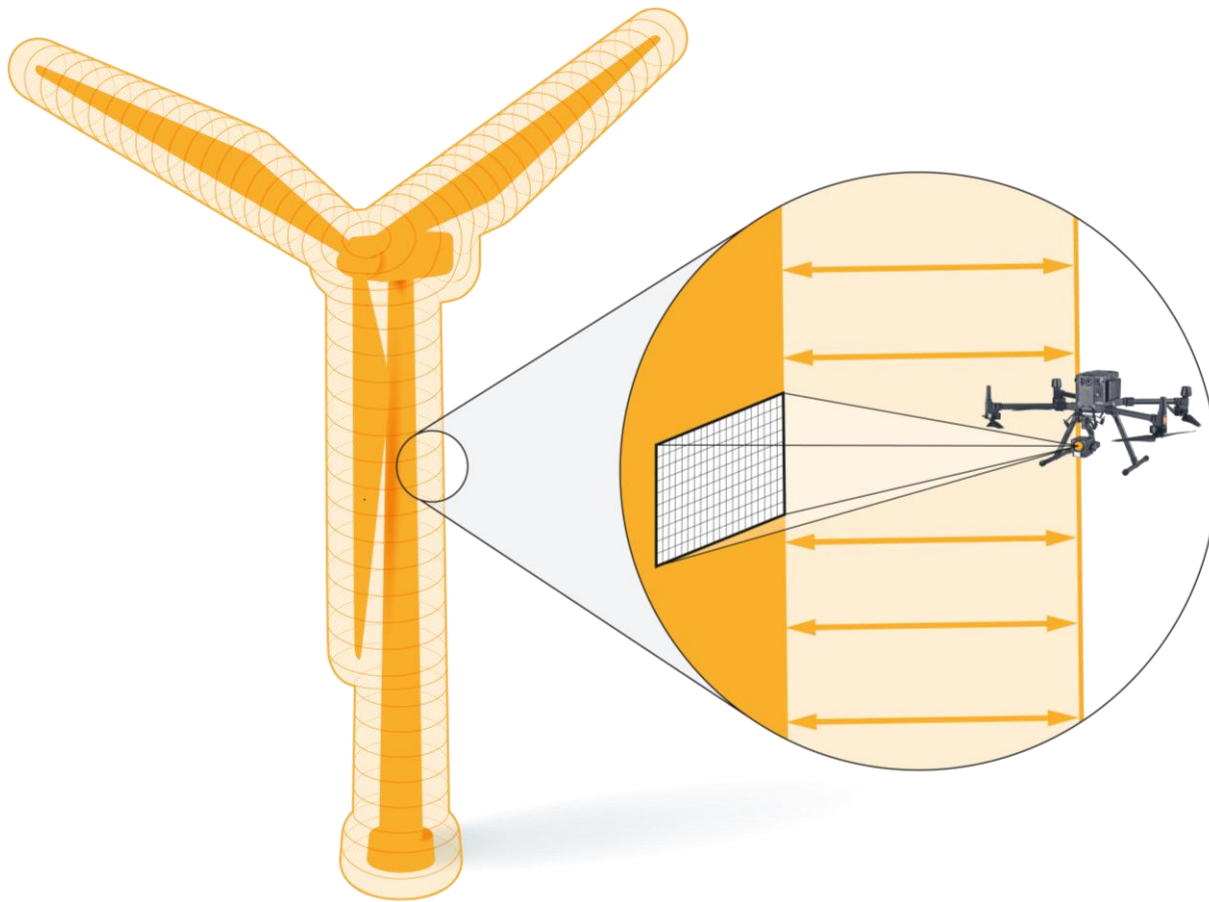
- **Herausforderung:** Grenze für sichere Inspektion mit Seilzugangstechnik erreicht!
- Heute: Einsatz von neuartigen Inspektionslösungen
- **Ziel: Automatisierung des Monitoring-Prozesses bei der Rotorblattinspektion**



Quelle: Chris Anderson, Harvard Business Manager

## Hightech ECO-System von TOPseven

- Drohnengestützte Inspektion von Industrieanlagen
- 2026: flächendeckend in kommerziellen Anwendungsbereichen
- Leistungsfähigkeit vonameratechnik und Flugzeit



Quelle: TOPseven

- Selbständiger Autonomer Drohnenflug im Nahbereich
- Patentiertes Verfahren für eine **berührungslose Durchgangsprüfung durch abgestrahltes Feld**
- Anwenderfreundliche Lösung zur automatisierten Steuerung von Drohnen
- Entwicklung von Sensortechnologien und Inspektionslösungen



# Über uns / Automatisierte Drohneninspektion



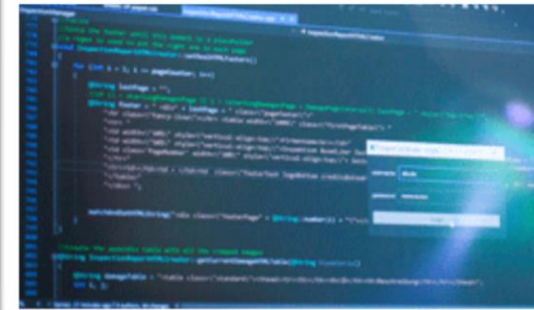
## BEFÄHIGUNG

Eigenständiger Einsatz der vollautonomen Drohnen durch den Kunden, ohne spezialisierte Piloten.



## EFFIZIENZ

Autonome drohnenbasierte Inspektion bei nur einem Anlagenstopp mit geringem Zeitaufwand.



## ANALYSE

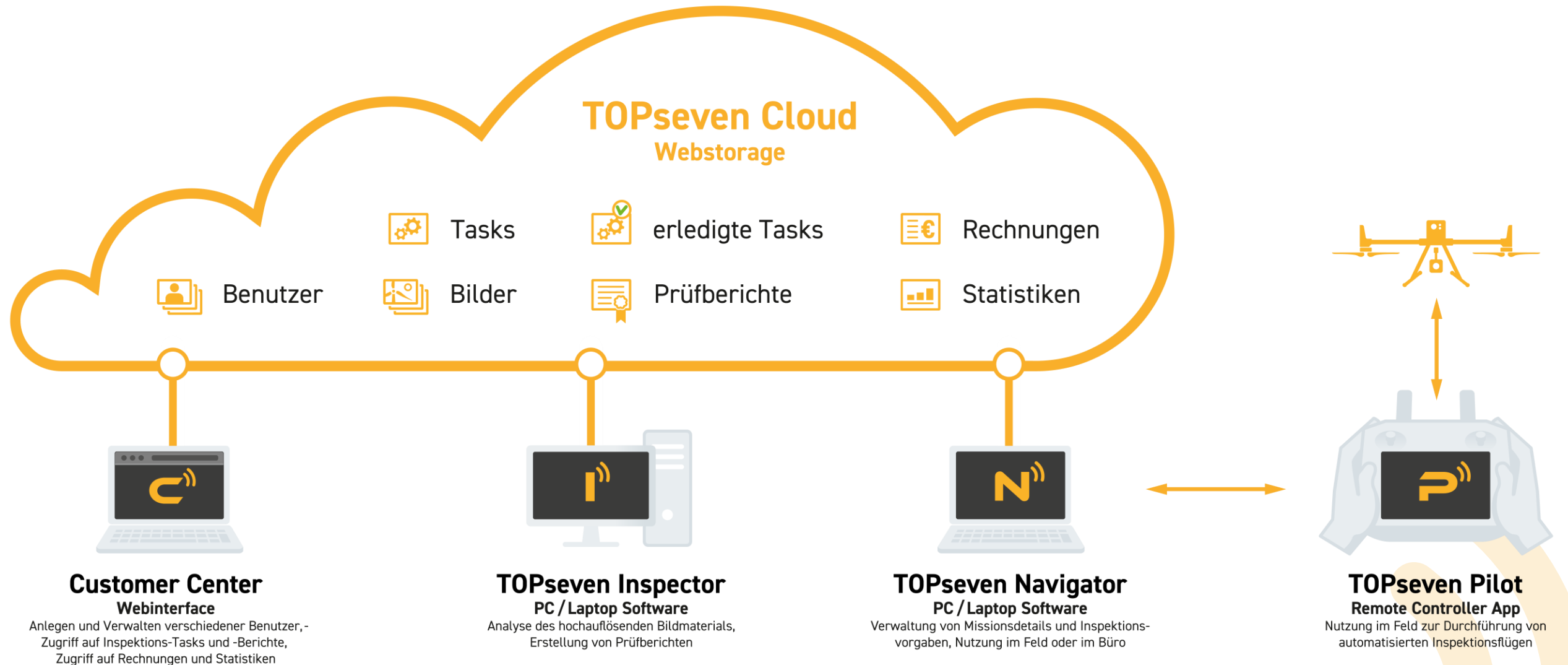
Branchenübliche Berichterstellung mit lückenlosen und reproduzierbaren Aufnahmen.



