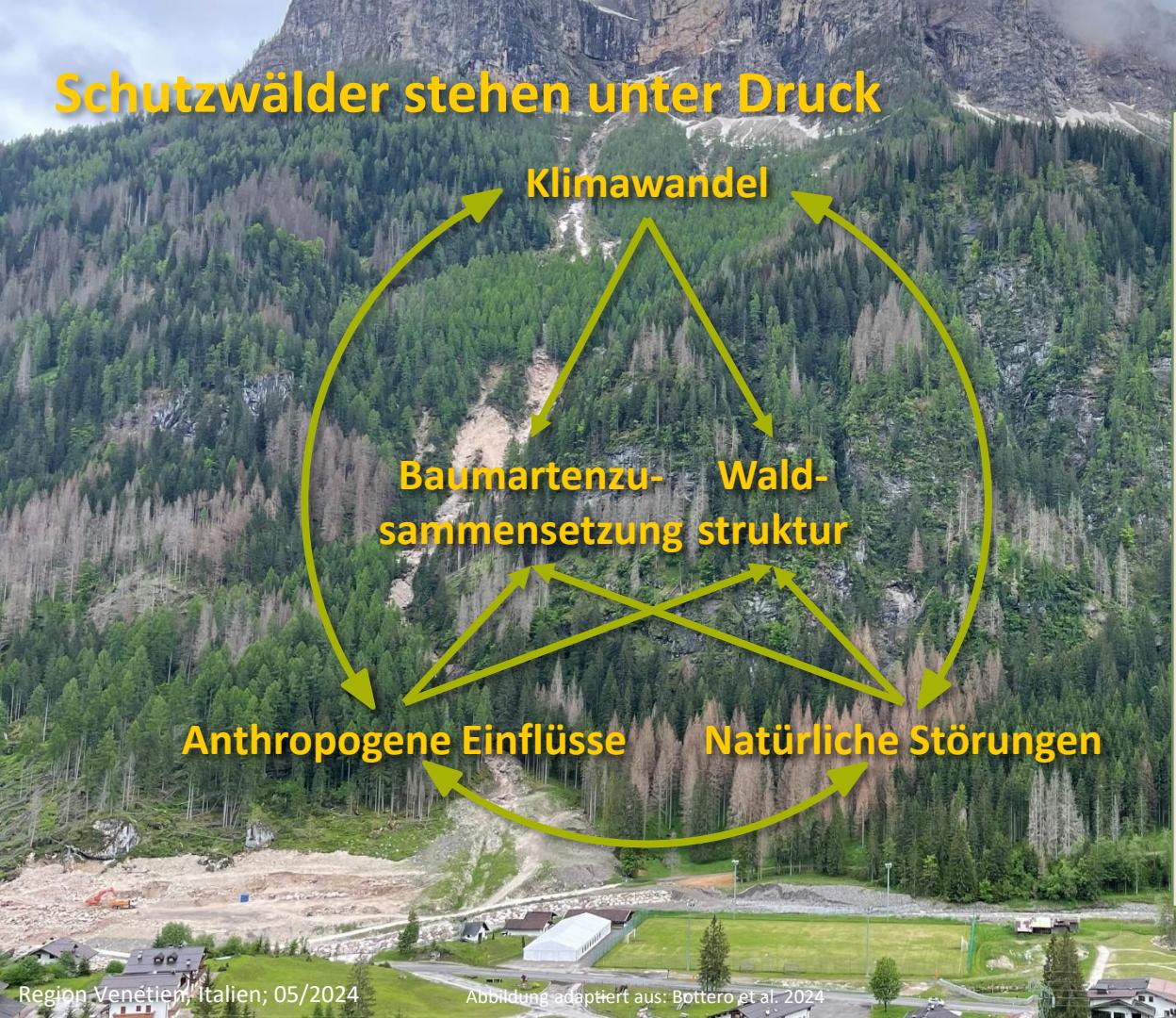




# Chancen im Schutzwald - drohnenbasierte Informationen und Werkzeuge

Michaela Teich, Leon Bührle und Marc Adams

# 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]*



# Drohnen

---

## 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:

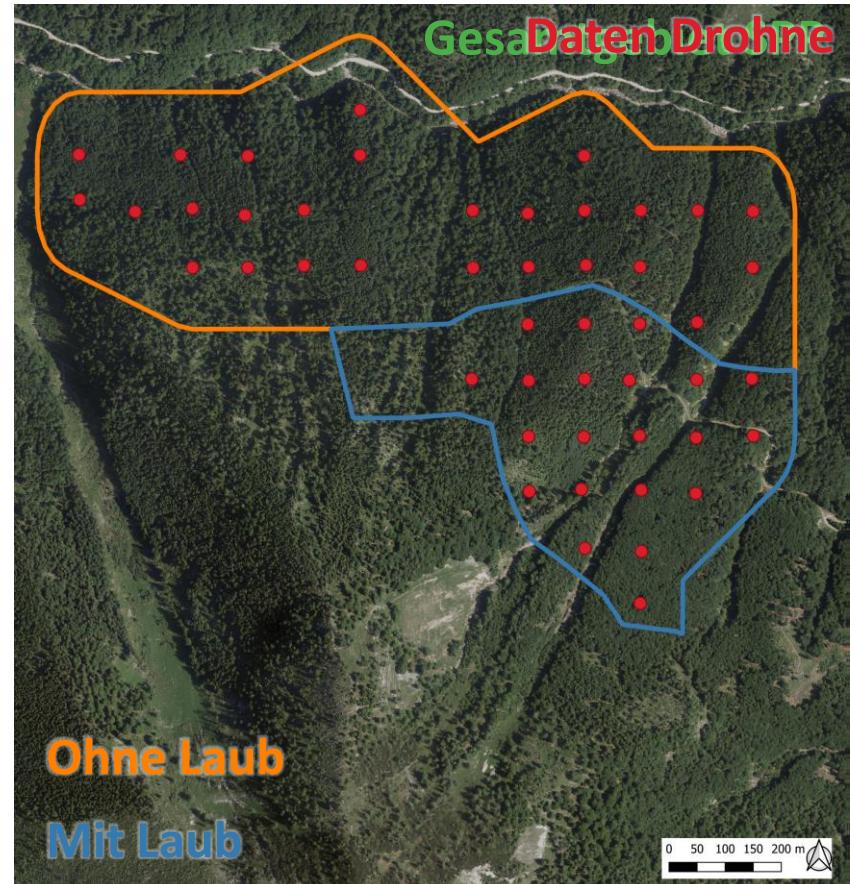
- MEZG Rindbach – Gemeinde Ebensee a.T. (OÖ)
- Größe: ca. 109 ha
- Höhenerstreckung: ca. 1.000 hm
- Durchschnittliche Neigung: ca. 35°
- Exposition: Nord / Nord-Ost
- Einschränkungen durch Jagd



