



**BFW**

BUNDES  
FORSCHUNGS  
ZENTRUM  
FÜR WALD

**Interreg**



Co-funded by  
the European Union

**Alpine Space**

MOSAIC



Waldfonds  
Republik Österreich

Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Land- und Forstwirtschaft, Regionen  
und Wasserwirtschaft

# Chancen im Schutzwald - drohnenbasierte Informationen und Werkzeuge

Michaela Teich, Leon Bührle und Marc Adams

BFW Praxistag 2026 – Klimafitter Wald: Chancen der Digitalisierung

Innsbruck, 28.01.2026

# Schutzwälder stehen unter Druck



Wie können Informationen:

- zeitnah
  - mit hoher räumlicher Auflösung
  - systematisch
  - flächendeckend
- ...generiert werden?

Zwei Beispiele:

- Vor der Störung
- Nach der Störung

# Vor der Störung

## Typische Schutzwaldbestände:

- Gelände: Steil, teilweise felsdurchsetzt
- Zugänglichkeit: Eingeschränkt bis unmöglich und (zu) gefährlich
- Lage: Gebietsgröße und Höhen-erstreckung oft herausfordernd

## Erhebung von Waldstrukturmerkmalen:

➤ Fernerkundung?



# Fernerkundung

---

- **Plattformen:** Satelliten, Flugzeuge, Helikopter, Drohnen,...
- **Sensoren:** Kameras (Tageslicht, Nahinfrarot,...), Laserscanner, Radar,...

*versus*

flächendeckend | systematisch | zeitnah | mit hoher räumlicher Auflösung

*[Bild Satellit]*

*[Bild Flugzeug]*



## Vorteile:

- Kartierung schwer zugänglicher Bereiche
- (Zeitliche und räumliche) Flexibilität und Wiederholbarkeit
- Kosteneffizienz
- Hochauflösende und präzise Datenerfassung

*[Bilder verschiedener  
Drohnen]*

## Herausforderungen:

- Begrenzte Flugzeit und Reichweite
- Wetterabhängigkeit
- Rechtliche Einschränkungen

# Datenerhebung im MEZG Rindbach



## Eckdaten Untersuchungsgebiet:

- MEZG Rindbach – Gemeinde Ebensee a.T. (OÖ)
- Größe: ca. 109 ha
- Höhenerstreckung: ca. 1.000 hm
- Durchschnittliche Neigung: ca. 35°
- Exposition: Nord / Nord-Ost
- Einschränkungen durch Jagd

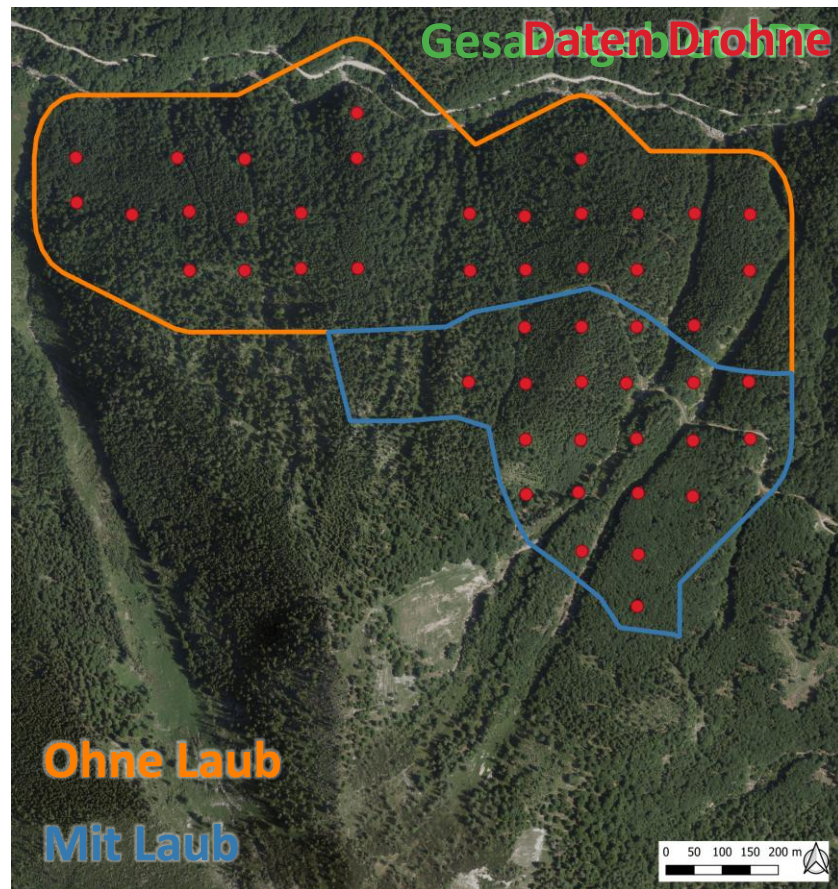


# Datenerhebung Rindbach

## Datenaufnahmen:

- Terrestrisch:
  - Zeitraum: Mai – Juli 2023
  - Bereiche  $<40^\circ$  Hangneigung
  - 66 Stichprobenpunkte (SPP)
- Drohne:
  - Zeitraum: März – Mai 2024 (mit und ohne Laub)
  - Fluggebiet: 76 ha | 48 SPP

➤ Alle Daten frei verfügbar!



# Datenerhebung Rindbach

## Oktokopter (Riegl RiCopter)

- Flugzeit: ~30 min
- Gewicht: 25 kg
- Payload: <6,5 kg



## Laser Scanner (Riegl VUX1LR<sup>22</sup>)

- Messrate: <1,5 Mio Punkte/Sek.
- Genauigkeit: 15 mm
- Reichweite: 1,800 m

*[Bild Riegl  
VUX1LR<sup>22</sup>]*

➤ **1.640 Mio. Punkte  
aufgenommen**

## Kamera (Sony Alpha 6000 )

- 24,3 MP
- APS-C Sensor
- Gewicht: 0,35 kg

*[Bild Sony  
Alpha 6000 ]*

➤ **2.211 Bilder  
aufgenommen**

# Datenauswertung

## Photogrammetrie

[Bild Sony  
Alpha 6000 ]



Serienbilder

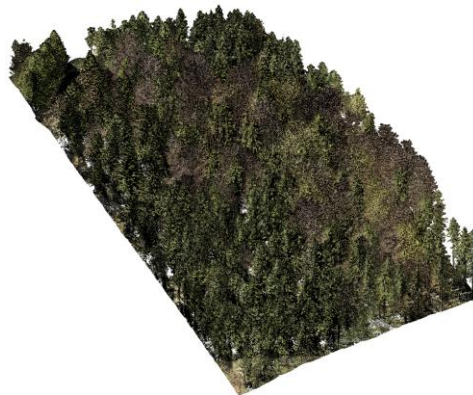


Orthophotos | Punktwolken (first return)