## BLITZSCHUTZ

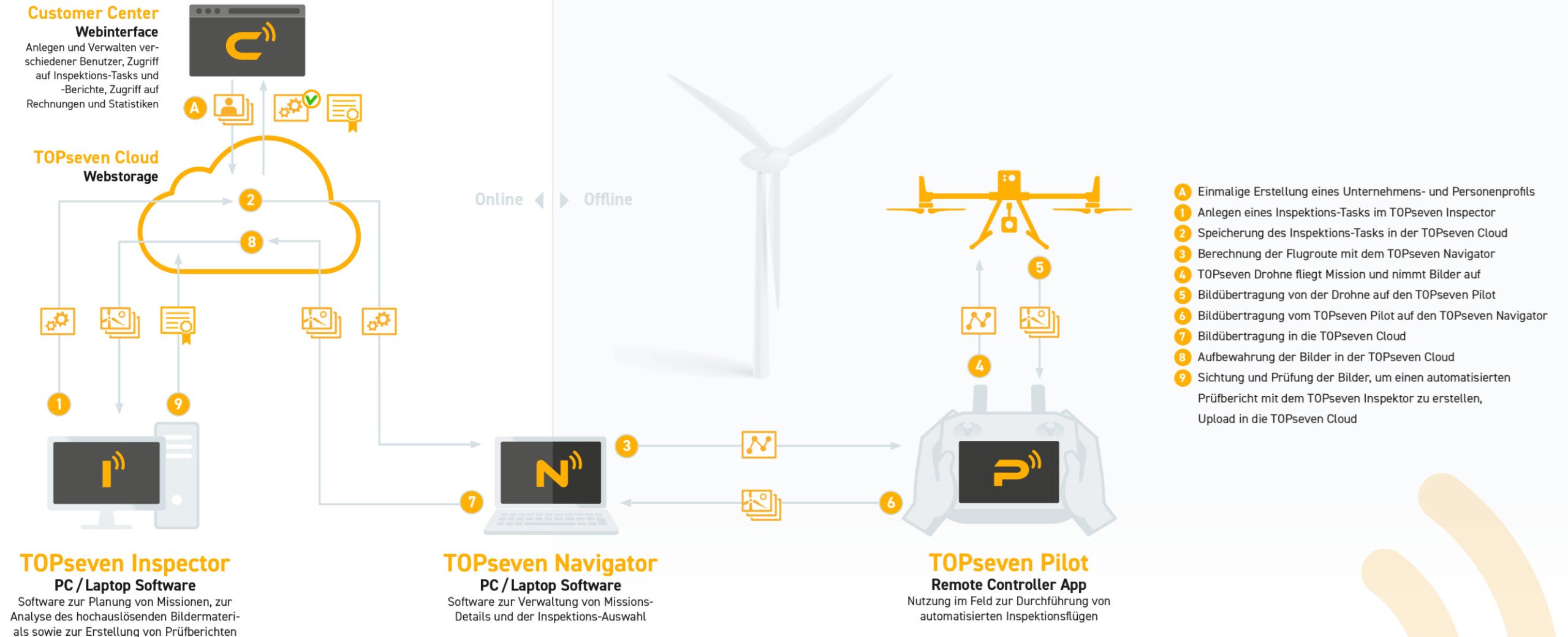
Spezielle Sensoren erkennen berührungslos den Defekt und lokalisieren exakt die Unterbrechung.