# 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
- **1.640 Mio. Punkte aufgenommen**

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

## Kamera (Sony Alpha 6000 )

- 24,3 MP
  - APS-C Sensor
  - Gewicht: 0,35 kg
- **2.211 Bilder aufgenommen**

[*Bild Sony Alpha 6000* ]

# Datenauswertung

## Photogrammetrie

[Bild Sony

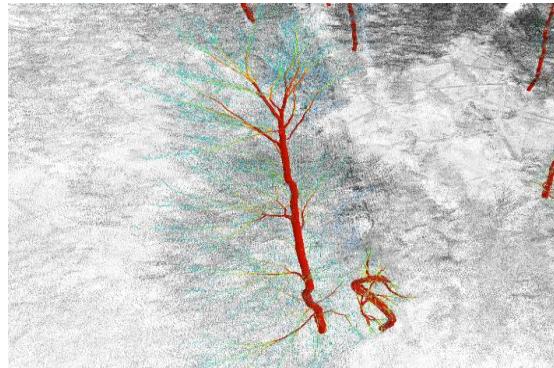
Alpha 6000 ]



## Laserscanning

[Bild Riegl

VUX1LR<sup>22</sup>]



Punktwolken (multiple returns)

Waldstrukturmerkmale

# Ergebnisse

---

## Stichprobenzentren (SPZ)

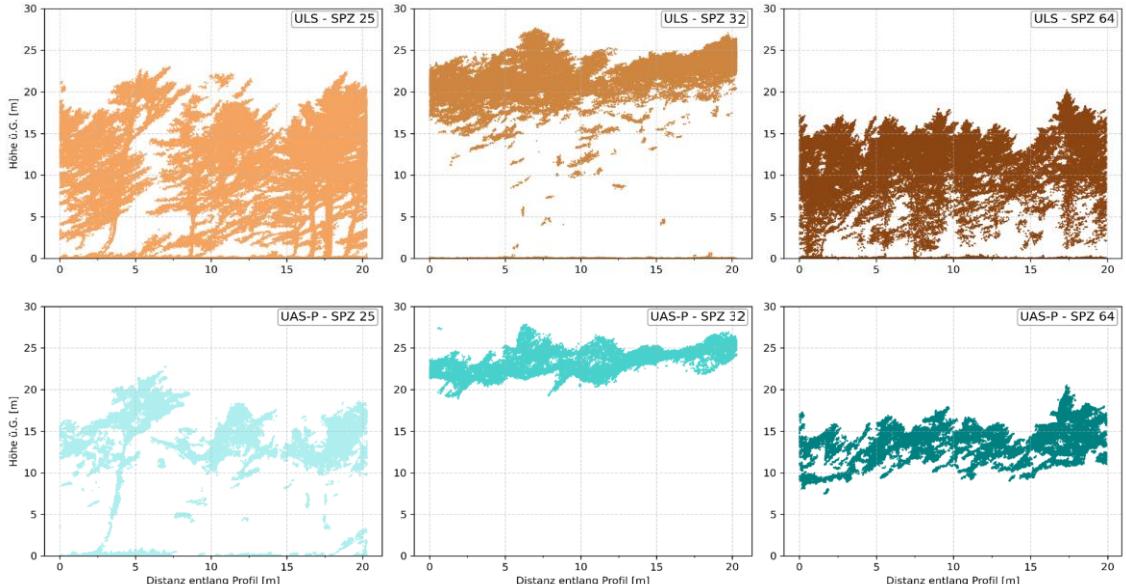
- **SPZ 25:** Buchen-  
dominiert | ohne Laub
- **SPZ 32:** Buchen-  
dominiert | mit Laub
- **SPZ 64:** Fichten-  
dominiert



# Ergebnisse

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

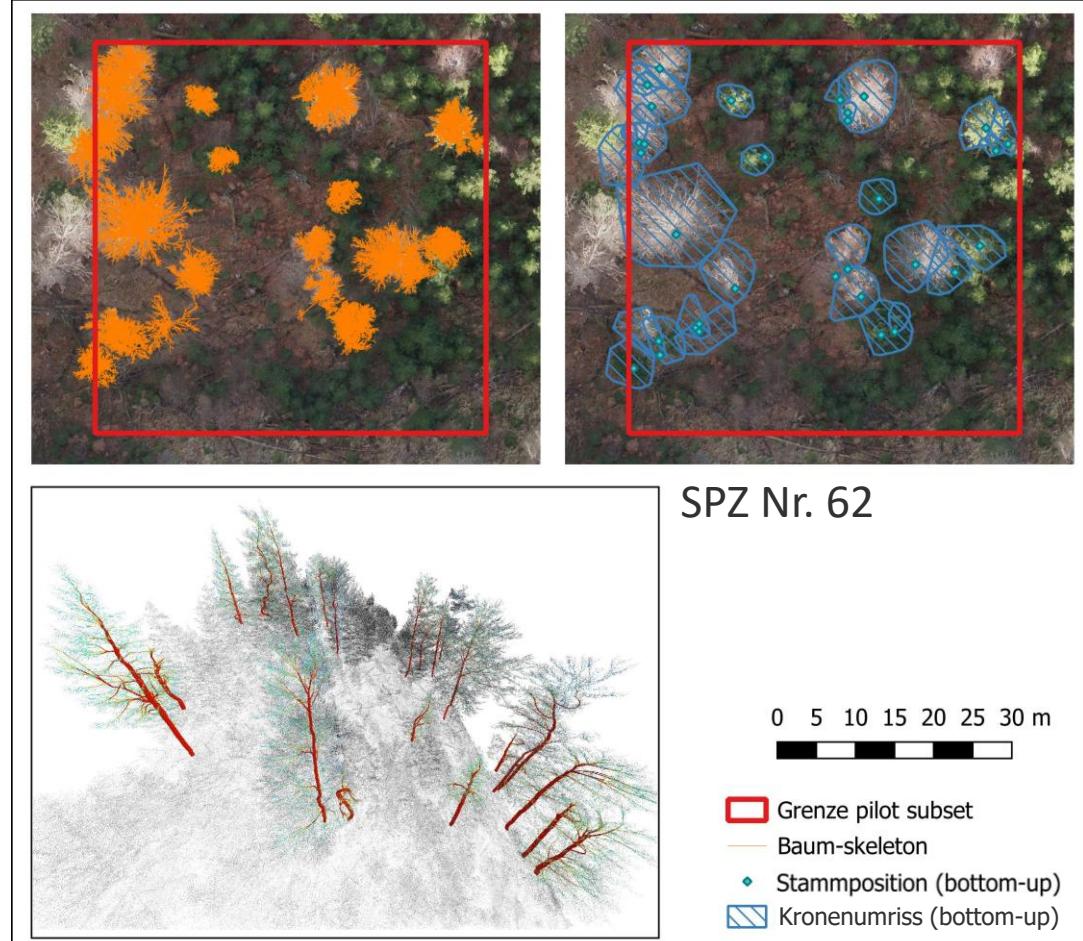
- ULS: Höhere Durchdringung
- ULS: Bessere vertikale Verteilung | Punktdichte
- ULS: Höhere Genauigkeit und Präzision
- UAS-P: Hochauflösende Bildinformation verfügbar