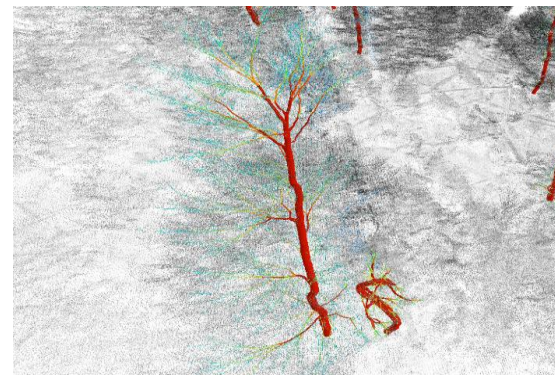


## Laserscanning

[Bild Riegl  
VUX1LR<sup>22</sup>]



Punktwolken (multiple returns)



Waldstrukturmerkmale

## Stichprobenzentren (SPZ)

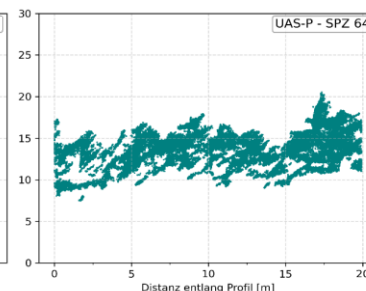
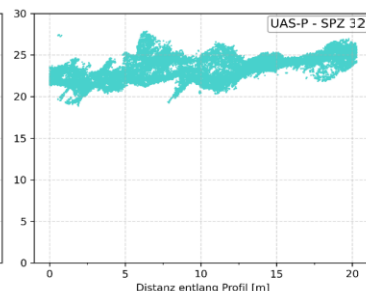
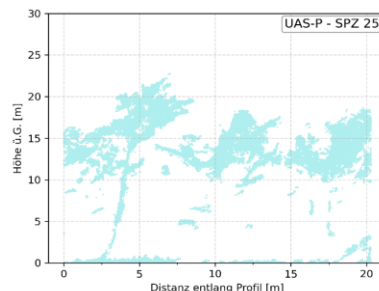
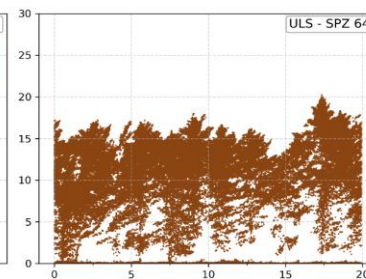
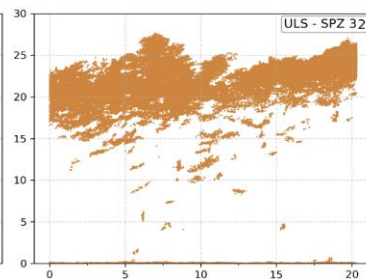
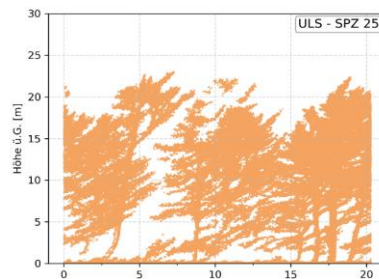
- **SPZ 25:** Buchen-dominiert | ohne Laub
- **SPZ 32:** Buchen-dominiert | mit Laub
- **SPZ 64:** Fichten-dominiert



# Ergebnisse

## Laserscanning (ULS) vs. Photogrammetrie (UAS-P)

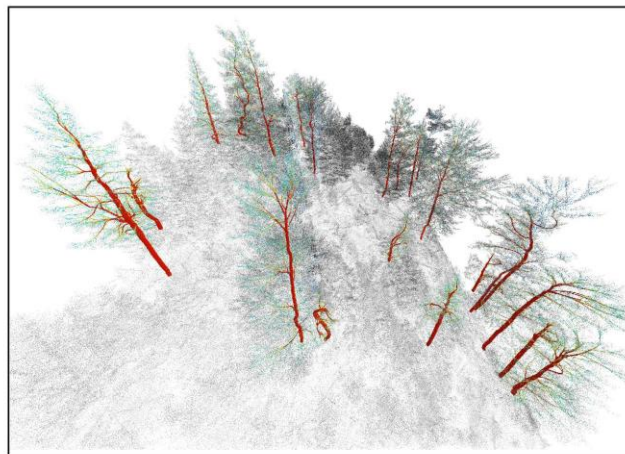
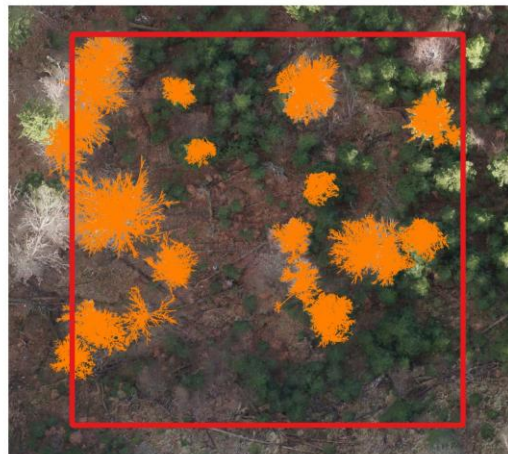
- ULS: Höhere Durchdringung
- ULS: Bessere vertikale Verteilung | Punktdichte
- ULS: Höhere Genauigkeit und Präzision
- UAS-P: Hochauflösende Bildinformation verfügbar



# Ergebnisse


## Waldstrukturmerkmale





- Ableitung aus ULS-Daten mittels unterschiedlicher Auswerteroutinen
- Exakte geometrische Abbildung der Einzelbäume
- Starke Abhängigkeit von Bestandesdichte, Baumart, Belaubung, Unterwuchs,...



SPZ Nr. 62

0 5 10 15 20 25 30 m



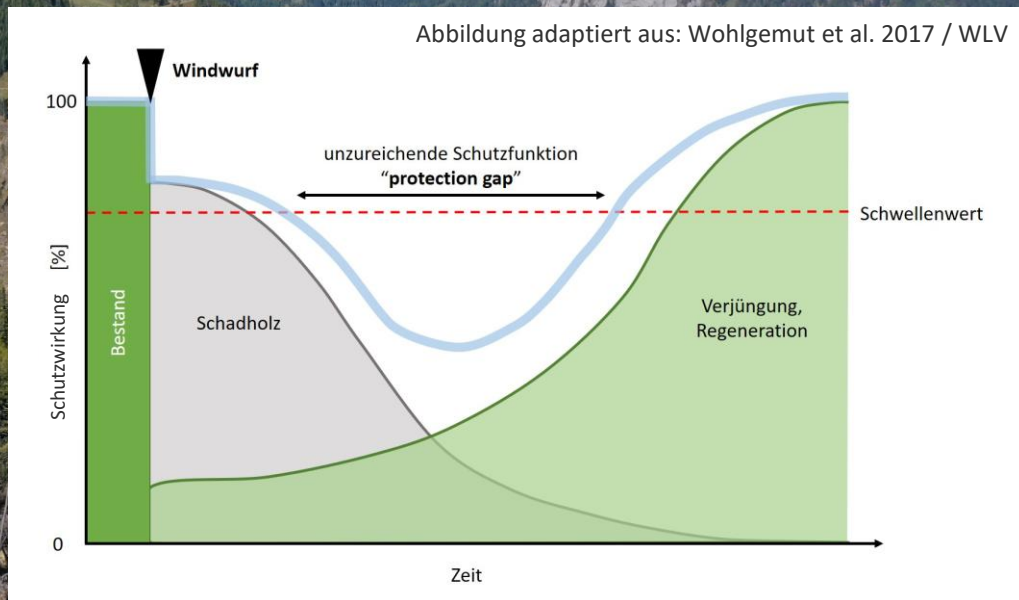
-  Grenze pilot subset
-  Baum-skeleton
-  Stammposition (bottom-up)
-  Kronenumriss (bottom-up)