# TOPseven – ECO System



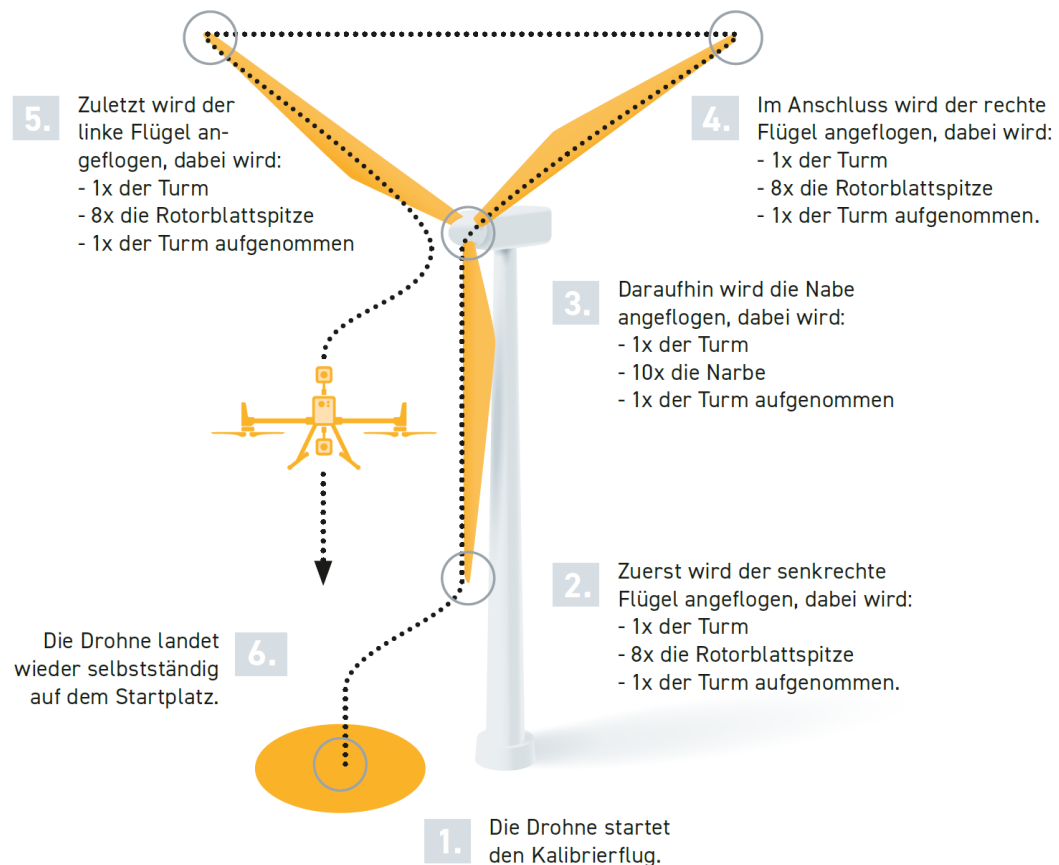


# TOPseven – ECO System



# Optische Inspektion

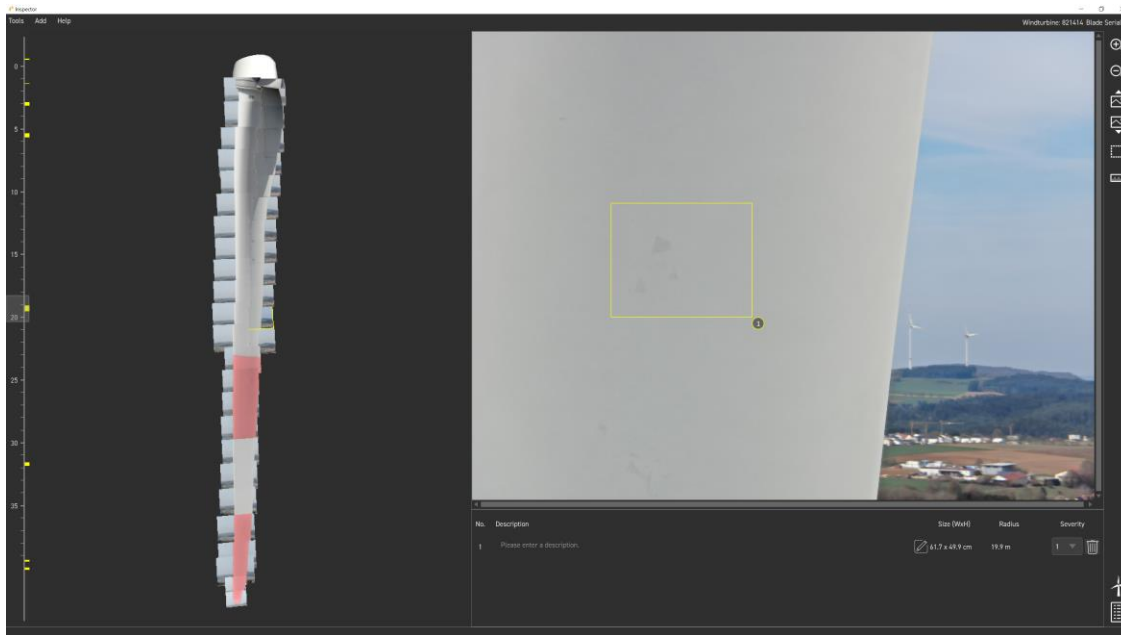
# Basis für autonomen Drohnenflug zur Inspektion im Nahbereich



- Ein Anlagenstopp genügt
- Automatischer Kalibrierungsflug basiert auf generischem 3D-Model
- Automatische Berechnung der Flugrouten
- Inspektion kann jederzeit unterbrochen werden
- Bilder mit höchster Auflösung (2 - 5 Pixel/mm)
- Kein spezialisierter Pilot notwendig

Quelle: TOPseven, schematische Darstellung Kalibrierflug

# TOPseven Inspector Software



Quelle: TOPseven Inspector

- Aufnahmen projiziert auf 3D-Model
- Lückenlose und qualitative Aufnahmen
- Schadenscharakterisierung
- Auflösung von 2 - 5 Pixel/mm
- Cloudbasierte Berichterstellung
- Reproduzierbarkeit der Daten

# Blitzschutz Grundlagen



# Blitzschutz in Windenergieanlagen

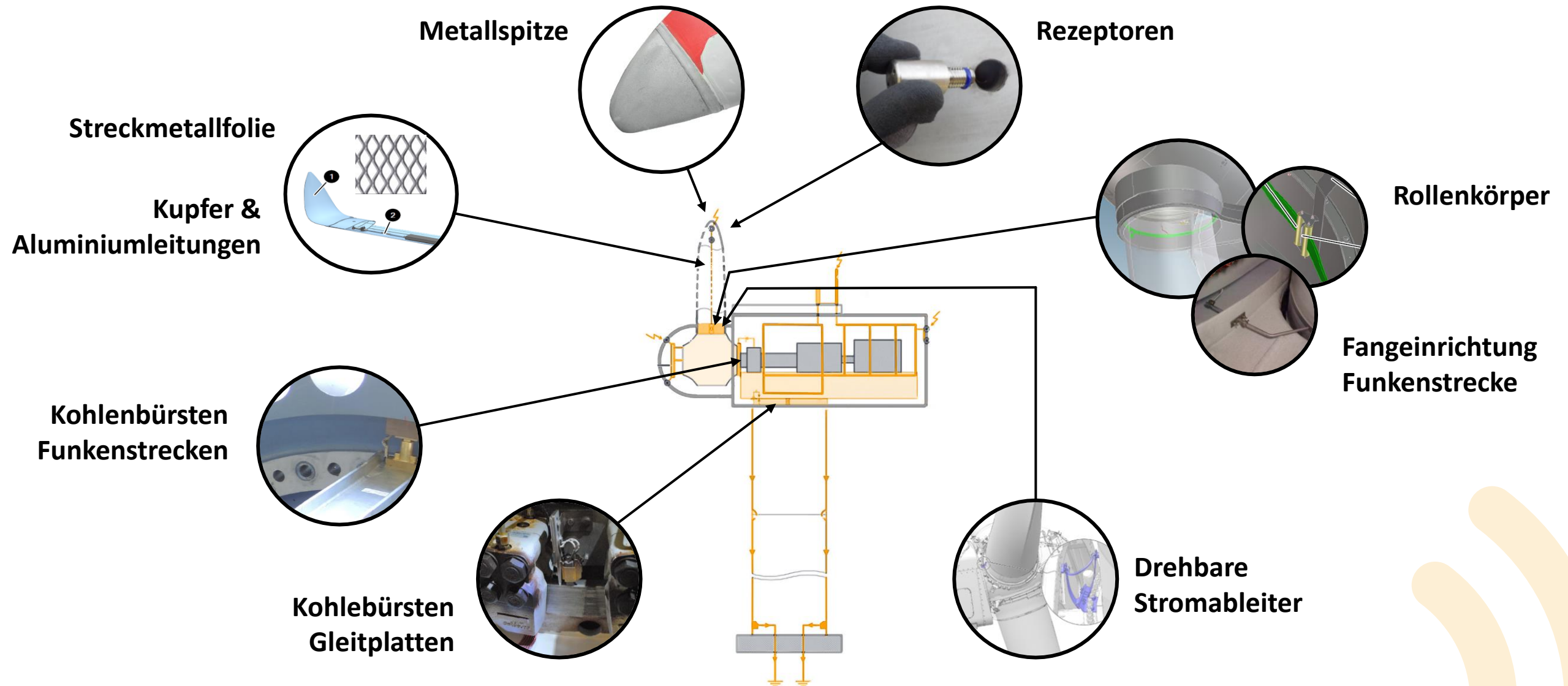


Quelle: Heidenheimer Zeitung

- Windenergieanlagen einmal im Jahr vom Blitz getroffen
- Indirekte Schäden des elektrischen Systems oder Totalschäden (Brand oder Havarie)
- Auslegung Blitzschutzkonzept dienen die IEC 61400-24, DIN EN 62305 und die Richtlinien des GL (z.B. GL 2010 IV)
- 80% Versicherungsanspruch durch Blitzschäden
- Regelmäßige Überprüfung für Versicherungsschutz



# Blitzschutzsysteme Windenergieanlagen



# BWE Arbeitsrichtlinie

- **Überprüfung des Zustandes des Blitzschutzsystems von Windenergieanlagen**
- **Fassung: April 2021**
- **Prüfintervalle** [DIN EN IEC 61400-24 VDE 0127-24 [5], Kap. 12]:
  - jährliche Sichtprüfung und vollständige Inspektion im 2-Jahresturnus
- **Durchführung von Prüfungen**
  - Messgeräte und **Durchführung** gemäß **DIN EN 61557-4 VDE 0413-4**
  - **Zweileitermessung** mit einem minimalen Prüfstrom von 200 mA
  - Ausführung der **Messung in Teilabschnitten** (Bsp.: Rezeptor – Blattflansch)
  - **Empfohlene Erfahrungswerte:**
    - Durchgangswiderstand prinzipiell geringer als 1 Ohm
    - Geringfügig erhöhte Widerstandswerte bis 10 Ohm zulässig (Bsp.: Korrosion an Verbindungsstellen)