# Ergebnisse

## Waldstrukturmerkmale

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

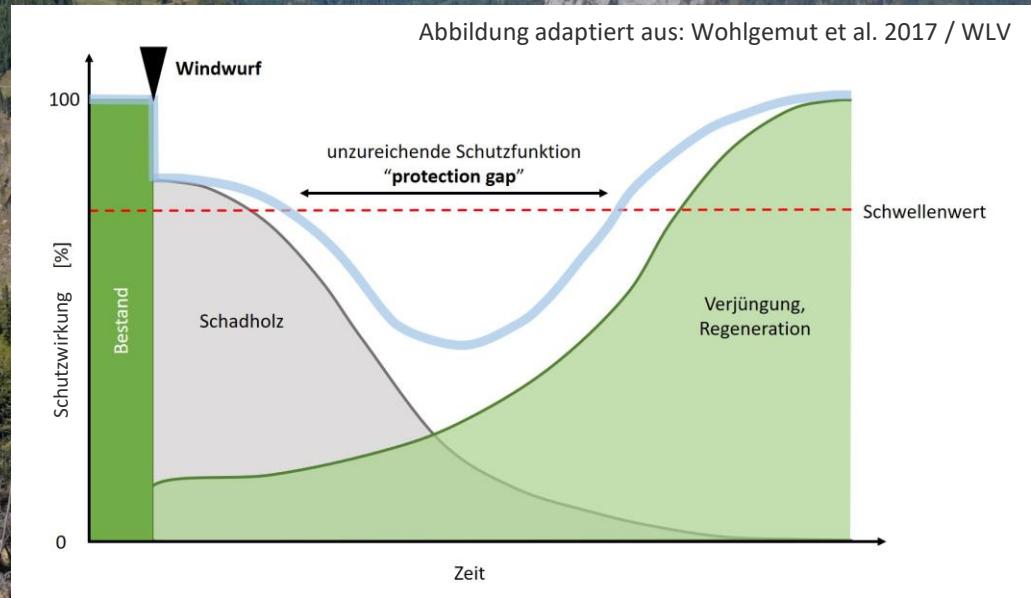
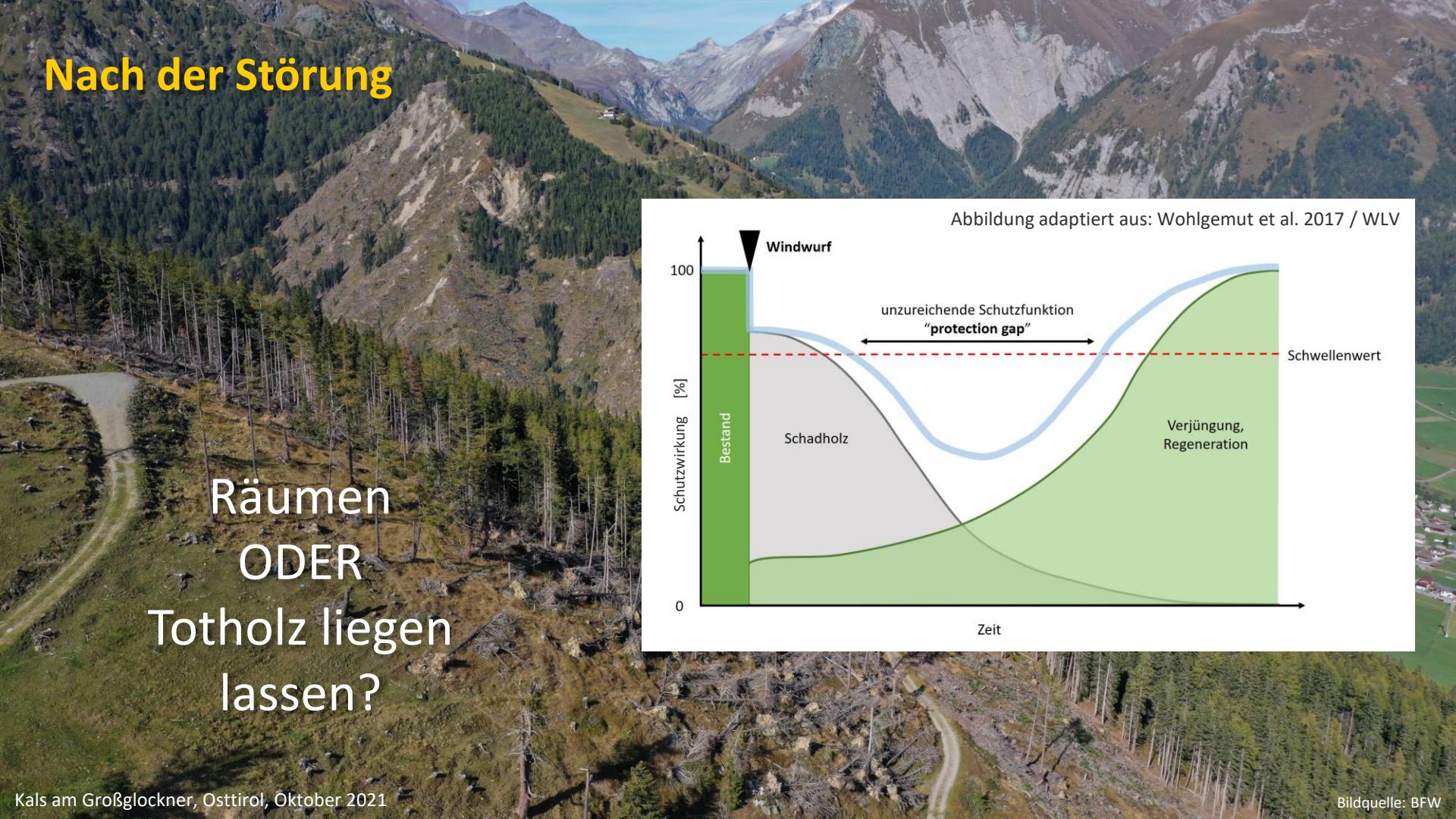


