



FVA BW / Uhl

## Kann die Fernerkundung zur Borkenkäfer-Befallsfrüherkennung beitragen?

Dr. Markus Kautz

Fachgebiet Borkenkäfer – Waldschutz und Klima – Modellierung  
Abteilung Waldschutz, FVA Baden-Württemberg

## Gliederung des Vortrages

- (1) Einführung**
- (2) Was ist Früherkennung?**
- (3) Überblick über potentielle Sensorsysteme**
- (4) Limitierende Faktoren: verzögerte Wirtsbaum-Reaktion, Wolkenbedeckung**
- (5) Meta-Studie: Buchdrucker-Früherkennung mittels Fernerkundung**
- (6) Schlussfolgerungen für die Praxis**





## (1) Einführung



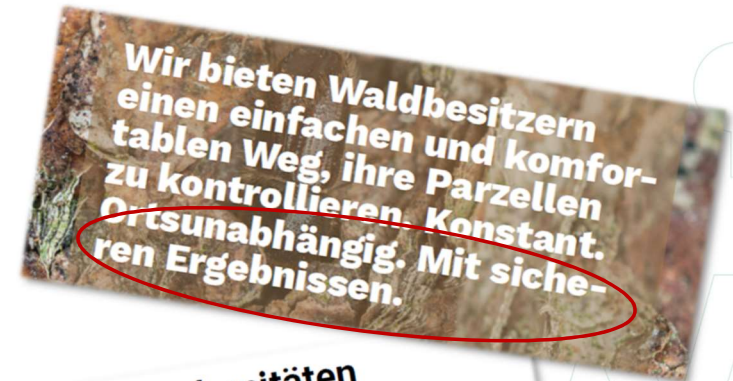
19.08.2019 | 14:02 | [Borkenkäferbefall](#)

### Forstämter kämpfen mit Drohnen gegen Borkenkäfer

Bitburg / Mainz / Saarbrücken - Im Kampf gegen Borkenkäfer setzen Förster zunehmend auf Drohnen.

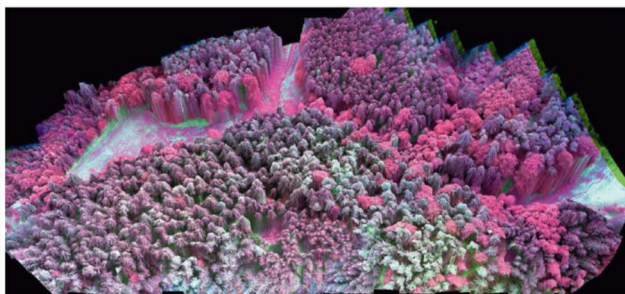
Mit der aktuellen Technik könne man einen Befall nach zehn Tagen an der Krone erkennen. Mit neuen Multispektralkameras wären veränderte Grüntöne noch schneller sichtbar: «Damit könnten wir es schon einen Tag nach dem Befall sehen», erklärte Drohnenpilot Frank, der vor allem für die Forstämter Bitburg, Trier und Neuerburg fliegt.

Proplanta, 2019



BÜRGER POST

Samstag, 7. November 2020



Mit solchen Kronenradarprofilen von Walddistrikten bereiten die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des Projekts „ProtecForest“ derzeit ihre Drohnenflüge vor. Ziel ist es, einen Abstandsreor zu entwickeln, der Zusammenstöße zwischen Baum und Drohne vermeidet und die Flugzeit leichter zu bedienen macht. Bild: Pavan Gupta, Universität Freiburg

### Borkenkäfer - Früherkennung aus der Luft

**Wald** Die Rottenburger Hochschule für Forstwirtschaft arbeitet gemeinsam mit den Universitäten Göttingen und Freiburg sowie einem Drohnenspezialisten an einem Fluggerät, das befallene Bäume riechen kann. Von *Hete Henning*

Rottenburger Post, 2020

### Zuverlässige Erkennung von Kalamitäten Frühwarnung durch Monitoring-Service

- Dauerhafte Überwachung von Wäldern
- auf Wunsch mit Warnmeldungen zu Veränderungen und Risiken und Einbindung von externen Dienstleistern

Umschau Firmenporträt 47

### Monitoringservice mit Satellitendaten

Die Borkenkäferkalamität der vergangenen Jahre hat die Forstwirtschaft in Deutschland vor große Herausforderungen gestellt. Das gilt auch für Kleinprivatwaldbesitzer, denn breiten sich die Käfer unbemerkt aus, schädigen sie womöglich den Wald der Nachbarn. Die junge Firma „WALDSTOLZ“ arbeitet auf Grundlage von Satellitendaten an einem Monitoringservice, der die Lösung bringen soll. Die Pilotphase war schon mal vielversprechend.