## Vor der Störung - Resümee

- **Drohnen** eignen sich grundsätzlich gut zur Kartierung von Waldstrukturmerkmalen - **anspruchsvolle Datenerhebung** bei Schutzwald-Kartierung
  - **Vorteile:** zeitnahe, akkurate, kosteneffiziente Datenerhebung
  - **Einschränkungen:** Reichweite & Wetterabhängigkeit
- **Kamera-Drohnen:** sehr hochauflösende Orthophotos, aber eingeschränkte Ableitung von Waldstrukturmerkmalen
- **Laserscan-Drohnen:** Datenauswertung komplex, aber beste Möglichkeit für geometrisch akkurate Abbildung von Einzelbäumen

# Nach der Störung

Räumen  
ODER  
Totholz liegen  
lassen?



# Tool zur Bewertung der Schutzwirkung von Windwurfflächen

## Ziele des Tools:

- Objektive Auswertung
- Einfach anwendbar
- Weitgehend automatisierte
- Open-Source-Software

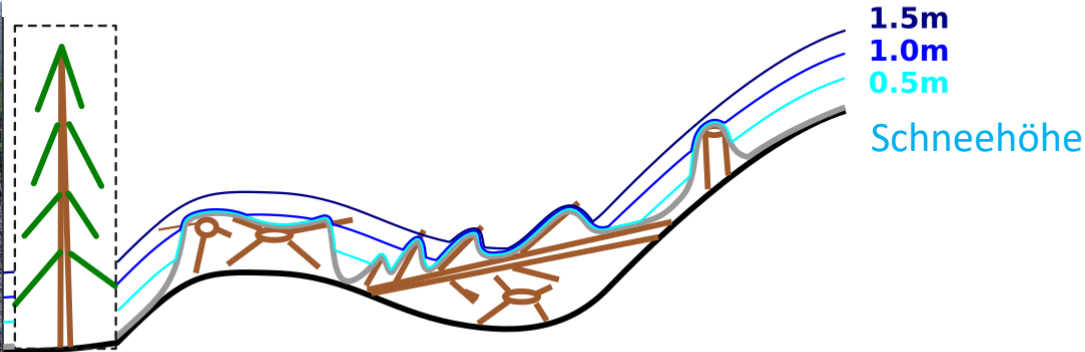
## Erforderliche Eingabedaten:

- Dichte 3D-Punktwolke (z.B. aus Drohnenbefliegung)
- Digitales Geländemodell (DGM)



Untersuchungsgebiet in „Franza“, Region Venetien, Italien

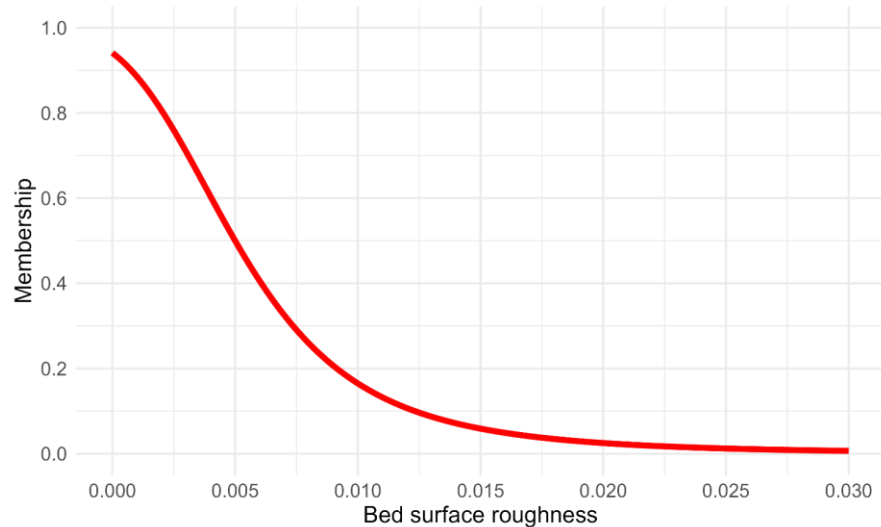
# Totholz als Rauheitselement zur Verhinderung von Lawinenanbrüchen



Schnee als  
glättender Faktor

# Parameter zur Bestimmung potenzieller Anbruchgebiete

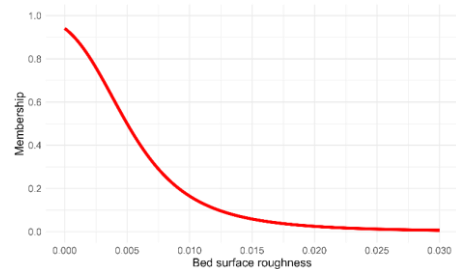
Rauigkeit des  
Wintergeländes



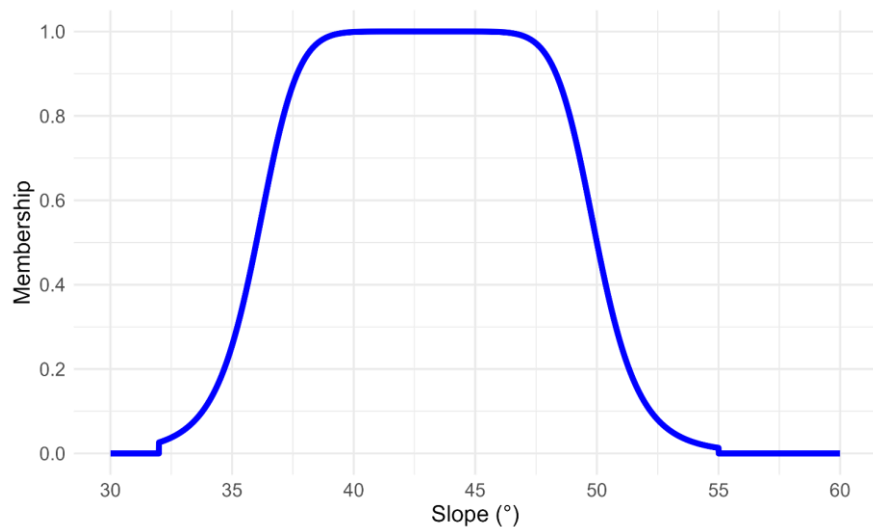
Modifiziert nach Veitinger et al. (2016)