## Vor der Störung - Resümee

- **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 einschränkte 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

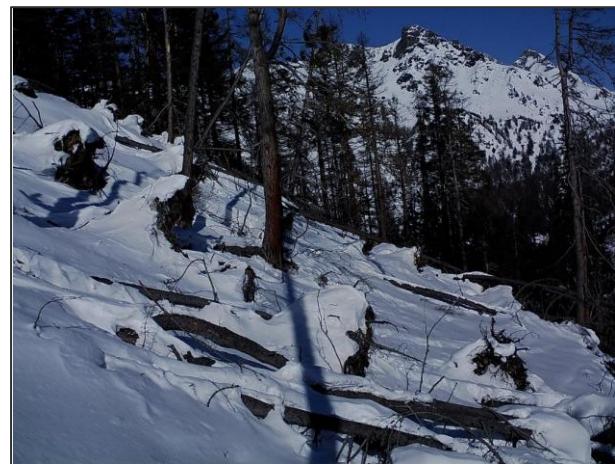
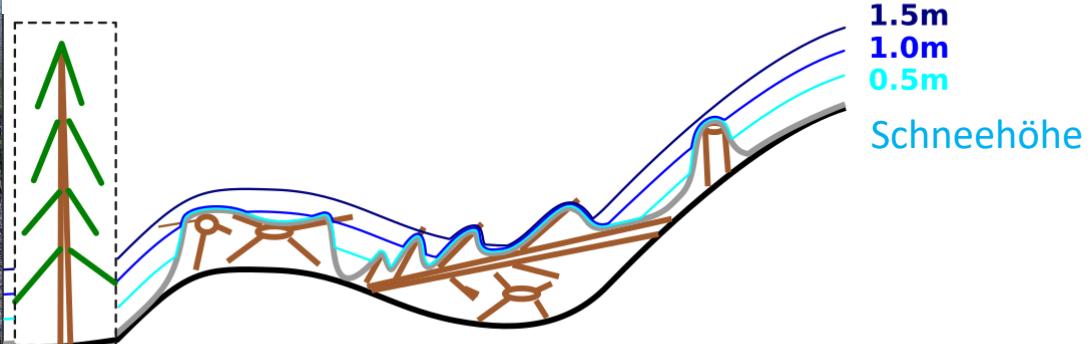
## Erforderliche Eingabedaten:

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



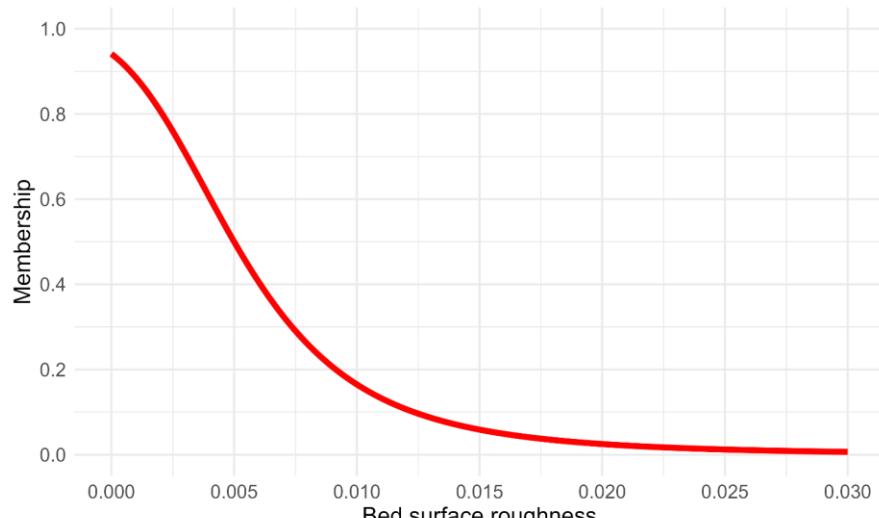
Untersuchungsgebiet in „Franza“, Region Venetien, Italien

