

M.O.E.

MOELLER OPERATING ENGINEERING

CERTIFICATION · MEASUREMENT · INSPECTION

Seilroboter zur Rotorblattinspektion
Finn Rexhausen,
09.11.2023, Potsdam



Wir fördern Wirtschaft



EU.SH



Landesprogramm Wirtschaft: Gefördert durch die Europäische Union - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), den Bund und das Land Schleswig-Holstein

Schleswig-Holstein
Der echte Norden

AGENDA

1. Anforderungen | Normen und Richtlinien
2. Funktionsprinzip Seilroboter
3. Bewertungsgrundlage
4. Blitzschutzprüfung
5. Inspektion via Drohne
6. Fazit & Ausblick

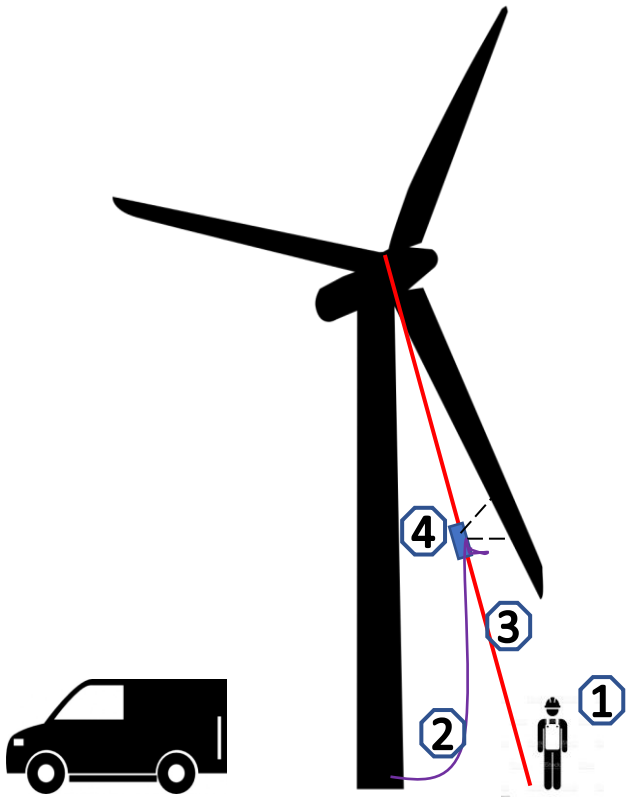


Wiederkehrende Prüfung – Normen und Richtlinien

Norm / Richtlinie	Anforderung an Rotorblatt / Blitzschutzprüfung	Prüfintervall
DiBt Richtlinie für Windkraftanlagen (Okt. 2012, korr. 2015)	...Rotorblätter sind auf einen mängelfreien Zustand zu untersuchen.	2 bzw. 4 Jahre
BWE Grundsätze für die Wiederkehrende Prüfung (BWE 2012)	<ul style="list-style-type: none">- Inspektion Innen wie Außen- Beschädigung der Oberfläche sowie strukturelle Mängel- Blitzschutz auf Mängelfreiheit prüfen	2 bzw. 4 Jahre
BWE TR zur Prüfung der Blitzschutzanlage (BWE 2021)	<ul style="list-style-type: none">- visuelle Prüfung Rezeptoren + Ableitungsstrecke (Innen)- Messung Durchgangswiderstand- <i>“...wird darauf hingewiesen, dass auch bei teilweise fehlendem Durchgang einzelner Rezeptoren, sofern sich diese nicht im Bereich der Blattspitzen befinden, von der Funktion ausgegangen werden kann.“</i>	Sichtprüfung 1 Jahr Vollständig 2 Jahre (Verweis auf DIN EN IEC 61400-24: Blitzschutzklasse 1)

Bewertungsgrundlage muss ausreichend gut sein, um sämtliche relevanten Mängel sicher zu detektieren!
Interessen von Bauamt - Betreiber – Versicherungen

Funktionsskizze Rotorblattinspektion



1. Gutachter / Ankerpunkt Boden
2. Blitzschutzmessleitung
3. Seilstrecke
4. Seilroboter

Inspektion mit alternativem Werkzeug zur Seilzugangstechnik.



Inspektionsroboter in Bildern



Bildbeispiele - Bewertungsgrundlage



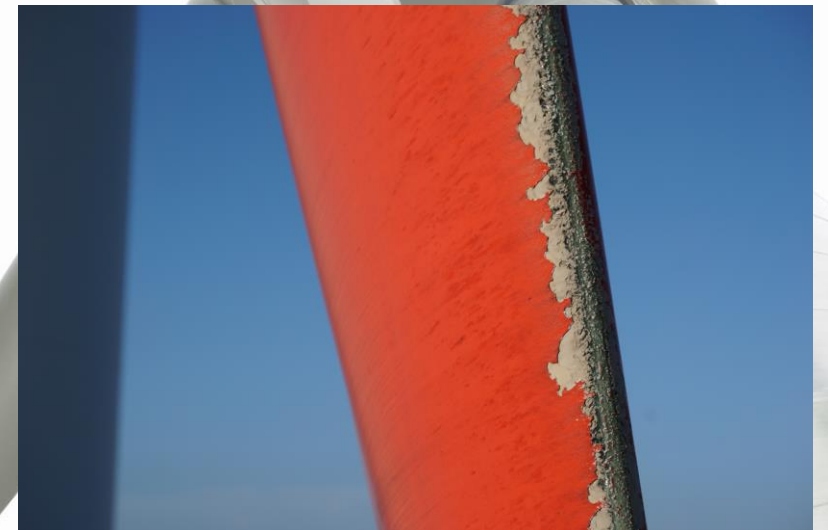
Live Bildübertragung:
1920 x 1080 px bei 60 fps