Angebote verschiedener Dienstleister

## (2) Was bedeutet Früherkennung?

Befallszeitpunkt

Brutausflug nach  
~ 6-10 Wochen

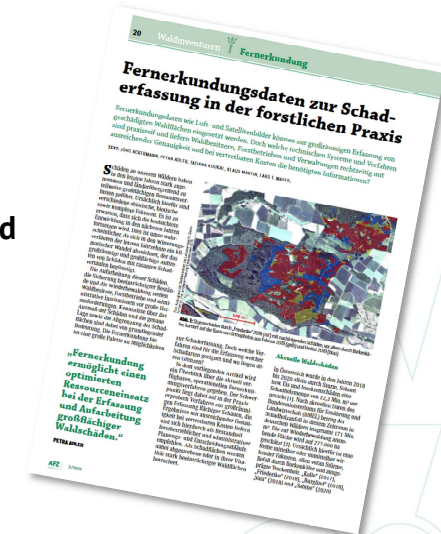
Ziel: **Rechtzeitige Sanierung des erkannten Befalls**  
▶ **Früherkennung**

**Schaddokumentation**  
**Alarmierung für Umfeld**



Käfer schon raus, Krone noch grün  
[BÁRTA ET AL., 2022]

- **Definition bezieht sich auf Käferstadium**, nicht auf das Erscheinungsbild der Fichte
- Oft missverständliche Verwendung des Begriffs Früherkennung („green-attack“)
- Sichere Verifizierung nur über Rindenfenster möglich, vorhandenes Bohrmehl kann Indikator für Früherkennung sein



Schad- erfassung zuverlässig möglich  
[ACKERMANN ET AL., 2022]

### (3) Überblick über potentielle Sensorsysteme



Plattform	Vorteile	Nachteile
Satellit	sehr große Fläche, häufige Daten, geringe Kosten (bei >5 m Auflösung)	Datum und Sensoren definiert, hohe Kosten (bei <5 m Auflösung)
Flugzeug	große Fläche, hohe Auflösung, große Flexibilität (Datum, Sensor)	hohe Variabilität in den Daten, hohe Kosten bei häufiger Befliegung
Drohne	hohe Auflösung, große Flexibilität (Datum, Sensor)	hohe Variabilität in den Daten, kleine Fläche, ggfs. Restriktionen
Terrestrische Anwendung	hohe Auflösung, große Flexibilität (Datum, Sensor)	hohe Variabilität in den Daten, sehr kleine Fläche

#### Sensortyp

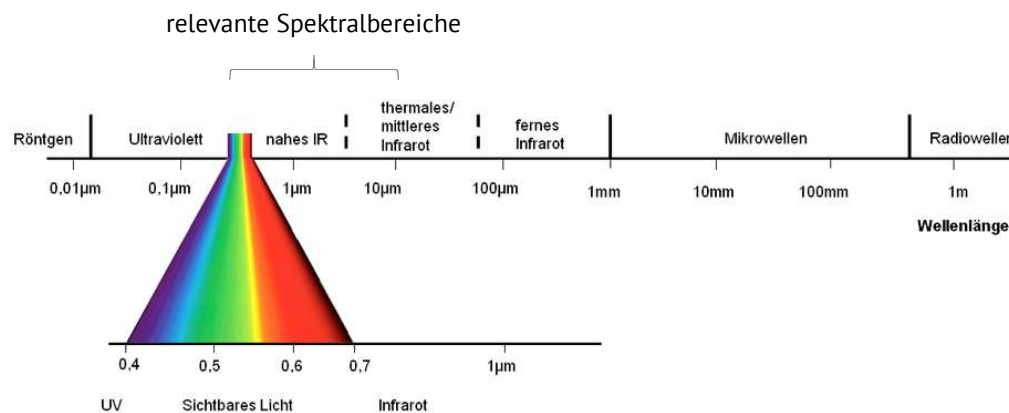
passiv  
(optisch, thermal)\*

aktiv  
(Lidar, Radar)