# Parameter zur Bestimmung potenzieller Anbruchgebiete

Rauigkeit des  
Wintergeländes



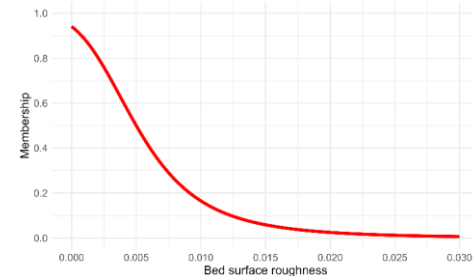
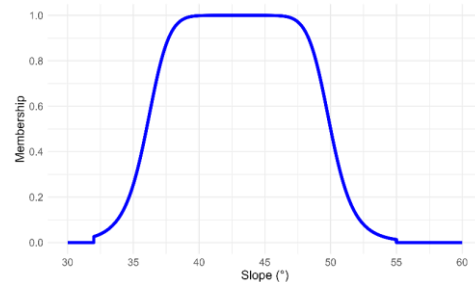
Hangneigung



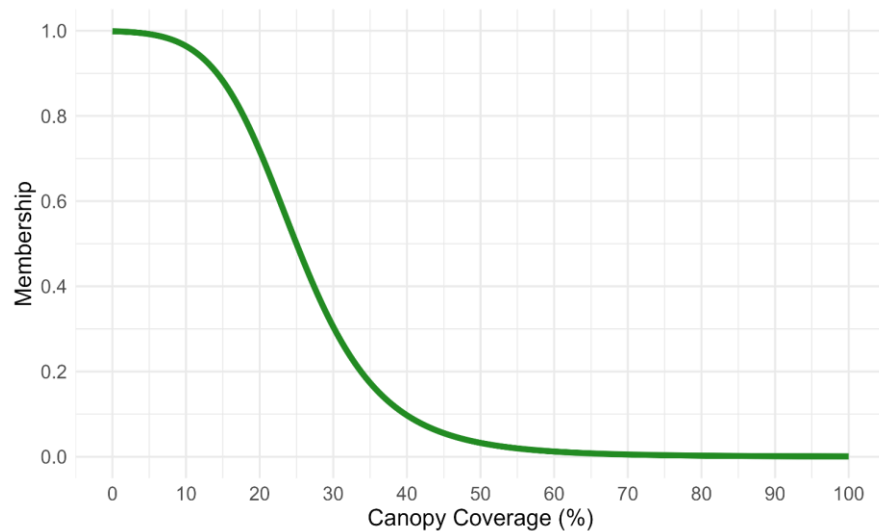
Modifiziert nach Veitinger et al. (2016)