# Totholz als Rauheitselement zur Verhinderung von Lawinenanbrüchen



Schnee als  
glättender Faktor

# Parameter zur Bestimmung potenzieller Anbruchgebiete

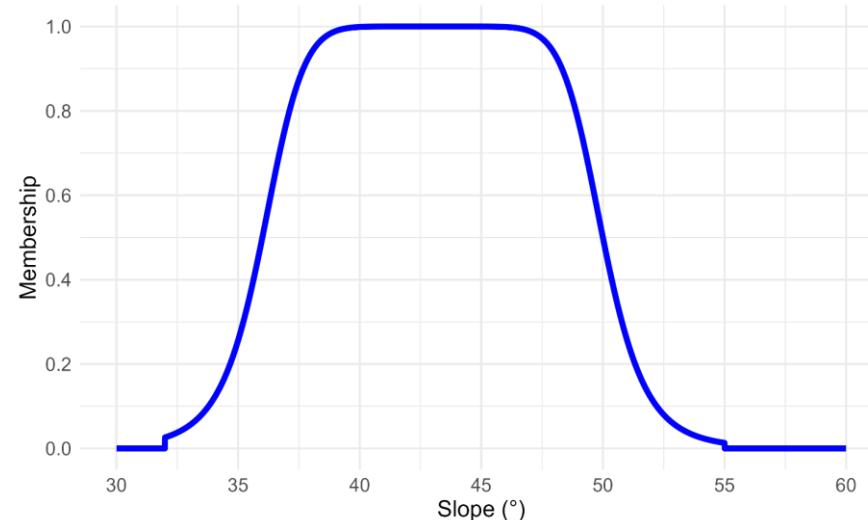
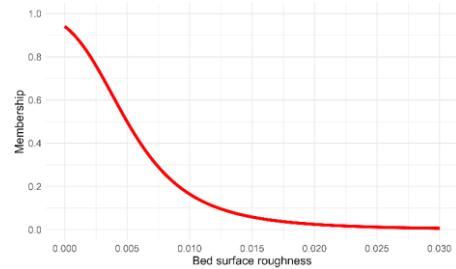


Modifiziert nach Veitinger et al. (2016)

# Parameter zur Bestimmung potenzieller Anbruchgebiete

Rauigkeit des  
Wintergeländes

Hangneigung



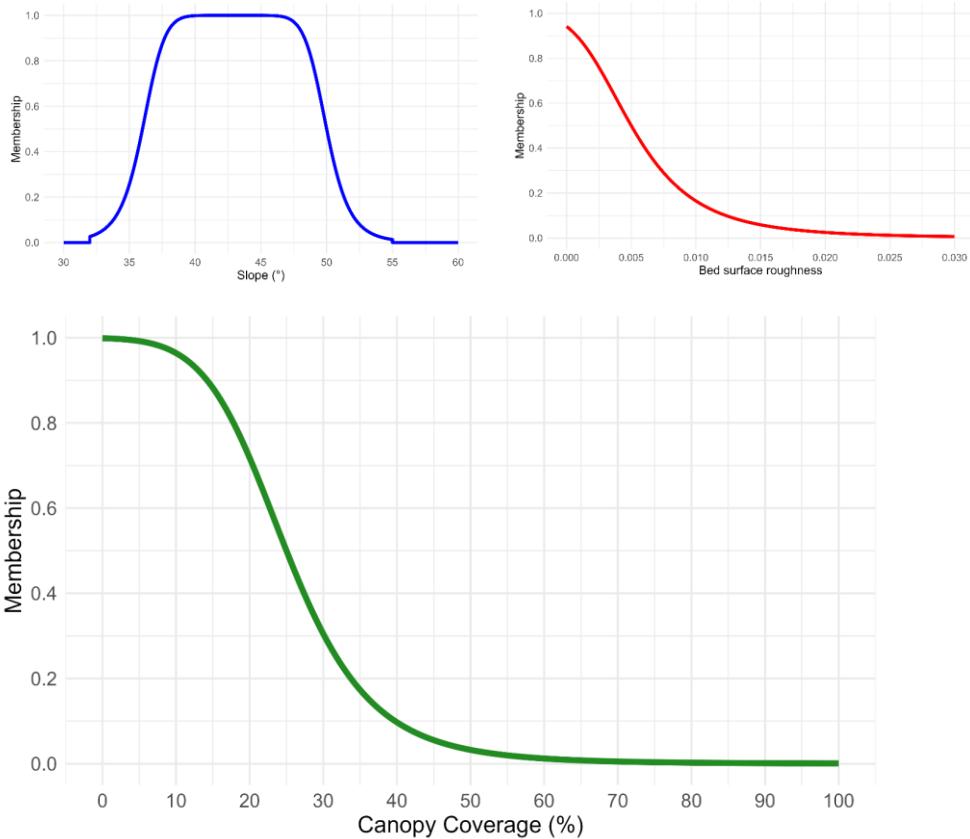
Modifiziert nach Veitinger et al. (2016)