\* olfaktorische Sensoren sind prinzipiell mit Drohne und terrestrisch anwendbar, spielen aber derzeit keine Rolle

### (3) Überblick über potentielle Sensorsysteme

- **Erkannt wird ein Vitalitätsrückgang der Fichtenkrone** (im Vergleich zum vorherigen Zeitschritt, Bestätigung im 3. Zeitschnitt)
- **Erkannte Abweichungen in den Spektralbereichen deuten auf bestimmte Reaktionen in der Fichtenkrone:**
  - > abnehmender Chlorophyllgehalt (sichtbares Licht: Blau / Grün / Rot)
  - > veränderte Zellstrukturen (red-edge, nahes Infrarot)
  - > abnehmender Wassergehalt, veränderte Blatinhaltsstoffe z.B. Lignin, Zellulose (kurzwelliges Infrarot)
  - > zunehmende Temperatur (thermales Infrarot)
- **Nur aktive Sensoren (Lidar, Radar) sind unabhängig von der Wolkenbedeckung**



aktives Aussenden und Empfangen elektromagnetischer Strahlung

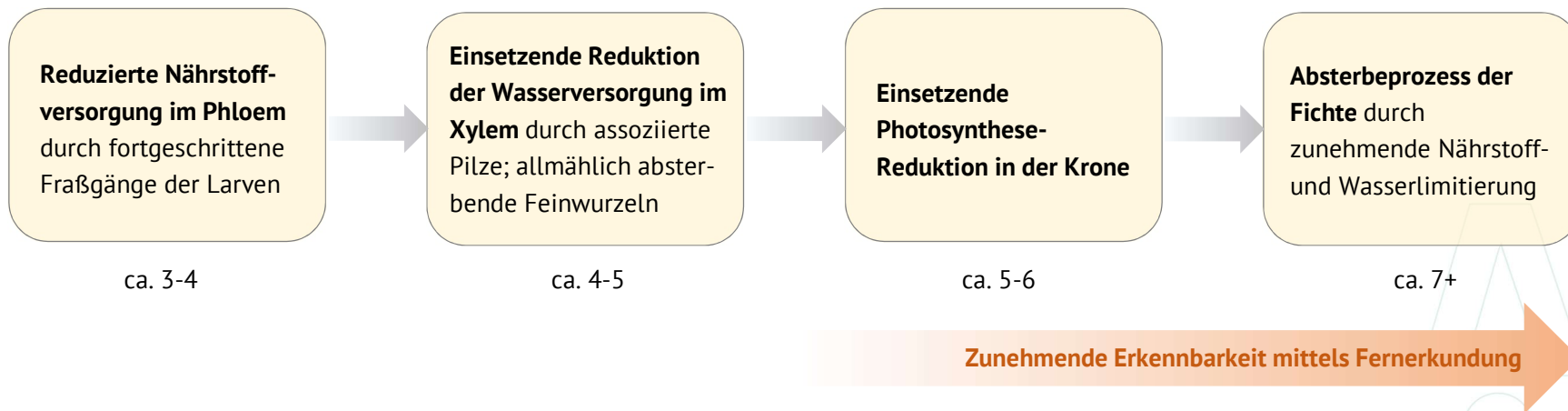


passives Empfangen von reflektierter Strahlung





#### (4) Limitierende Faktoren: verzögerte Wirtsbaum-Reaktion, Wolkenbedeckung



ab Woche nach Befallsbeginn (geschätzt, Studien fehlen)

- **Geschwindigkeit der Reaktion** vermutlich abhängig von Witterung, Befallsdichte und Baumvitalität vor dem Befall (große individuelle Variabilität)
- **Verzögerte Erkennung**, wenn Krone vom Kronenansatz her zeichnet
- **Fernerkundlich erkennbare Vitalitätsabnahme in der Fichtenkrone vor der 5. Woche nach Befallsbeginn ist aus baumphysiologischer Perspektive recht unwahrscheinlich**