Kamera-Auflösung: 25 MP

optischer Zoom

direkte Beurteilung
Lichtverhältnisse / Bildqualität
bei Gegenlicht ggf. WEA drehen

Haarrisse im Coating /
Mikrolunker an Vorderkante?



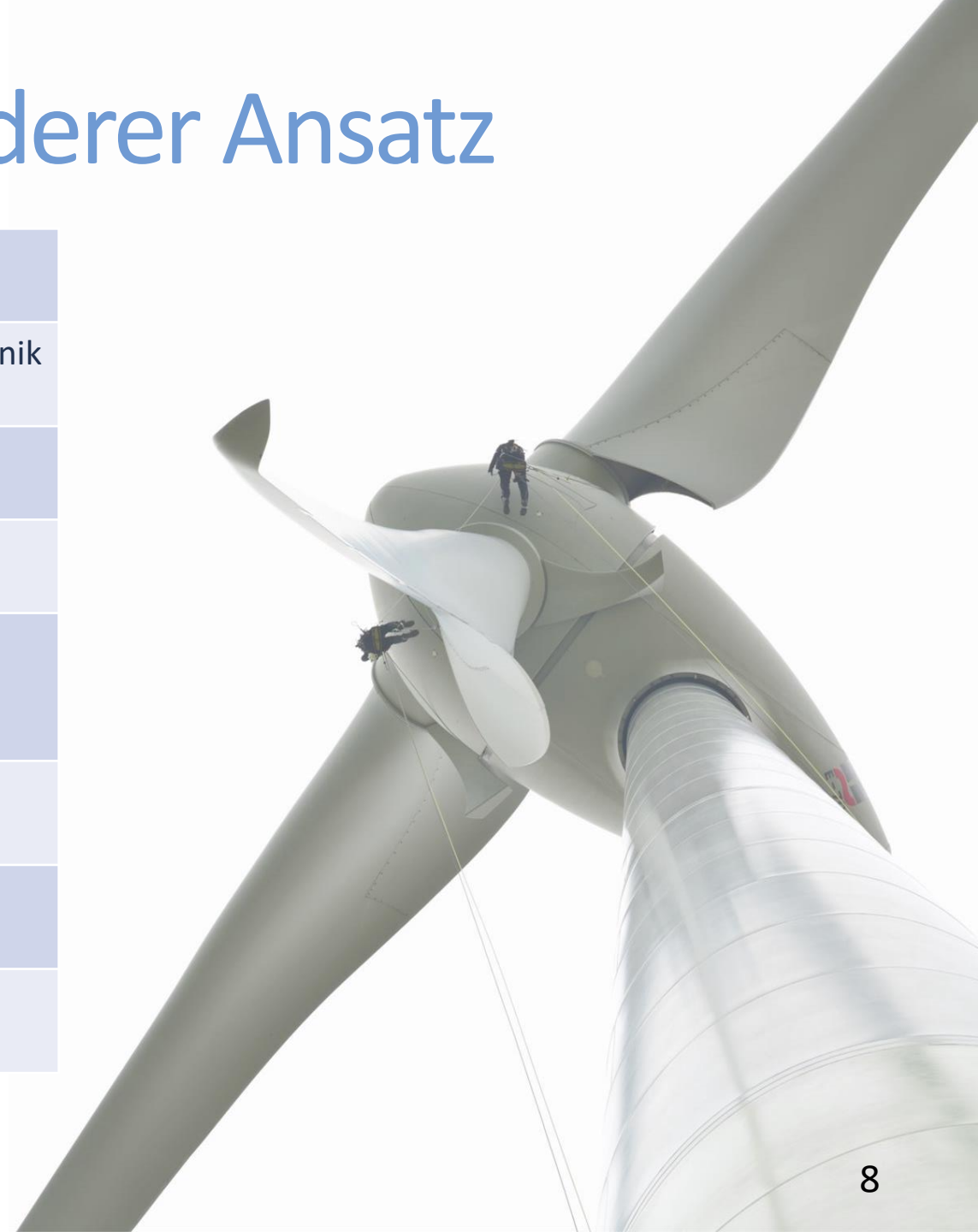
Blitzschutzprüfung

- Messaufbau: Durchgangsprüfung mit Zweileitermessung
- alternativ: HV-Impulsmessung
- bewährte und anerkannte Methoden
- keine Validierung / Verifizierung durch akkreditierte Stelle notwendig
- anlagenspezifische “Prüfsonden”
- Messung lediglich am Tip