**Zulassung: Alternative Prüfmethode, welche durch eine akkreditierte Stelle validiert und verifiziert sind.**

# Seilzugangstechnik stößt an seine Grenzen

- **Vorteile:**

- + Blitzschutzmessungen durch niederohmige Durchgangsprüfung
- + Installation von Messleitungen zum Maschinenhaus oder Turmfuß
- + Messung von Teilabschnitten möglich
- + Besichtigungen und Sichtprüfungen möglich
- + Überprüfung der Blattinnenseite

- **Nachteile:**


- Begrenzte Kapazitäten
- **Höhe und Größe der Anlagen**
- Sicherheit
- **Hohe Kosten durch Stillstandzeiten**
- Stark witterungsabhängig
- **Lokalisierung einer Unterbrechung nicht möglich**



# Innovatives Messverfahren

# Europäisches Patent EP 3 596 570

- Verfahren zur Bestimmung eines Pfades entlang eines Objektes, System und Verfahren zur automatischen Inspektion eines Objektes
- Angaben zur Priorität: **14.März 2017**
- Internationales Veröffentlichungsdatum: 20.September 2018  
Eintragung in Q1/2021
- **Europäische Eintragung: 21.07.2021**
- Ausführungsbeispiele beziehen sich auf Kameradrohnen
- Automatisierte Festlegung von Routen
- Berührungslose Durchgangsprüfung durch abgestrahltes Feld

 **Extract from the Register of European Patents**

**About this file: EP3596570**

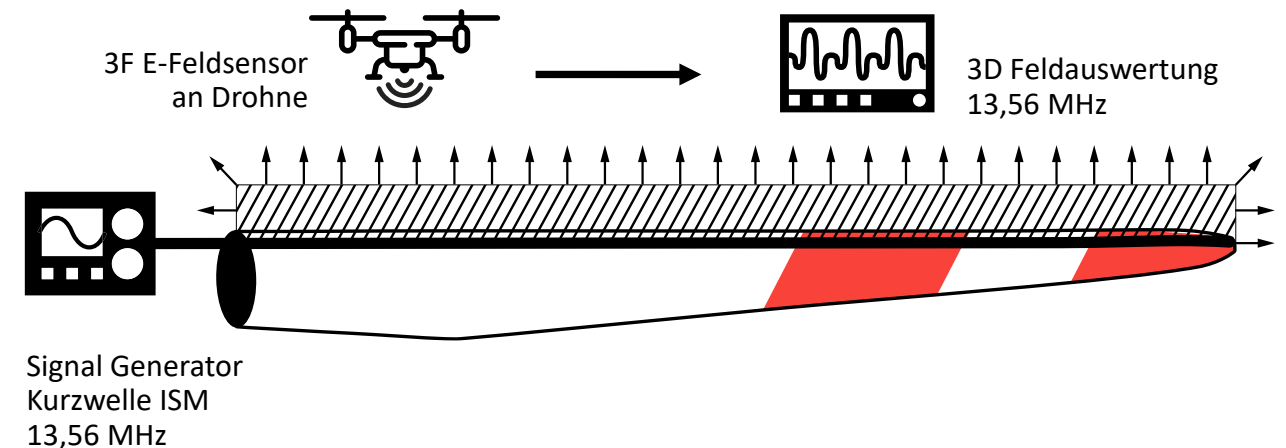
[EP3596570 - Method for determining a path along an object, system and method for automatically inspecting an object and for checking the electrical continuity of a lightning rod of the object](#) (Right-click to bookmark this link)

Status	The patent has been granted Status updated on 18.06.2021 Database last updated on 30.07.2021		
Most recent event	30.07.2021	Correction of patent specification	published on 01.09.2021 [2021/35]
	30.07.2021	Change - German title	published on 01.09.2021 [2021/35]
	30.07.2021	Change - English title	published on 01.09.2021 [2021/35]
	30.07.2021	Change - French title	published on 01.09.2021 [2021/35]
Applicant(s)	For all designated states TOP seven GmbH & Co. KG Schiffbauerweg 1 82319 Starnberg / DE [2021/29]		



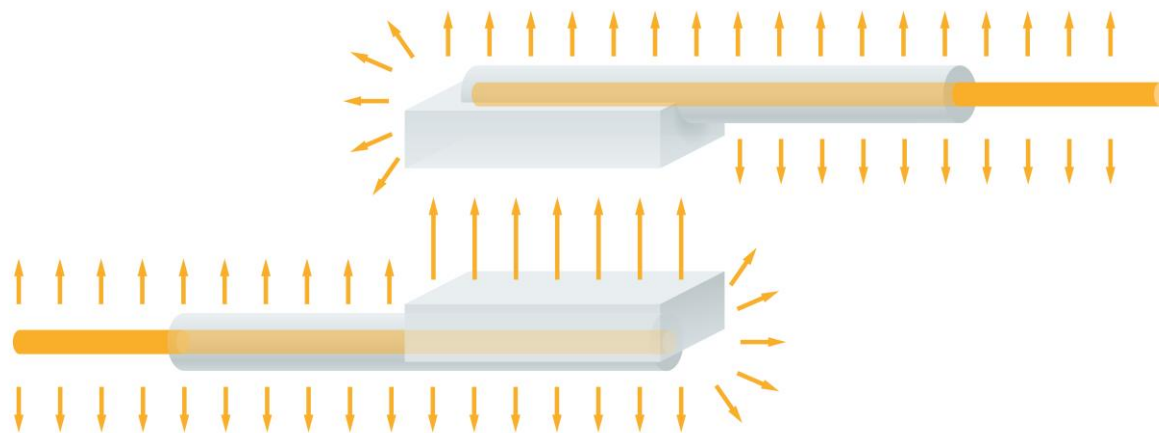
# Europäisches Patent EP 3 596 570

- Erstes Ende Blitzableiter: **nicht-invasiver Anschluss Signalgenerator** (Frequenz von 13,56MHz)
- Zweites Ende ist offen, bzw. im Leerlauf.
- Der Leiter bildet einen **Dipol**.
- Die **Anregung des Leiters** bewirkt eine stehende Welle entlang des Leiters und ein **elektrisches Wechselfeld**.
- Das Wechselfeld steht senkrecht auf dem Leiter.
- Das elektrische Feld wird durch einen Feldsensor gemessen