Häufiges Bild: oben grün, unten braun



FVA BW / Kautz

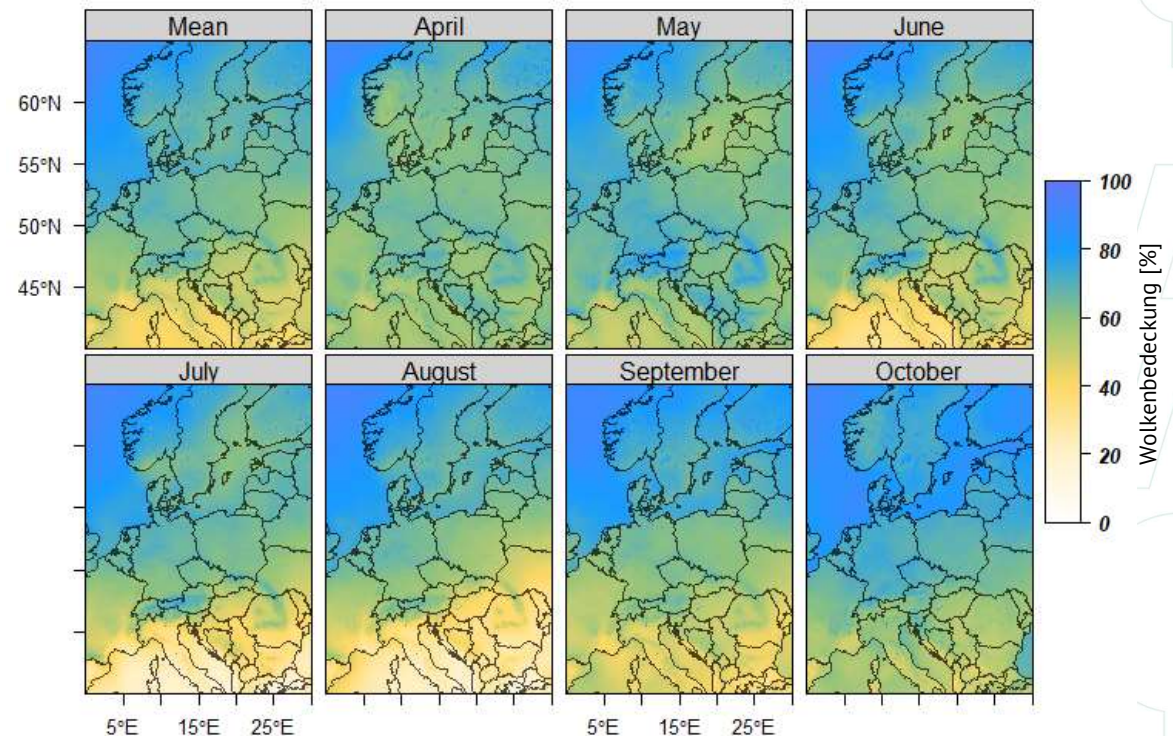
#### (4) Limitierende Faktoren: verzögerte Wirtsbaum-Reaktion, Wolkenbedeckung



##### 60 % Bewölkung in Mitteleuropa –

##### Was bedeuten das für die Befallserkennung?

- 60% aller (passiven) Satellitenaufnahmen sind aufgrund von Bewölkung nicht nutzbar
- Im Fall von **Sentinel 2** mit 5-tägiger Wiederholrate sind demnach durchschnittlich nur aller 10-15 Tage Daten verfügbar
  - = 1,5-2 Wochen Verzögerung zu 2. Zeitschnitt
  - = 3-4 Wochen Verzögerung zu 3. Zeitschnitt (Bestätigung)
- für satellitenbasierte Erkennungsroutinen braucht es hohe Wiederholraten (1-3 Tage)



Mittelwerte aus den Jahren 2011-2021 [Datenquelle: METEOSAT]



## (5) Meta-Studie: Buchdrucker-Früherkennung mittels Fernerkundung



Manuelle Detektion von fortgeschrittenem Befall aus kleinen Flugzeugen heraus

Erste eingehende Studie: 80% erkannt nach 60 Tagen (Arnberg et al., 1973)