Drohne? – ein anderer Ansatz

Drohneninspektion	Seilroboter
hoher Automatisierungsgrad im Feld möglich	näher am jetzigen Stand der Technik
Gesamtdokumentation Rotorblatt	Fokus gezielt auf Mängel / POI
i.d.R. nur ein Bild pro Schaden	mehrere Aufnahmen bei Schäden
Begutachtung erst im Nachgang, "zweiter Blick" aufwändig; ggf. auf Kosten der Bildqualität	direkte Bewertung Schäden und Bildqualität
2te Person für BS-Messung (z.B. Installation Frequenzgeber)	2te Person für Seilstrecke
Lizenzgebühren (Flug- u. KI-Software / Schutzrechte Inspektion + BS-Messung)?	Blitzschutz nach einfachen / anerkannten Methoden
Zeitaufwand: Feld ↓ Nachbereitung ↑	Zeitaufwand: Feld ≈ SZT Nachbereitung ↓



Überblick

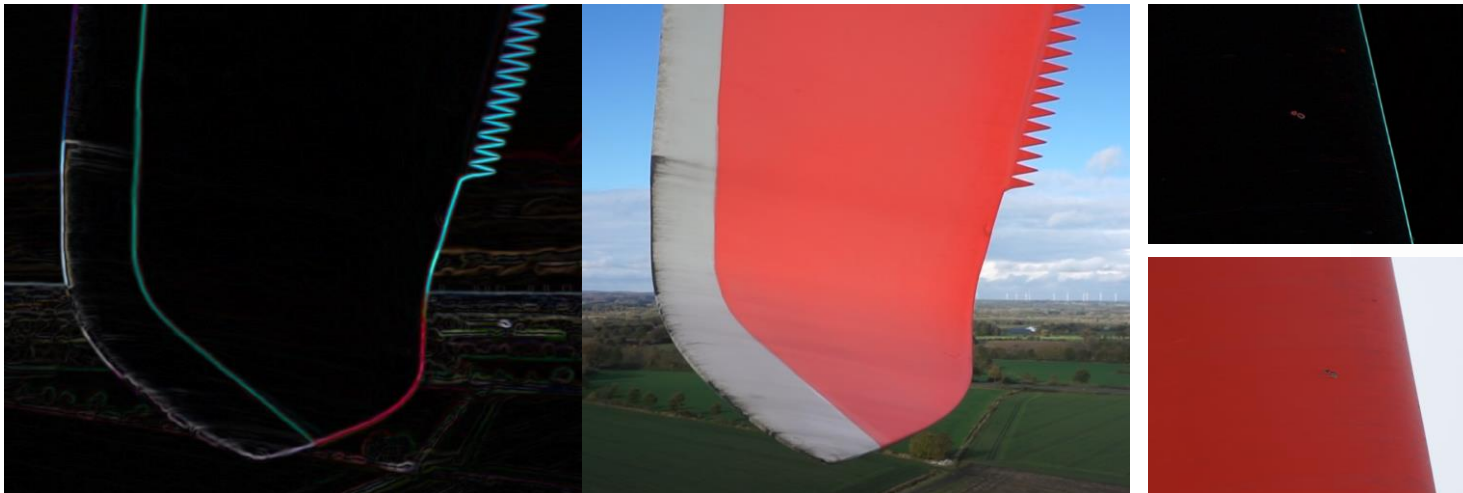
Wetterbedingungen	6-10 m/s (anlagenabhängig), kein Nebel / Regen
Bildaufnahme	Systemkamera opt. Zoom etwa 10 px /mm ² am Blatt
Stabilisierung	Gimbal-Technik / Software
Positionsbestimmung	Entfernungsmessung (LIDAR)
Dokumentation	Schadensbilder, inkl. Position (Metadaten)

Erwartungen
deutlich geringere körperliche Belastung (SZT)
kürzere Stillstandszeit WEA
zuverlässige Blitzschutzprüfung ohne SZT
kein zeitintensives Material-Kranen / Aufbau
keine Qualifikation zur SZT nötig
parallele Maschinenbegutachtung
gezielte Schadensbilder; direkte Qualitätsbeurteilung
keine Schutzrechtverletzung / Lizenzen
2 WEA Maschine + Rotor / Tag -> Zeit & Geldersparnis



Ausblick – mehr Sehen als das menschliche Auge

- Echtzeit-Programme zur Unterstützung (Bildverarbeitung)
- optische / akustische Hinweise an den Gutachter
 - Hinweis ab X dunkle Pixel im RB
- Gradient-Darstellung / Farbeinstellungen
- erweiterter Wellenlängenbereich (z.B. Thermographie)
- Hinweise an Gutachter bei bekannten Schäden aus Datenbank





CERTIFICATION · MEASUREMENT · INSPECTION

Danke für die Aufmerksamkeit.

Seilroboter zur Rotorblattinspektion
Finn Rexhausen,
09.11.2023, Potsdam

Für weitere Informationen
sprechen Sie uns an!