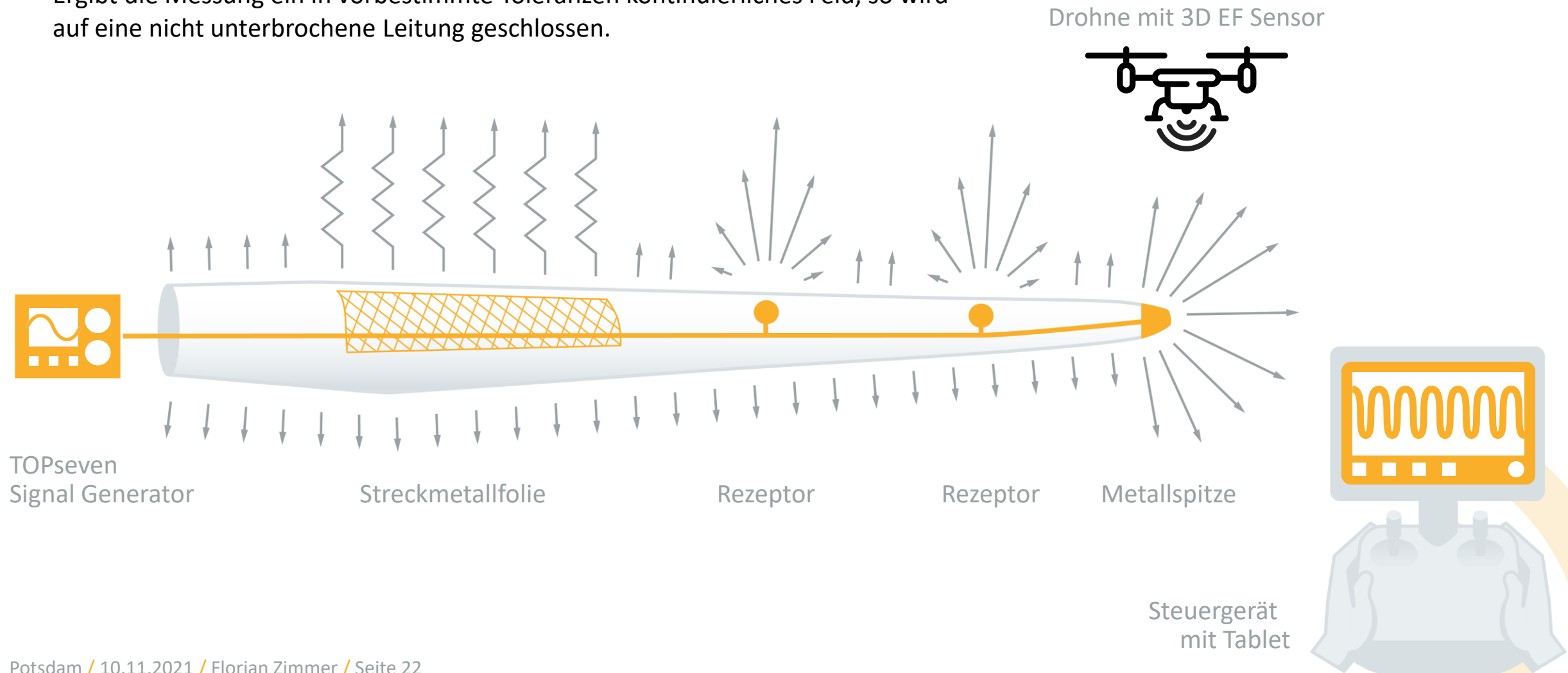
# Korrosion an Verbindungsstellen



- Ableitung durch aufeinander liegende Aluminiumschienen
- Stark ausgeprägte Korrosion durch Alterung an den Verbindungsstellen
- Kein Durchgangswiderstand ermittelbar
- Funktionsfähiger Blitzableiter
- Einschränkung bei Messung mittels Prüfstoßspannung
- **TOPseven: Durchgehendes Feld wird induziert (Funktionsweise Kondensator)**

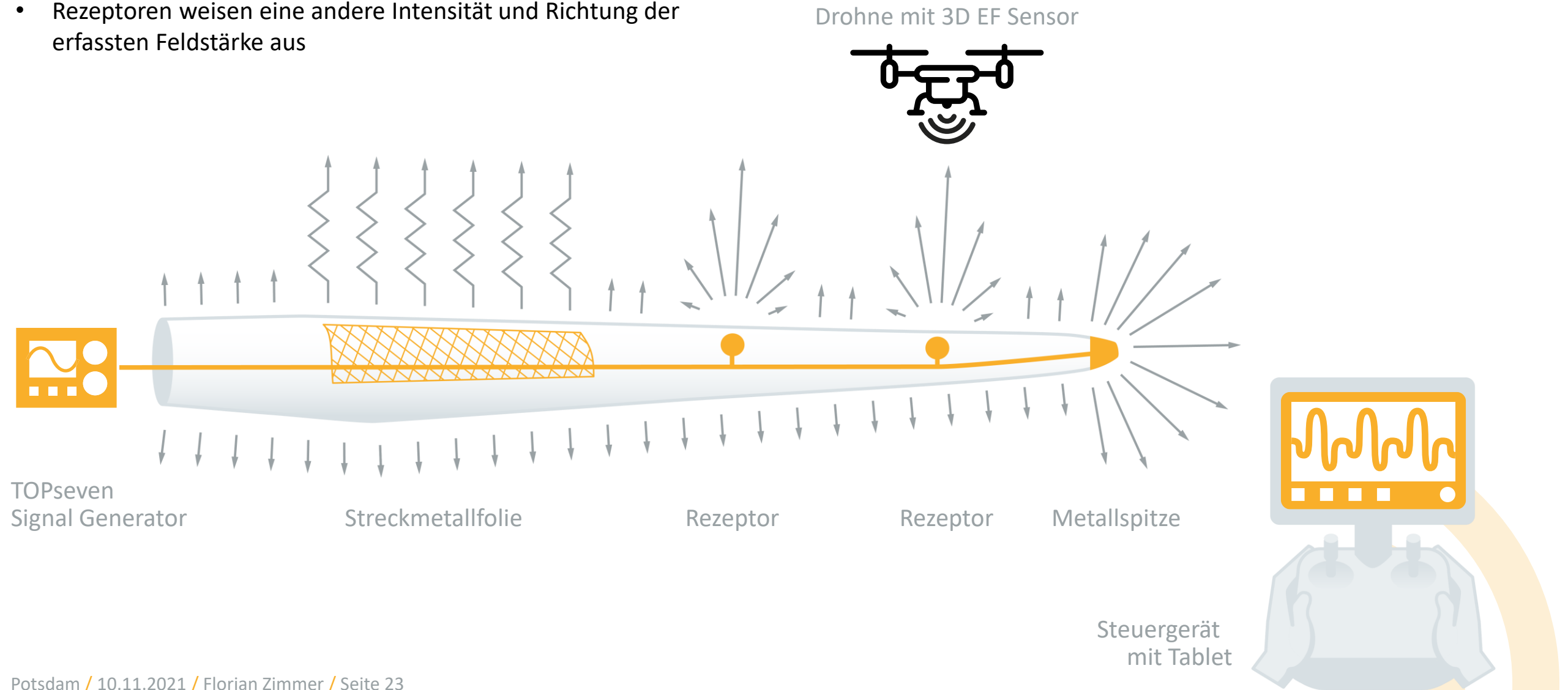
# Erkennung unterschiedlicher Felder / Metallspitze

- **Richtung und Intensität der erfassten Feldstärke** kann ausgewertet werden
- Ergibt die Messung ein in vorbestimmte Toleranzen kontinuierliches Feld, so wird auf eine nicht unterbrochene Leitung geschlossen.