# Parameter zur Bestimmung potenzieller Anbruchgebiete

Rauigkeit des  
Wintergeländes

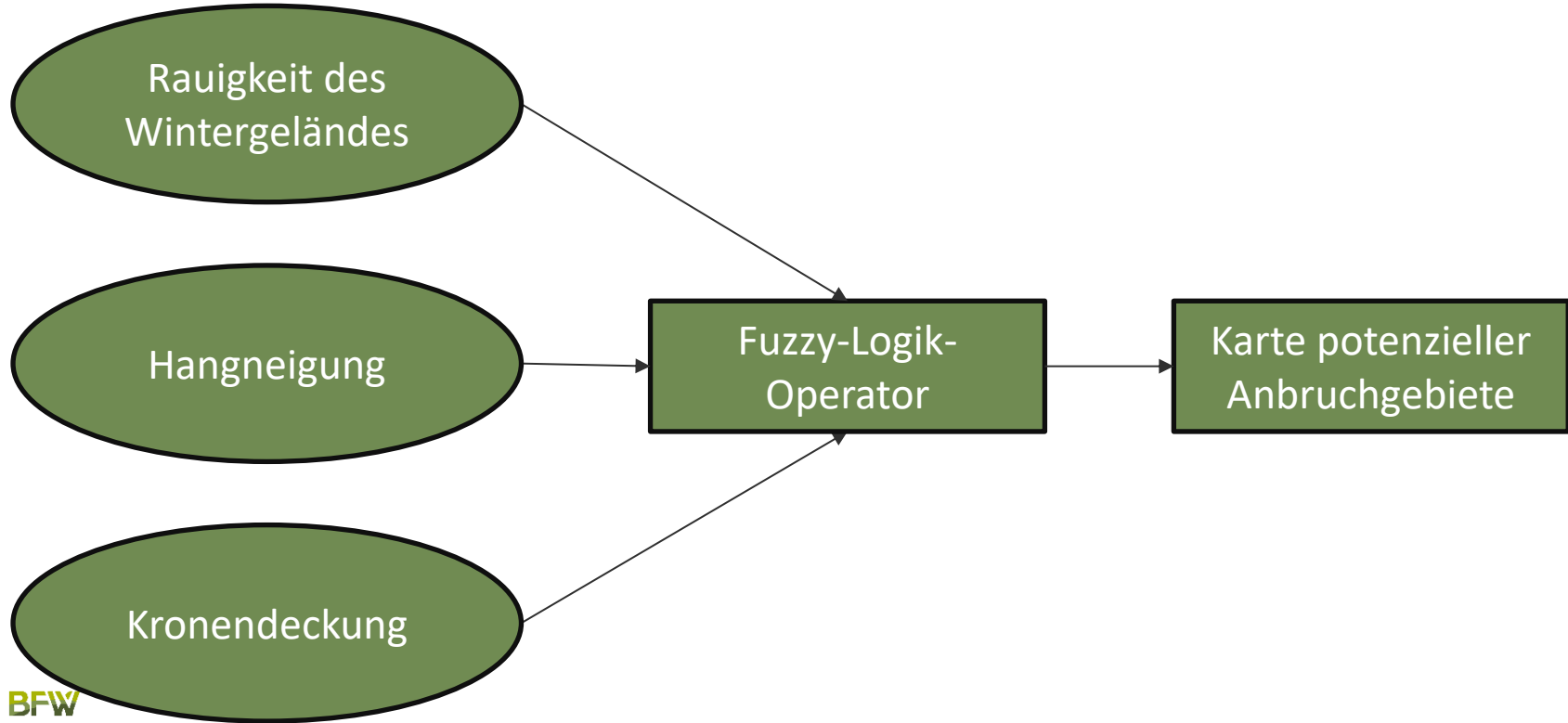


Hangneigung



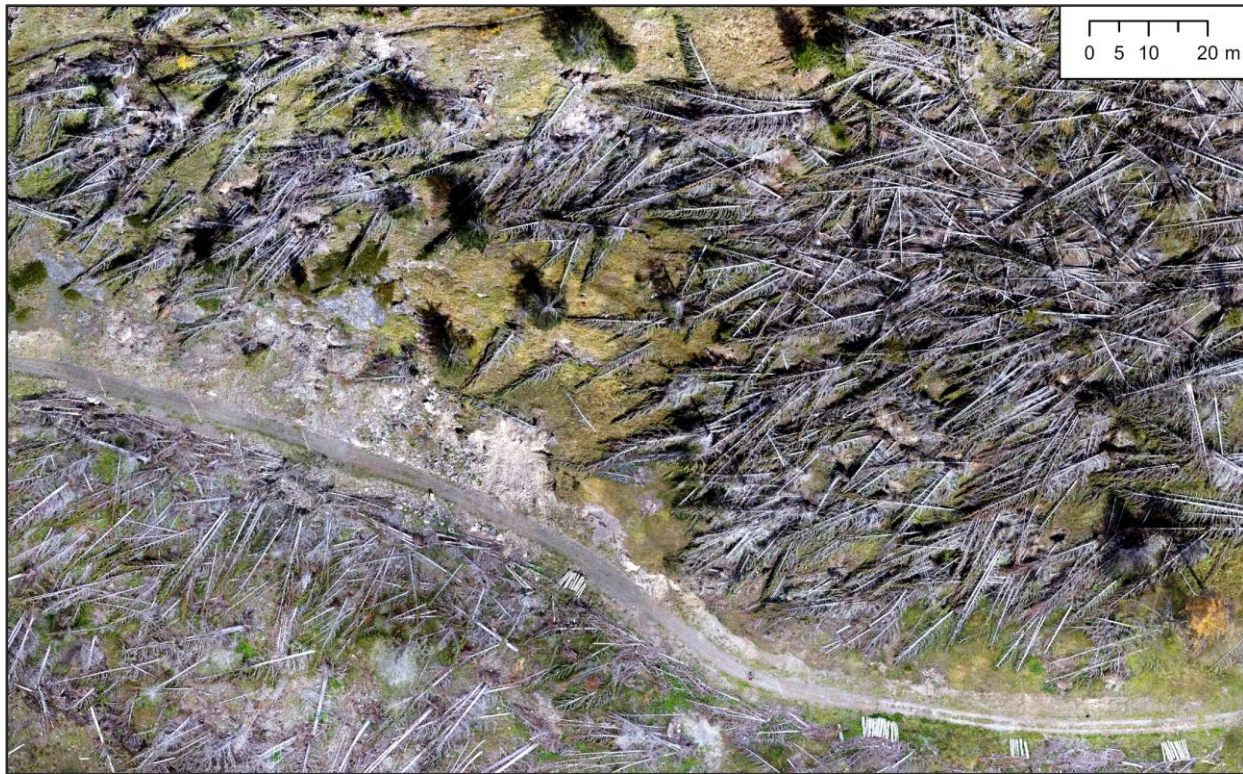
Kronendeckung

# Parameter zur Bestimmung potenzieller Anbruchgebiete

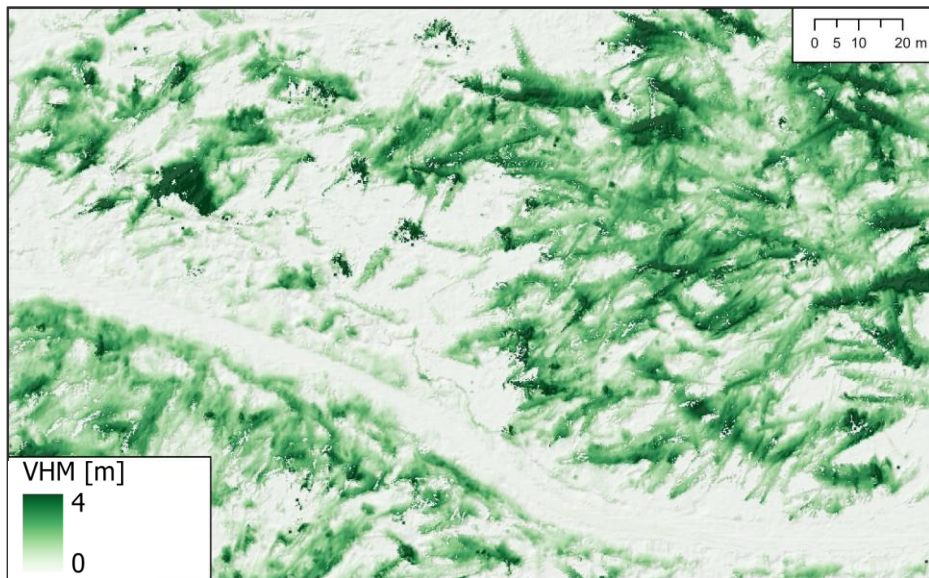


# Drohnenbefliegung

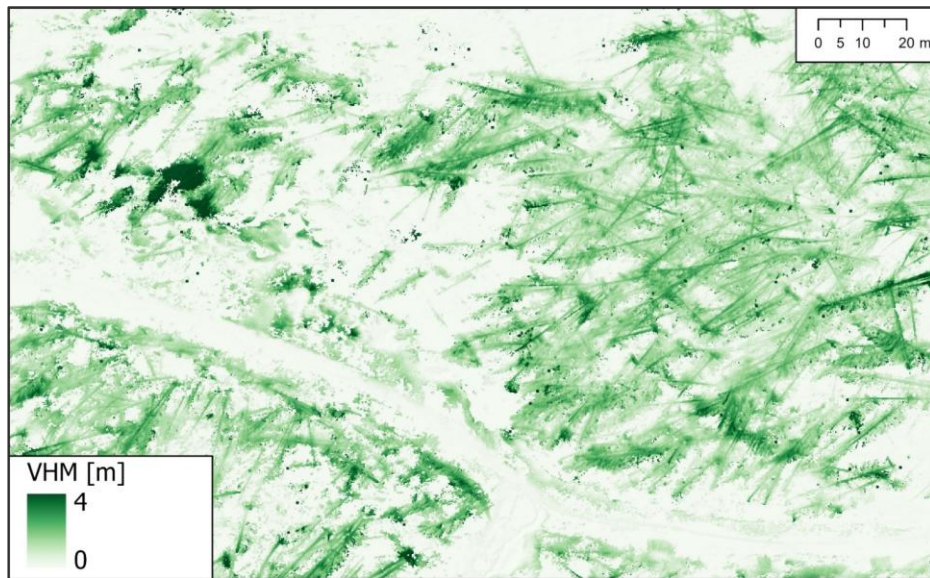