Erste digitale Analysen, Satelliten

Digitale Bilddaten in zunehmender Verfügbarkeit und Qualität

Zuverlässige automatisierte Detektion von fortgeschrittenem Befall  
Drohnen

Deep-learning Algorithmen

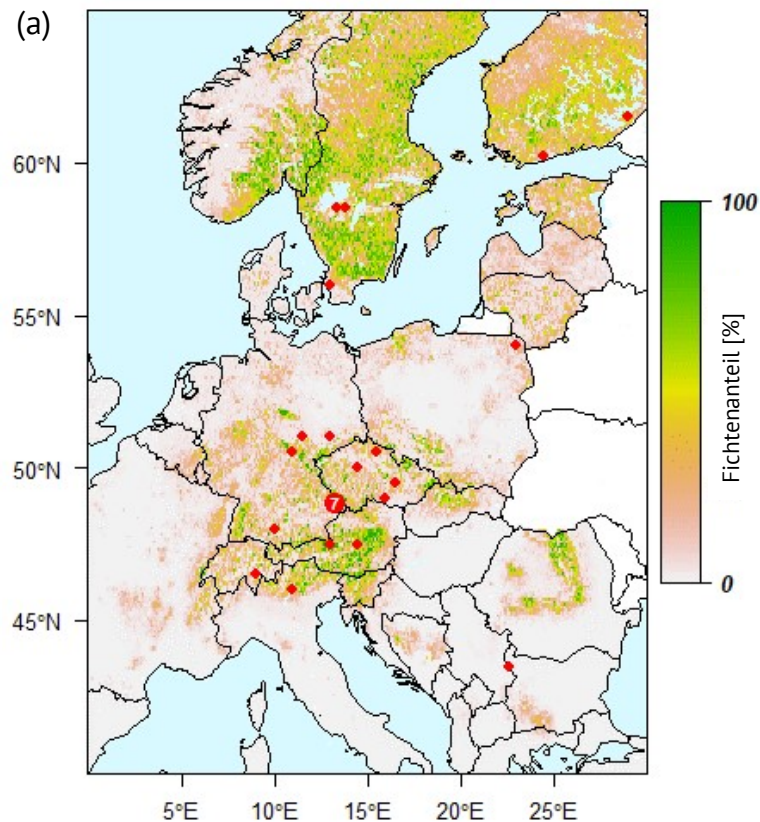
1920

2000

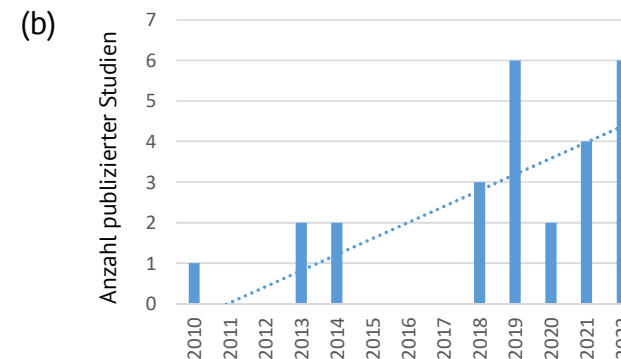
2022

Meta-Studie

## (5) Meta-Studie: Buchdrucker-Früherkennung mittels Fernerkundung



- Europaweit **26 Studien** (a), davon ein Großteil in den letzten 5 Jahren (b)
- **Ziel der Meta-Studie:**
  - > welche Daten wurden untersucht?
  - > wie genau und frühzeitig wurde erkannt?
  - > welche Spektralbereiche sind am vielversprechendsten?