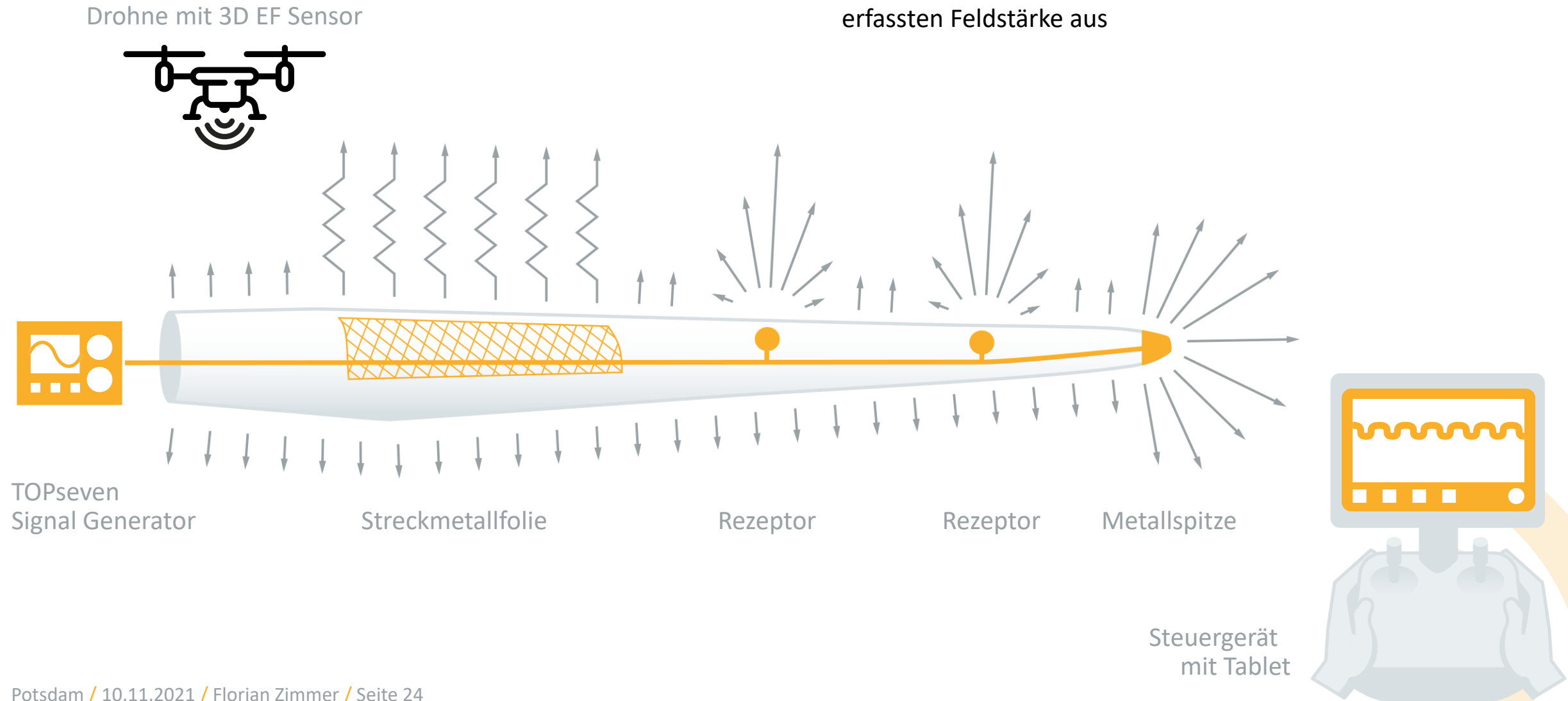
# Erkennung unterschiedlicher Felder / Rezeptor

- Rezeptoren weisen eine andere Intensität und Richtung der erfassten Feldstärke aus



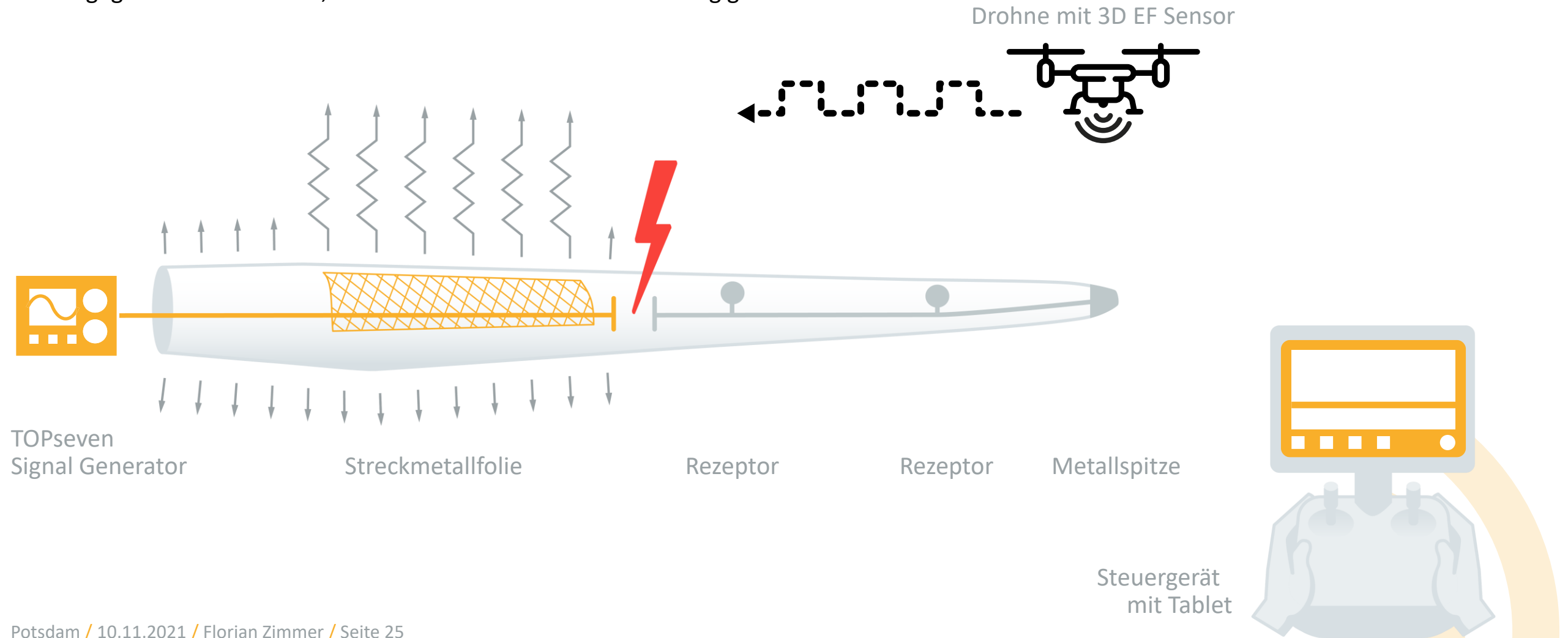
# Erkennung unterschiedlicher Felder / Kabel

- Kabel weisen eine andere Intensität und Richtung der erfassten Feldstärke aus



# Erkennung unterschiedlicher Felder / Unterbrechung

- Weicht die Feldstärke an einer oder mehreren Stellen entlang des Leiters von einem vorgegebenen Bereich ab, wird auf eine unterbrochene Leitung geschlossen.