Rauigkeit des  
Wintergeländes



# Aus Drohnendaten abgeleitete Totholzstruktur



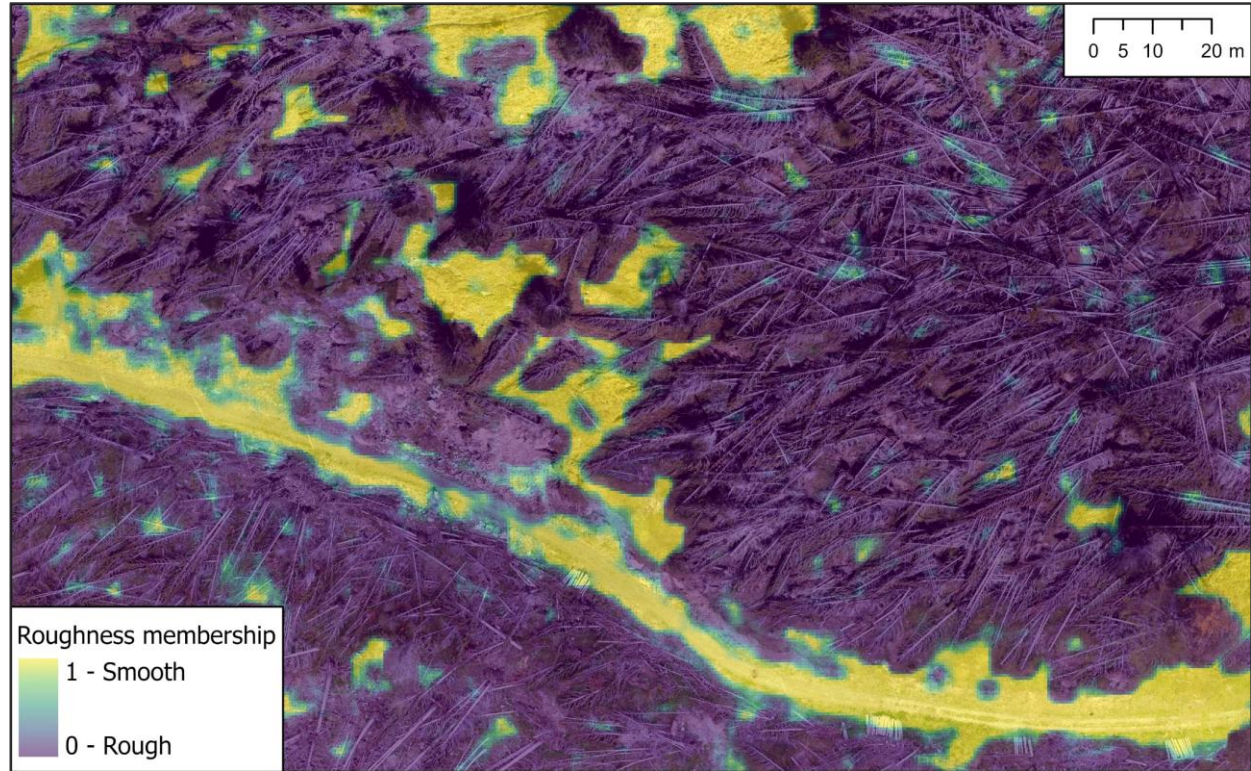
- Kostengünstige Kamera-Drohne
- Datenerhebung mittels Photogrammetrie
- Aufnahmezeitpunkt: 2019



- Laserscan-Drohne
- Erfassung hochauflösender 3D-Punktwolken
- Aufnahmezeitpunkt: 2025