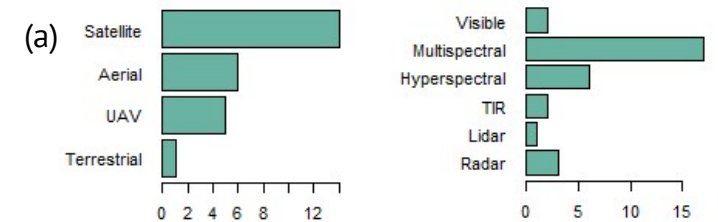


## (5) Meta-Studie: Buchdrucker-Früherkennung mittels Fernerkundung

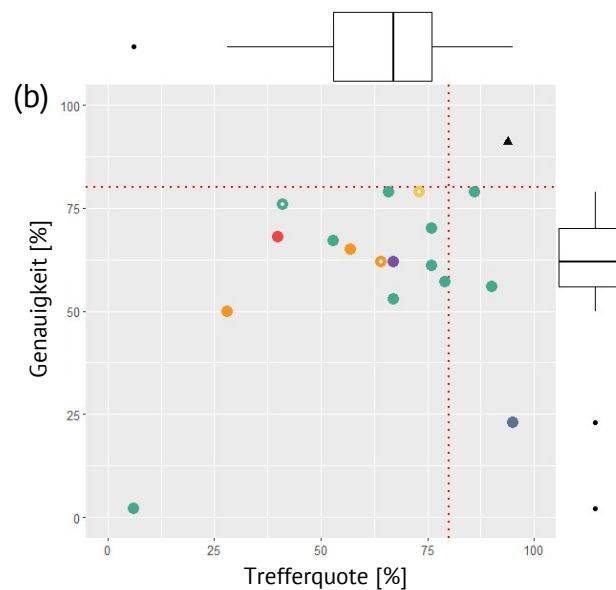


### Ergebnisse:

- Verschiedene Systeme wurden untersucht, mit Schwerpunkt auf Satelliten und multispektralen Daten (a)
- Rein explorative Studien, mit z.T. unzureichender Stichprobenzahl und terrestrischer Verifizierung



- **Frühzeitige Erkennung von Befall ist nicht hinreichend genau möglich (b)**
- **Vielzahl an potentiell nutzbaren Spektralbereichen (c)**
- **Vielzahl an verwendeten Erkennungs-algorithmen, kaum vergleichende Studien**



## (6) Schlussfolgerungen für die Praxis

### Was kann die Fernerkundung nicht beitragen?

- Frühe Befallsmerkmale (Einbohrlöcher, Bohrmehl, Spechtabschläge) können nur durch terrestrische Befallskontrollen erkannt werden, Zeitgewinn gegenüber fernerkundlich detektierbaren Kronenmerkmalen von mindestens 3 Wochen
- Differenzierung der Ursache der Vitalitätsschwächung, z.B. Borkenkäfer vs. Trockenstress
- Früherkennung von Befall ist aktuell mit keinem Sensorsystem zuverlässig möglich, Genauigkeit und Trefferquote sind für die Praxis ungenügend (betrifft auch die Erkennung von prädisponierten Fichten vor dem Befall)

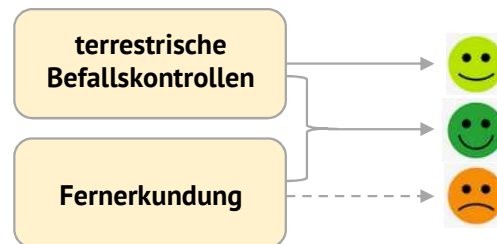
→ **Intensive terrestrische Befallskontrollen sind für die rechtzeitige Sanierung von Stehendbefall weiterhin (leider) unerlässlich!**



## (6) Schlussfolgerungen für die Praxis

### Und was kann sie beitragen?

- Überblick über Dynamik von Kalamitäten zur großräumigen Planung / Priorisierung von Maßnahmen
- Retrospektive Schaderfassung
- **Back-up für terrestrische Befallskontrollen während der Saison** zur Reduktion von Übersehfehlern, z.B. einzelne Befallsbäume, Kupferstecher in der Oberkrone, Initialbefall wird im Keim erstickt -> „doppelt hält besser“
- **Unterstützung / Lenkung der Suche von Überwinterungsbäumen im Winterhalbjahr**, sofern diese nicht terrestrisch bereits erkannt wurden (mit der Zeit zunehmende Kronenverfärbung); Anwendung mit höchstem Potential zur rechtzeitigen Sanierung der erkannten Fichten! -> „besser spät als nie“
- **Alarmierung für Umfeldsuche um erkannten Altbefall herum**, dort wo terrestrische Kontrollen nicht hinreichend praktikabel sind (unwirtliches Gelände, fehlende Personalkapazitäten) -> „das Schlimmste verhindern“





**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit !**

Verwendete Referenzen:

ACKERMANN ET AL. (2022) Fernerkundungsdaten zur Schaderfassung in der forstlichen Praxis. AFZ-Der Wald 77(2), 20-24

ARNBERG ET AL. (1973) Use of aerial photographs for early detection of bark beetle infestations of spruce. Ambio 2(3): 77-83

BÁRTA ET AL. (2022) Comparison of field survey and remote sensing techniques for detection of bark beetle-infested trees. Forest Ecology and Management 506, 119984

HELLER ET AL. (1959) An evaluation of aerial photography for detecting Southern pine beetle damage. Photogrammetric Engineering 25: 595-606

HELLER ET AL. (1969) The use of multispectral sensing techniques to detect ponderosa pine trees under stress from insects or diseases. US Forest Service, Annual report, 59 S.