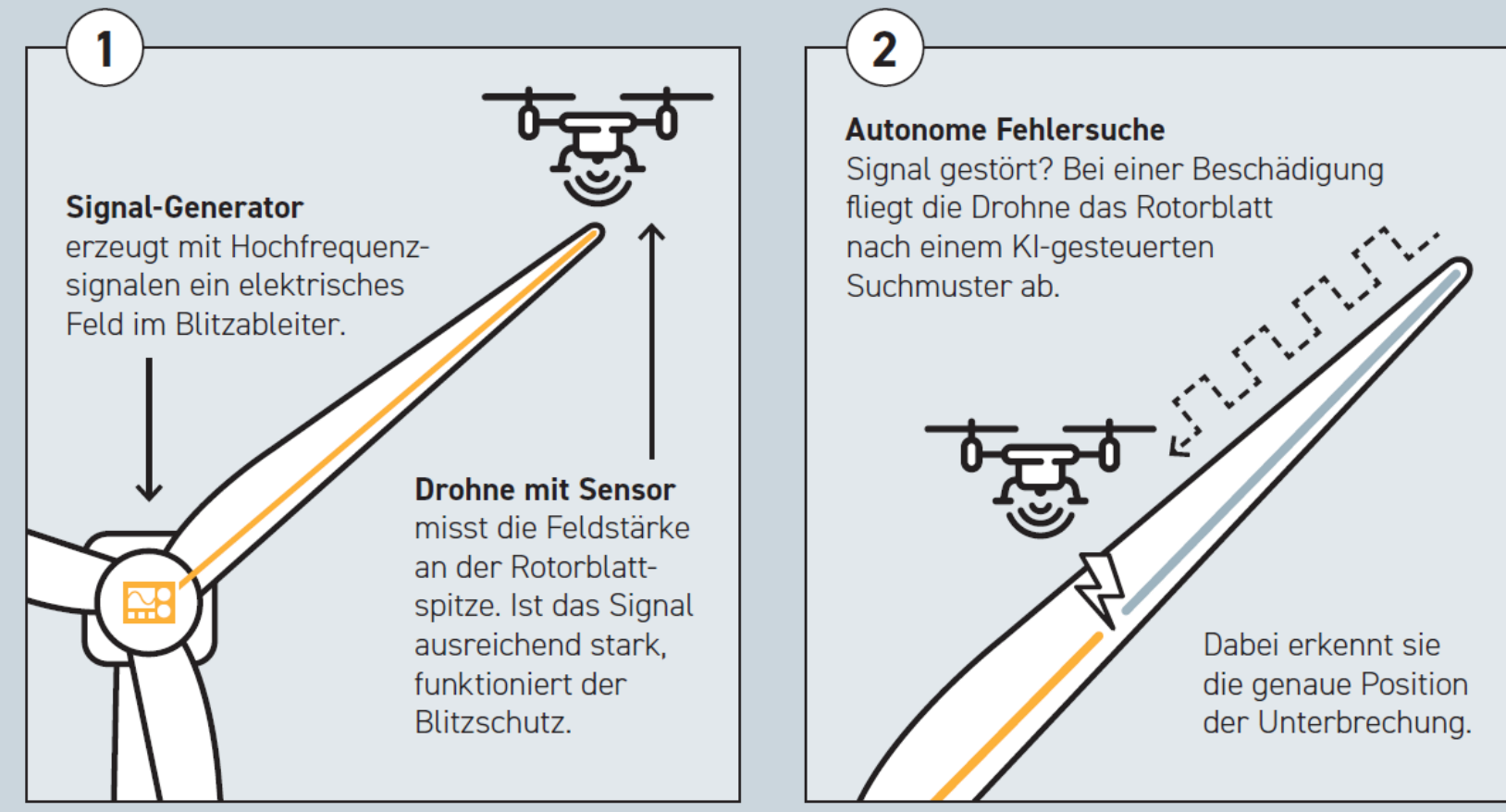


# Praktische Umsetzung



# Praktische Umsetzung der Blitzschutzprüfung

## TOPseven – berührungslose Blitzschutzprüfung mit der Drohne



Quelle: Infografik Blitzschutz TOPseven

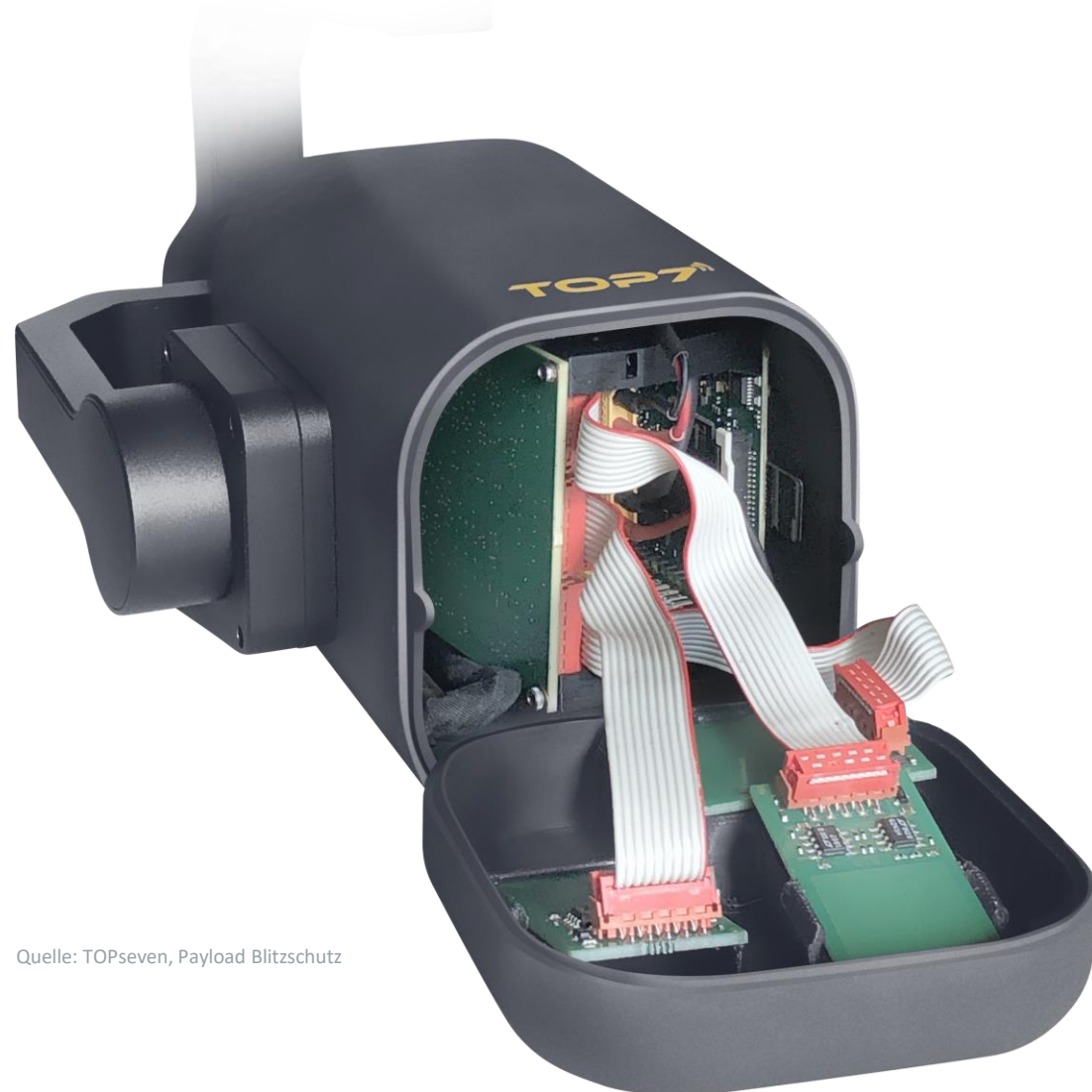
# TOPseven Signalgenerator im Einsatz



Quelle: TOPseven, Signalgenerator

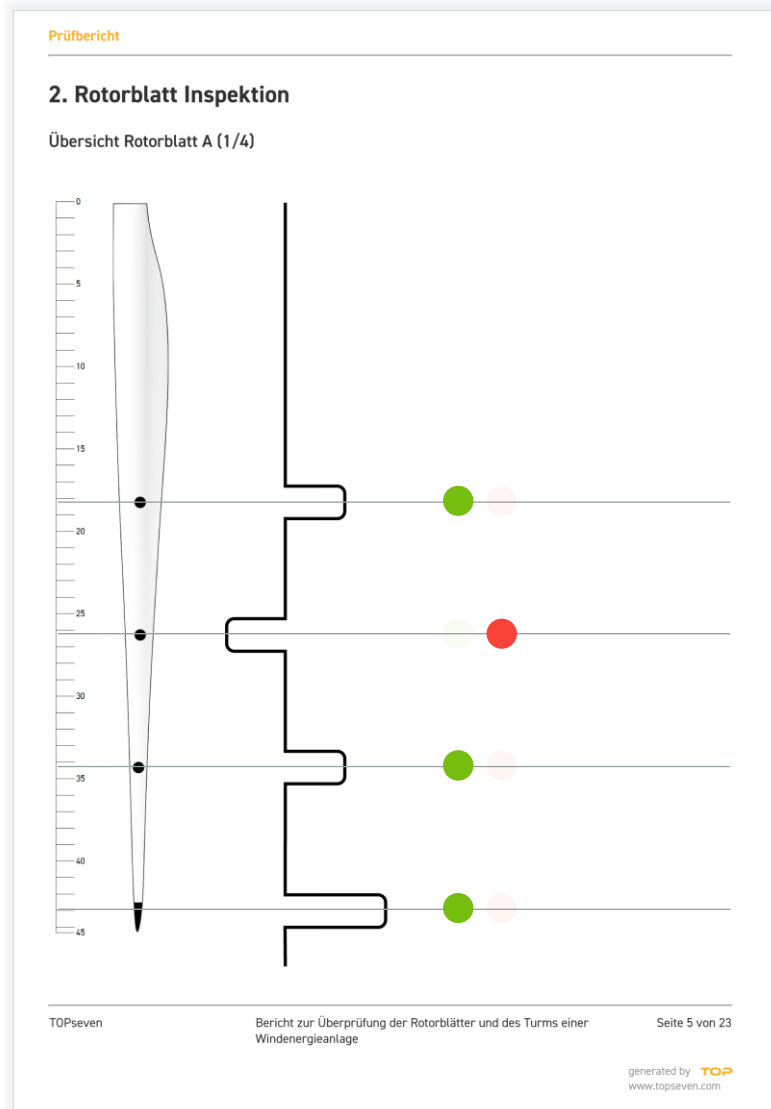
- Nicht invasiver Anschluss des Signalgenerators (Induktionszange)
- Erzeugung eines elektrischen Feldes innerhalb eines zugelassenen Frequenzbereichs von 13,56MHz
- Impedanz Anpassung über patentiertes Verfahren (Länge der Rotorblätter)
- Einspeisung von aufeinander abgestimmten Signalen in den Blitzableiter

# TOPseven 3D-Feldsensor im Einsatz



Quelle: TOPseven, Payload Blitzschutz

- Selbstentwickelter hochempfindlicher elektrischer 3D-Feldstärkesensor
- Payload kann an herkömmliche DJI Enterprise Drohnen angebracht werden
- Verschiedene Boards (Linux, BSS, Stromversorgung, Feldsensoren)
- Misst elektrisches Nahfeld mit einer Abtastrate von 50 Hz
- Exakte Feststellung der Unterbrechung durch Änderungen des elektrischen Feldes



- Elektrischer „Fingerabdruck“ vom Rotorblatt
- Automatische Berichterstellung
- Periodische Messungen
- Reproduzierbarkeit der Messwerte
- Angaben zur Lokalisierung der Unterbrechung für die Reparatur