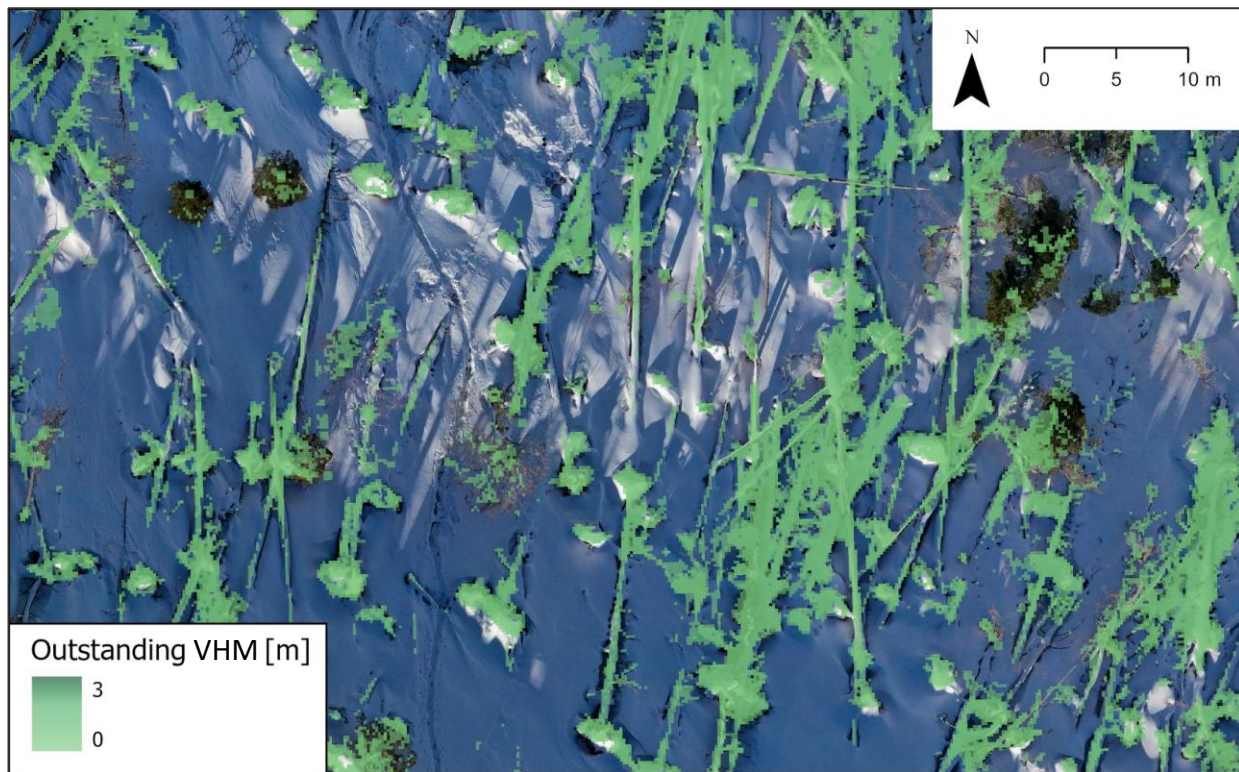
# Rauigkeits-Membership ohne Schnee

Rauigkeit des  
Wintergeländes



# Modelliertes Wintergelände im Vergleich zum Orthofoto bei 0,7 m Schnee

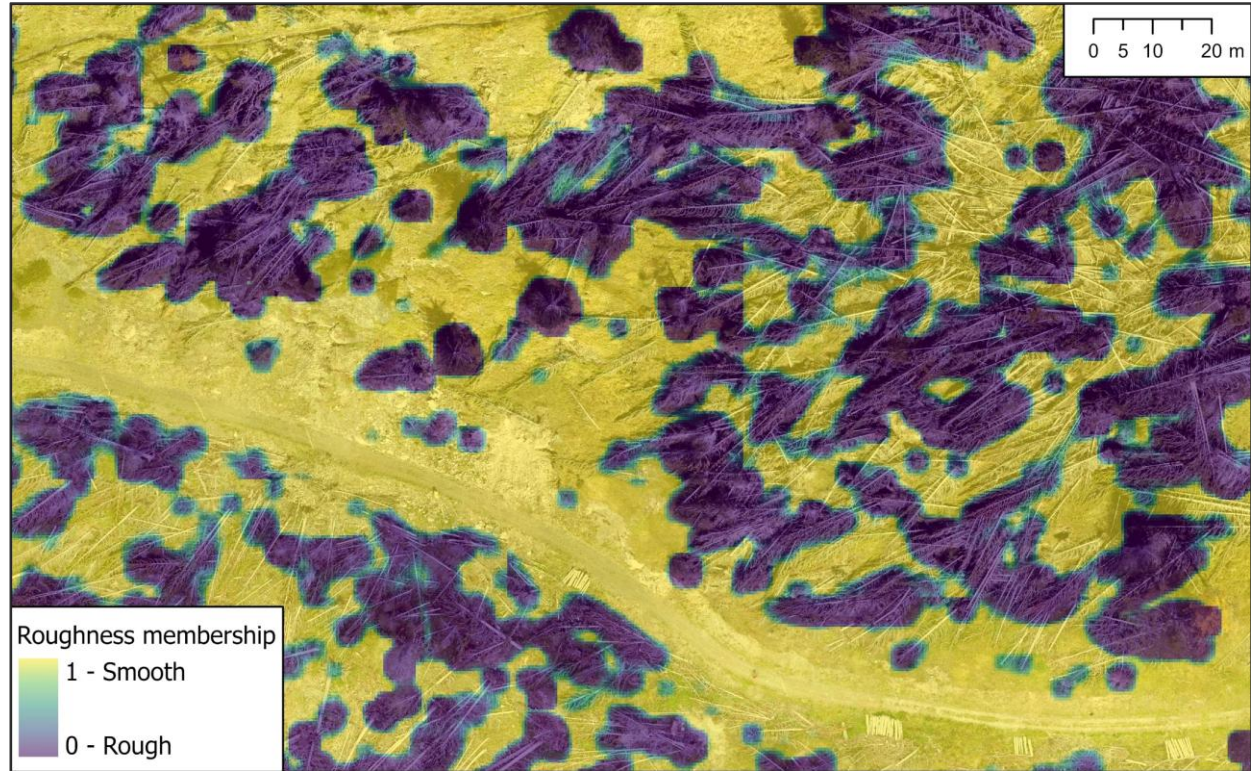
Rauigkeit des  
Wintergeländes



bei 0,7 m Schneehöhe

# Rauigkeits-Membership bei 1 m Schneehöhe

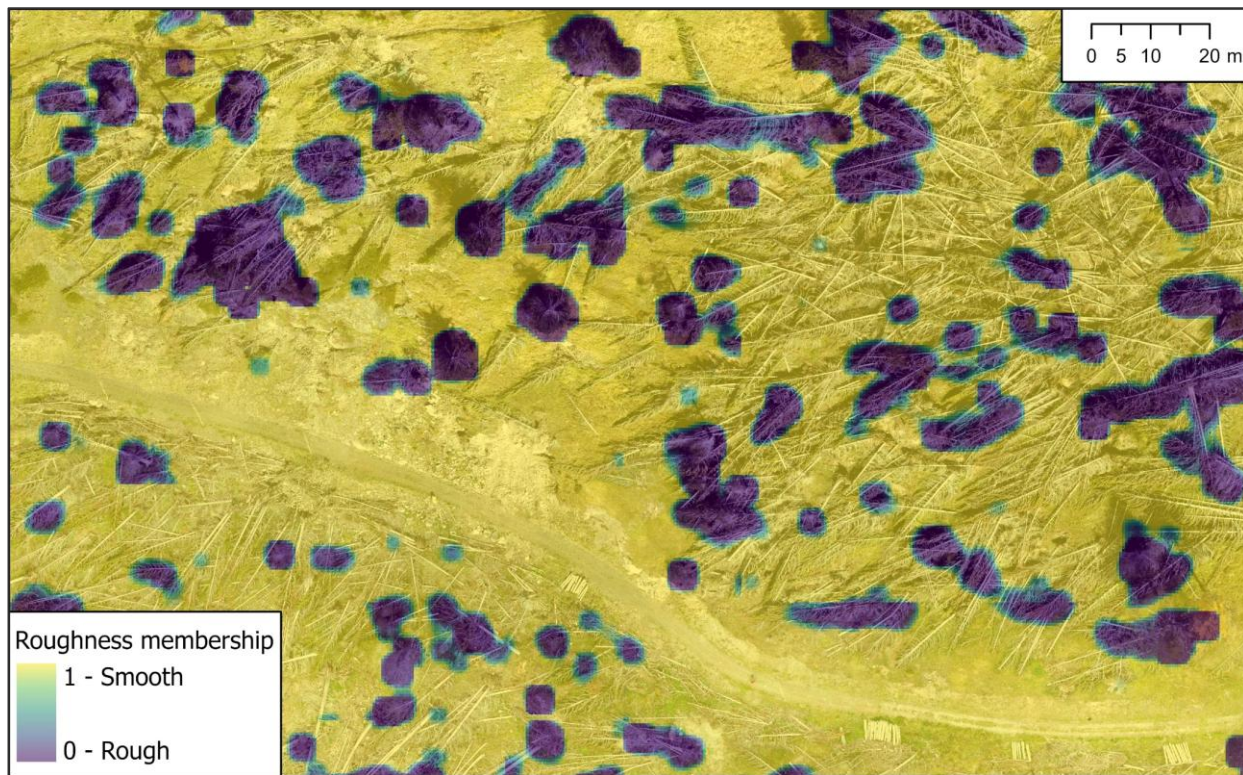
Rauigkeit des  
Wintergeländes



≈ 2-jährige Wiederkehrperiode

# Rauigkeits-Membership bei 1,5 m Schneehöhe

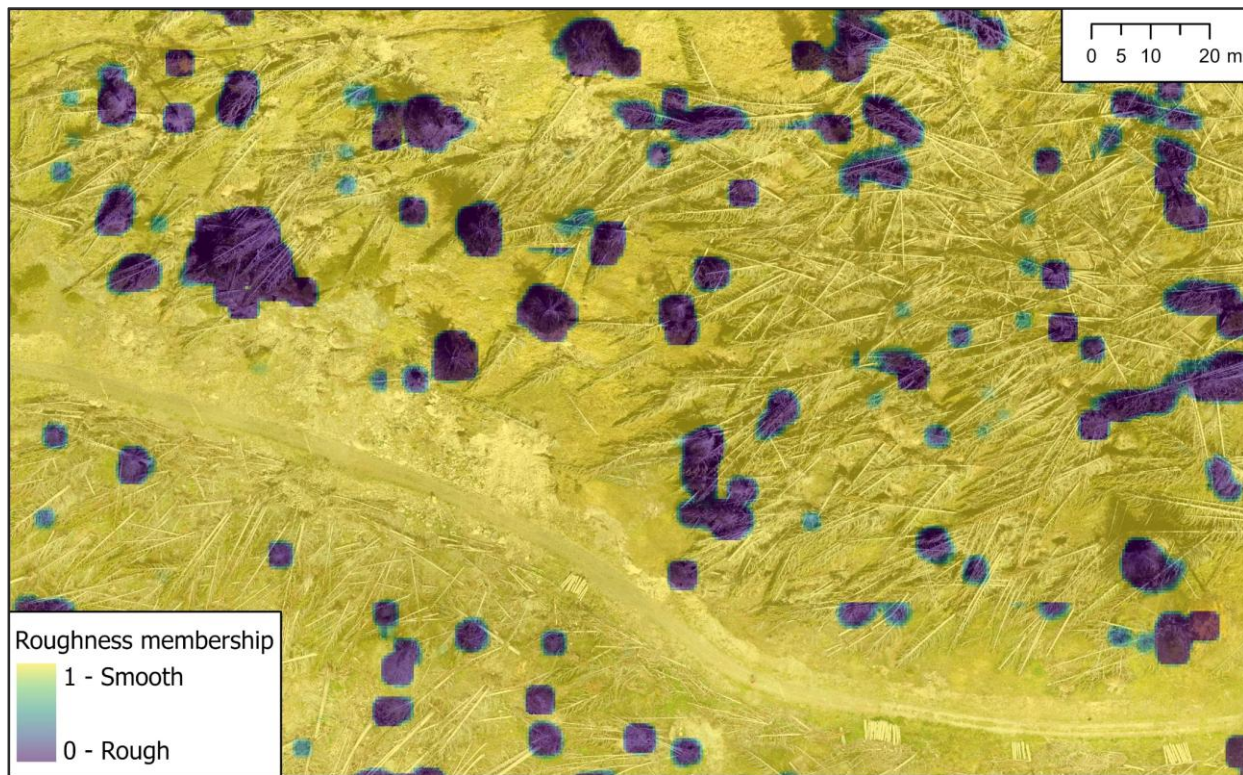
Rauigkeit des  
Wintergeländes



≈ 10-jährige Wiederkehrperiode

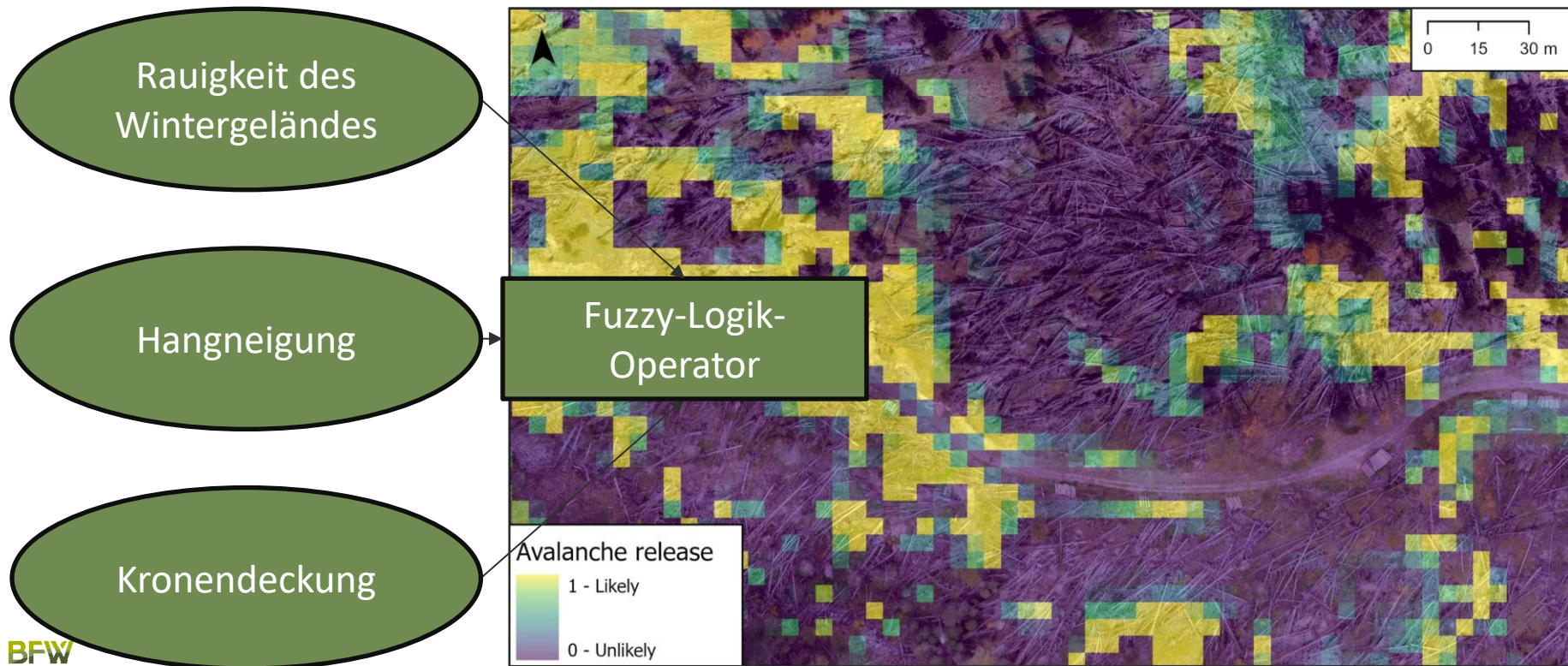
# Rauigkeits-Membership bei 2 m Schneehöhe

Rauigkeit des  
Wintergeländes



≈ 40-jährige Wiederkehrperiode

# Karte potenzieller Anbruchgebiete bei 2 m Schneehöhe



## Schlussfolgerungen

- Kostengünstige Drohnensysteme ermöglichen effiziente Schätzungen der Lawinenschutzwirkung
- Totholzstrukturen tragen zur Reduktion der Lawinenhäufigkeit bei

## Anwendungsbereiche

- Bewertung und Monitoring der Schutzwirkung windgestörter Wälder
- Priorisierung von Managementmaßnahmen nach Störungsereignissen
- Integration in ALS-Datensätze für großräumige Analysen

## Ausblick

- Anwendung auf größere Gebiete durch Kombination mit ALS-Daten
- Integration in Lawinensimulationsmodellketten