# Parameter zur Bestimmung potenzieller Anbruchgebiete

Rauigkeit des  
Wintergeländes

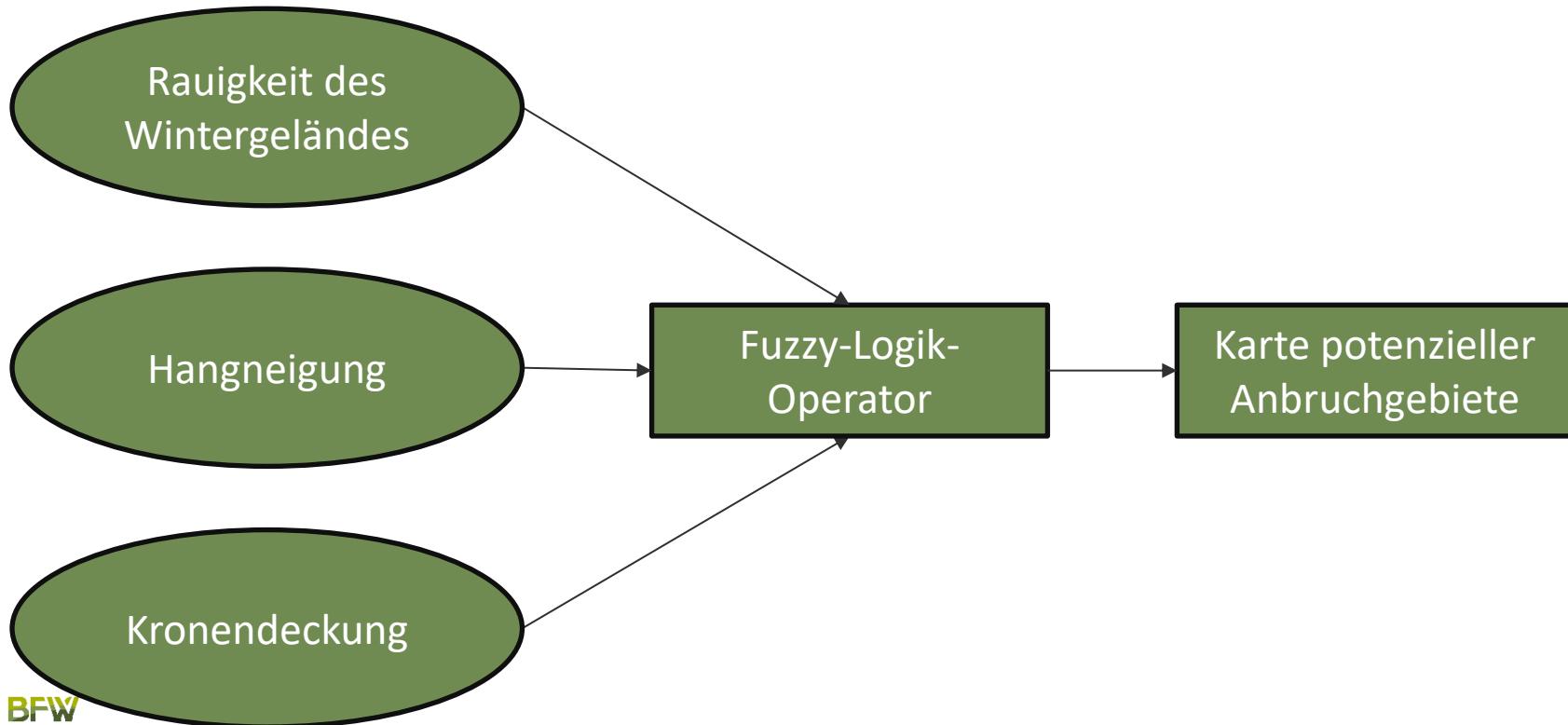
Hangneigung

Kronendeckung



Modifiziert nach Toft et al. (2024)

# Parameter zur Bestimmung potenzieller Anbruchgebiete

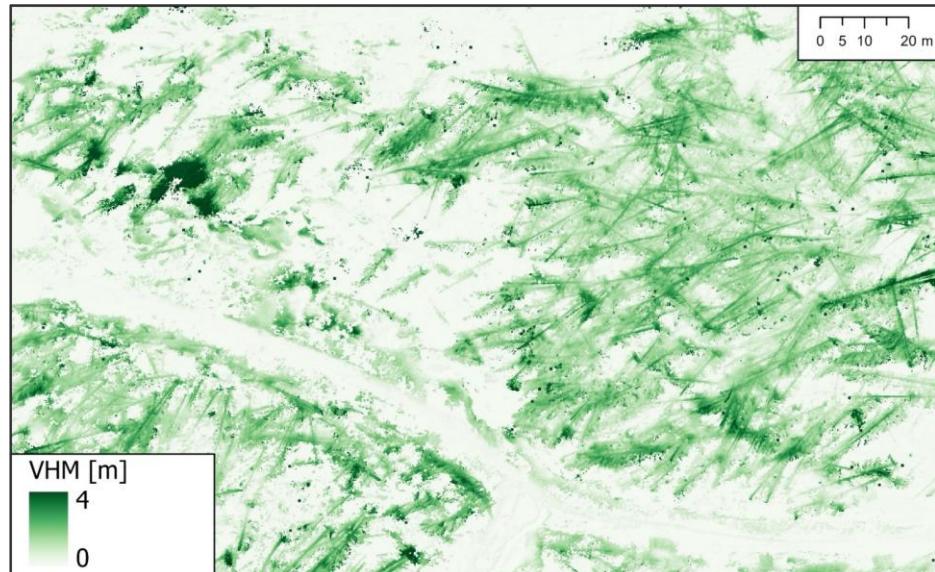
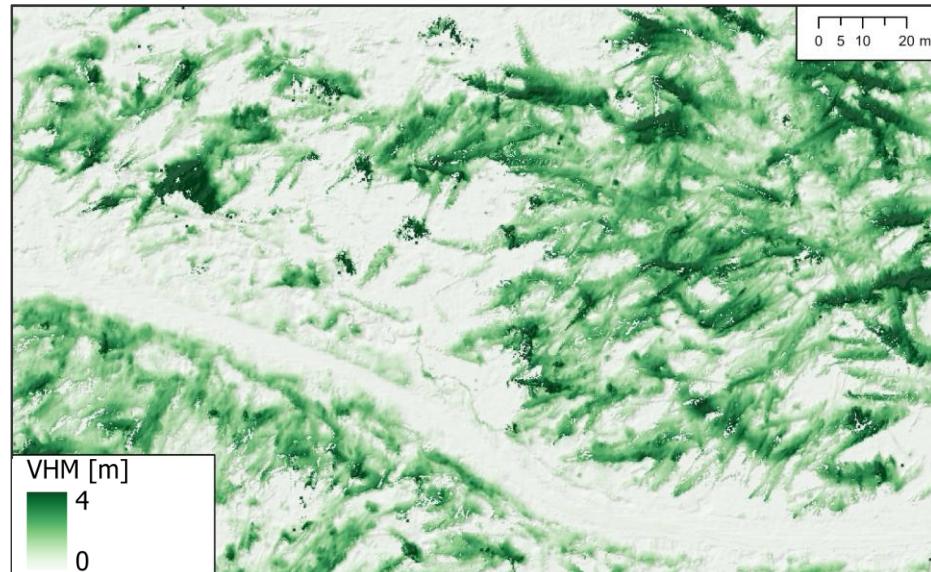