# Hardware Blitzschutzprüfung



Quelle: TOPseven, Koffer Blitzschutz

# Zusammenfassung





# Validierung und Verifizierung durch internationale Zertifizierungsstelle wurde am 17.06.2021 abgeschlossen



« Durch die erfolgreiche, unabhängige Validierung und Verifizierung betrachten wir das TOPseven Messsystem für den Einsatz als alternative Prüfmethode [...] gemäß Technischer Richtlinie des BWE als geeignet. »

Juni 2021

**Inspektionsstelle für Elektro- und Leitfähigkeit**

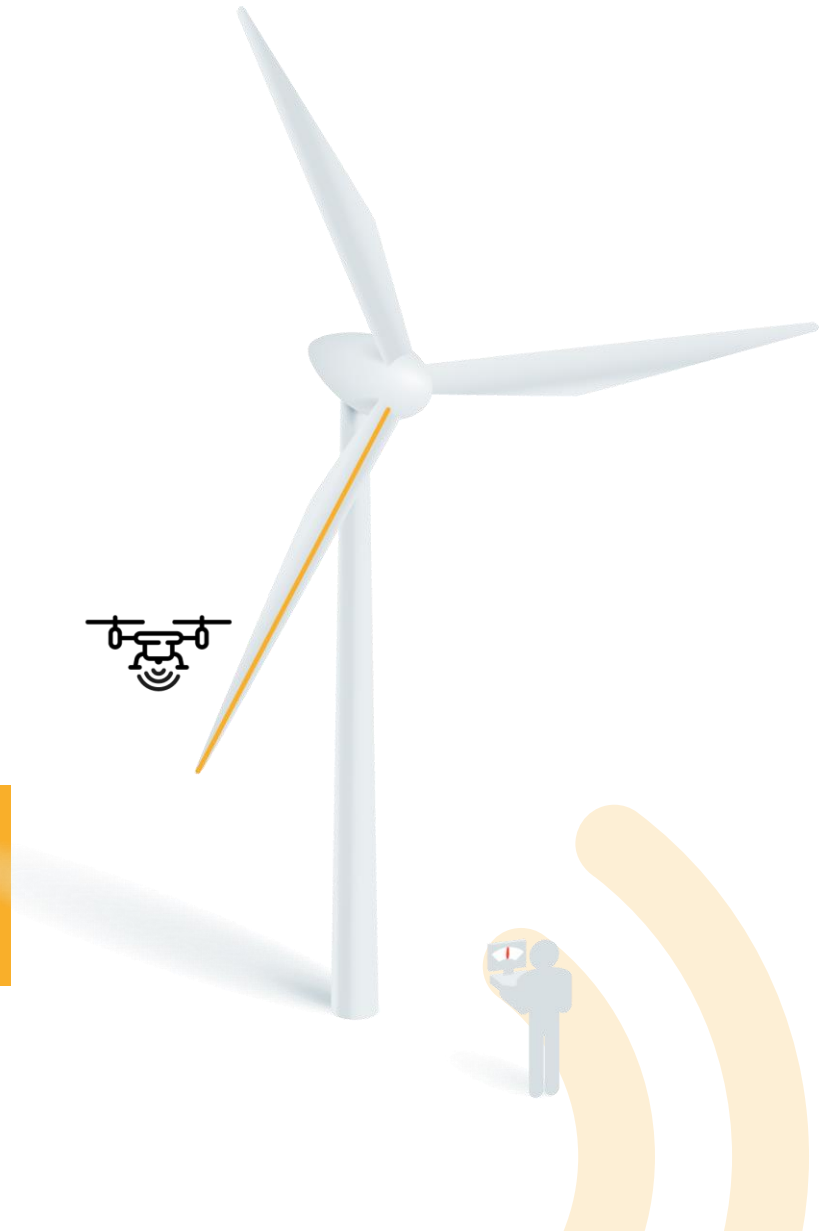
**TÜV SÜD Industrie Service GmbH**

# Neuartiges Messverfahren von TOPseven

## Vorteile:

- + Drohnengestützte Durchgangsmessung innerhalb weniger Minuten
- + **Lokalisierung der Unterbrechung**
- + Geringe Stillstandzeit und mehr Inspektionen pro Tag
- + Messung von Teilabschnitten möglich
- + Erhöhte Sicherheit
- + Inspektion auch bei höheren Windgeschwindigkeiten möglich
- + **Mitarbeiter können drohnengestützte Inspektion selbstständig durchführen**

**Einzigartige Kombination der optischen Inspektion mit berührungsloser Blitzschutzmessung.**







**TOP7**<sup>))</sup>  
MAKING DRONES SMARTER.

## Kontakt

Bei Fragen wenden Sie sich bitte an:

Florian Zimmer  
Head of Project Management  
+49 8151 95966-0  
[florian.zimmer@topseven.com](mailto:florian.zimmer@topseven.com)

TOPseven GmbH & Co. KG  
Schiffbauerweg 1  
D-82319 Starnberg