- Weiterentwicklung zu operativen Entscheidungsgrundlagen für das Schutzwaldmanagement

# Fazit: Drohnenbasierte Informationen und Werkzeuge im Schutzwald

Im Schutzwald können  
Waldstrukturmerkmale:

- Vor der Störung
- Nach der Störung

...mit Drohnen (Kamera und  
Laserscanner):

- zeitnah
  - mit hoher räumlicher Auflösung
  - systematisch
  - flächendeckend
- ...generiert werden

Und:

- Open-Source-Tools z.B. zur Schätzung der Lawinenschutzwirkung von Totholzstrukturen stehen bereit

Aber:

- oft anspruchsvolle Datenerhebung und -auswertung
- abhängig von Reichweite und Wetter
- eingeschränkte Ableitung von Waldstrukturmerkmalen

# Vielen Dank fürs Zuhören!

## Michaela Teich

Bundesforschungszentrum für Wald  
Institut für Naturgefahren

Hofburg, Rennweg 1, 6020 Innsbruck  
Tel.: +43 664 885 082 87  
michaela.teich@bfw.gv.at  
www.bfw.gv.at

## Folgen Sie uns



[www.facebook.com/BundesforschungszentrumWald](https://www.facebook.com/BundesforschungszentrumWald)



[www.instagram.com/bundesforschungszentrum\\_wald](https://www.instagram.com/bundesforschungszentrum_wald)



[www.youtube.com/waldforschung](https://www.youtube.com/waldforschung)



[www.linkedin.com/company/  
bundesforschungszentrum-wald-bfw](https://www.linkedin.com/company/bundesforschungszentrum-wald-bfw)