# Drohnenbefliegung

Rauigkeit des  
Wintergeländes



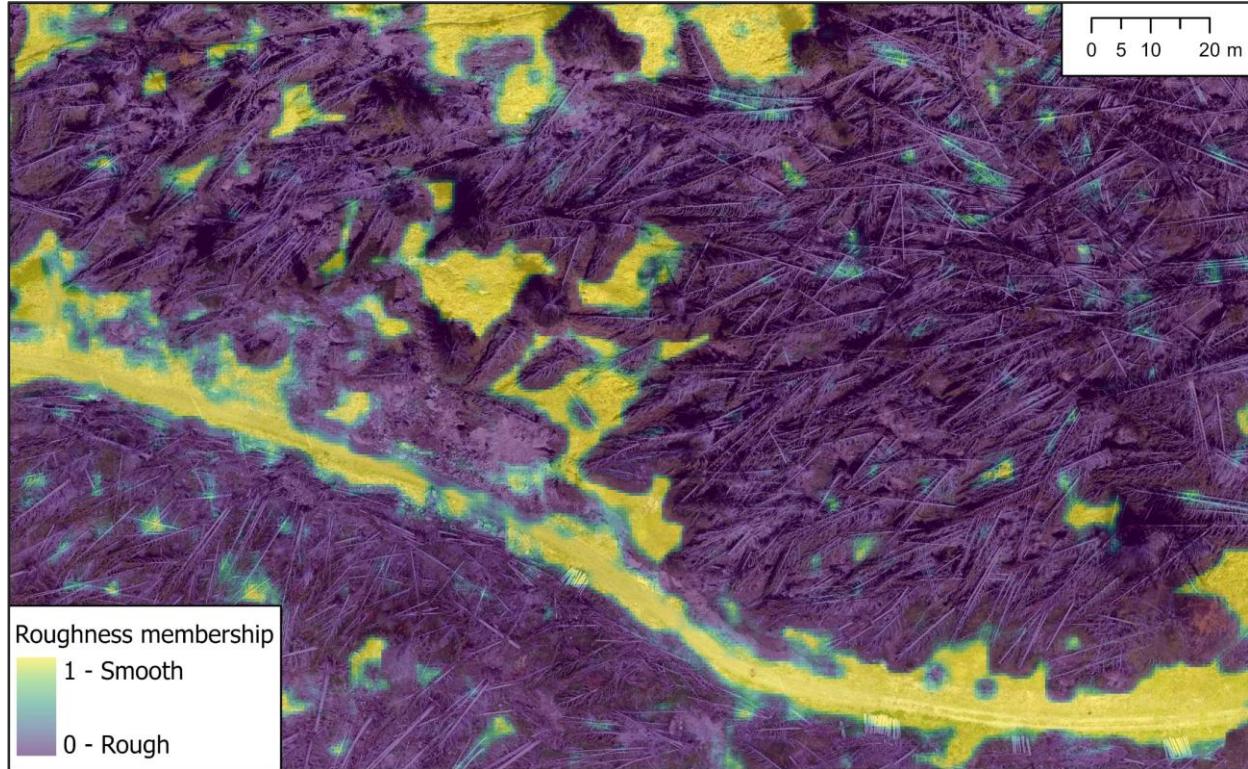
# Aus Dronendaten abgeleitete Totholzstruktur



- Kostengünstige Kamera-Drohne
- Datenerhebung mittels Photogrammetrie
- Aufnahmezeitpunkt: 2019
- Laserscan-Drohne
- Erfassung hochauflösender 3D-Punktwolken
- Aufnahmezeitpunkt: 2025

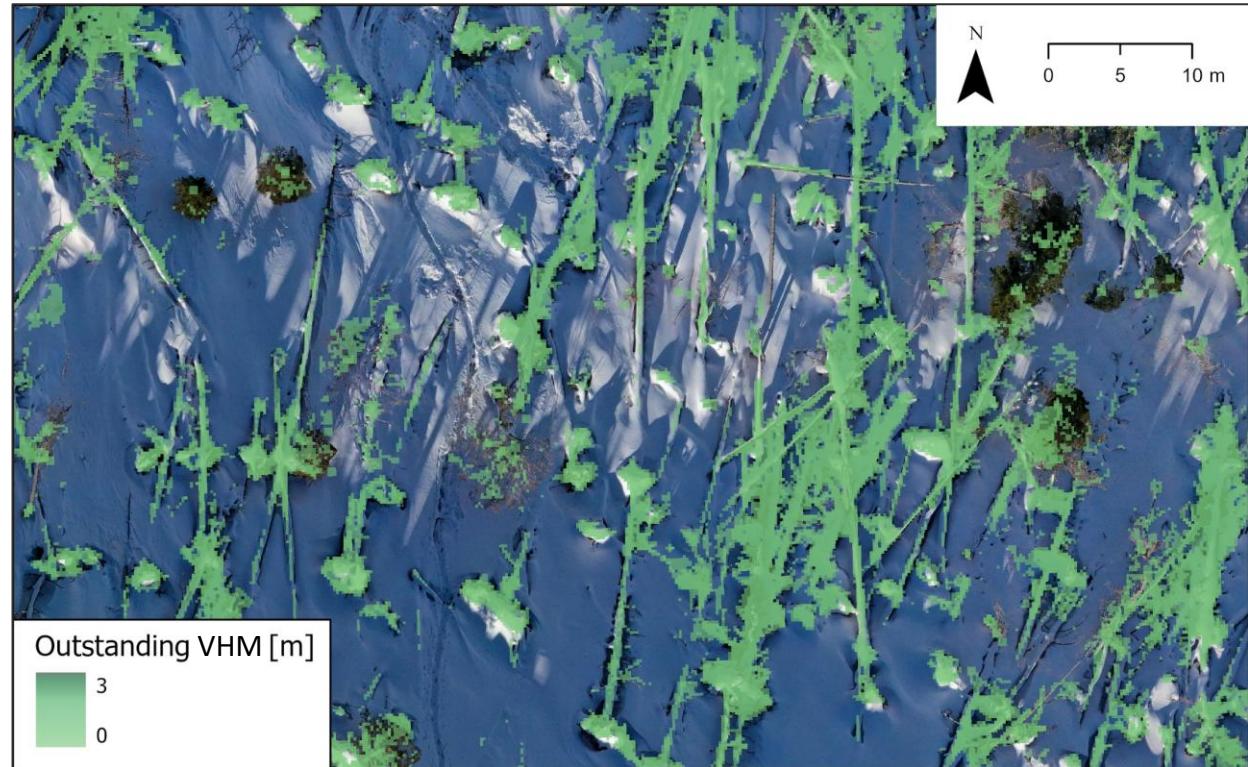
# Rauigkeits-Membership ohne Schnee

Rauigkeit des  
Wintergeländes



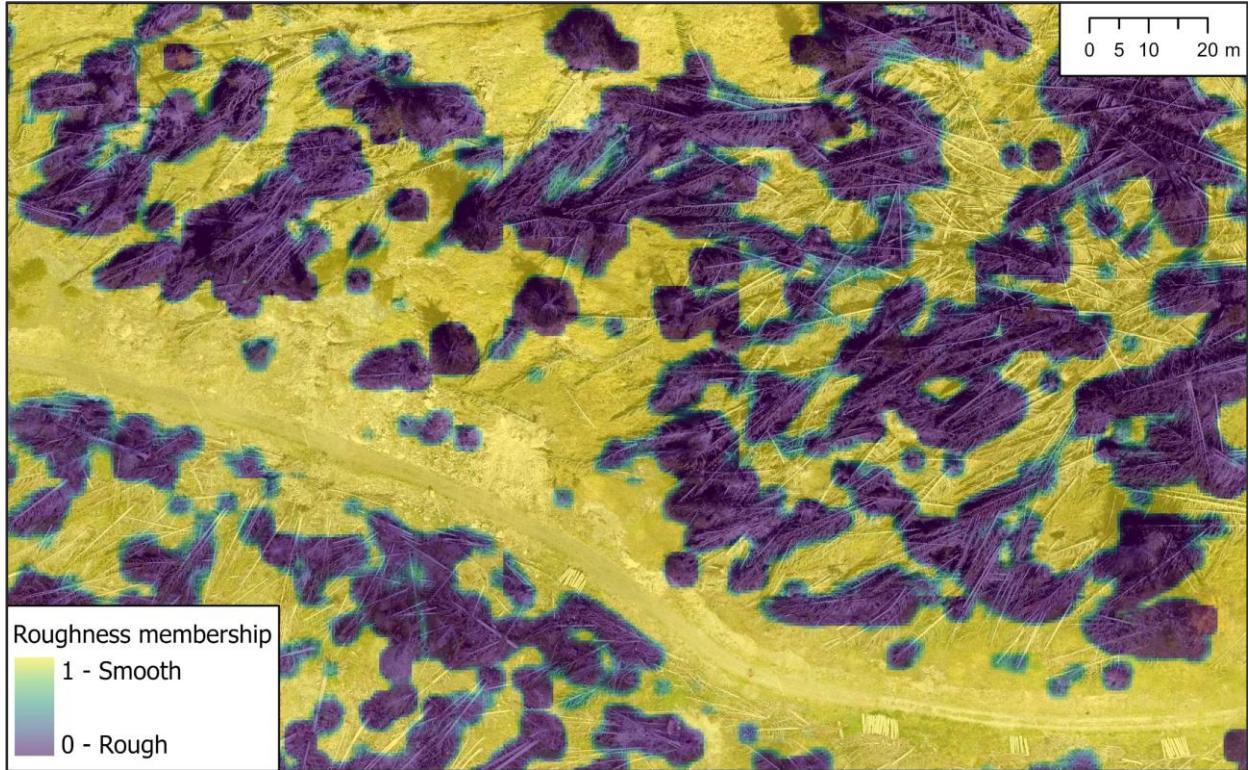
# Modelliertes Wintergelände im Vergleich zum Orthofoto bei 0,7 m Schnee

Rauigkeit des  
Wintergeländes



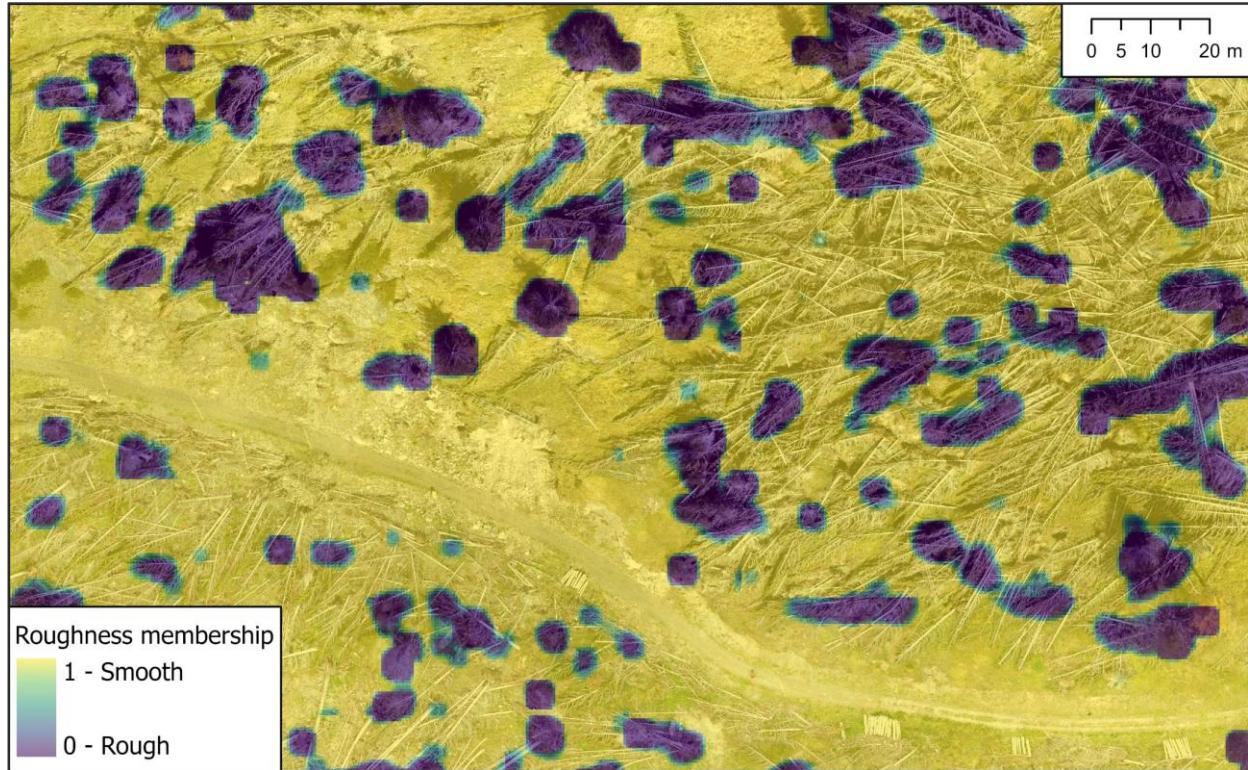
bei 0,7 m Schneehöhe

# Rauigkeits-Membership bei 1 m Schneehöhe



≈ 2-jährige Wiederkehrperiode

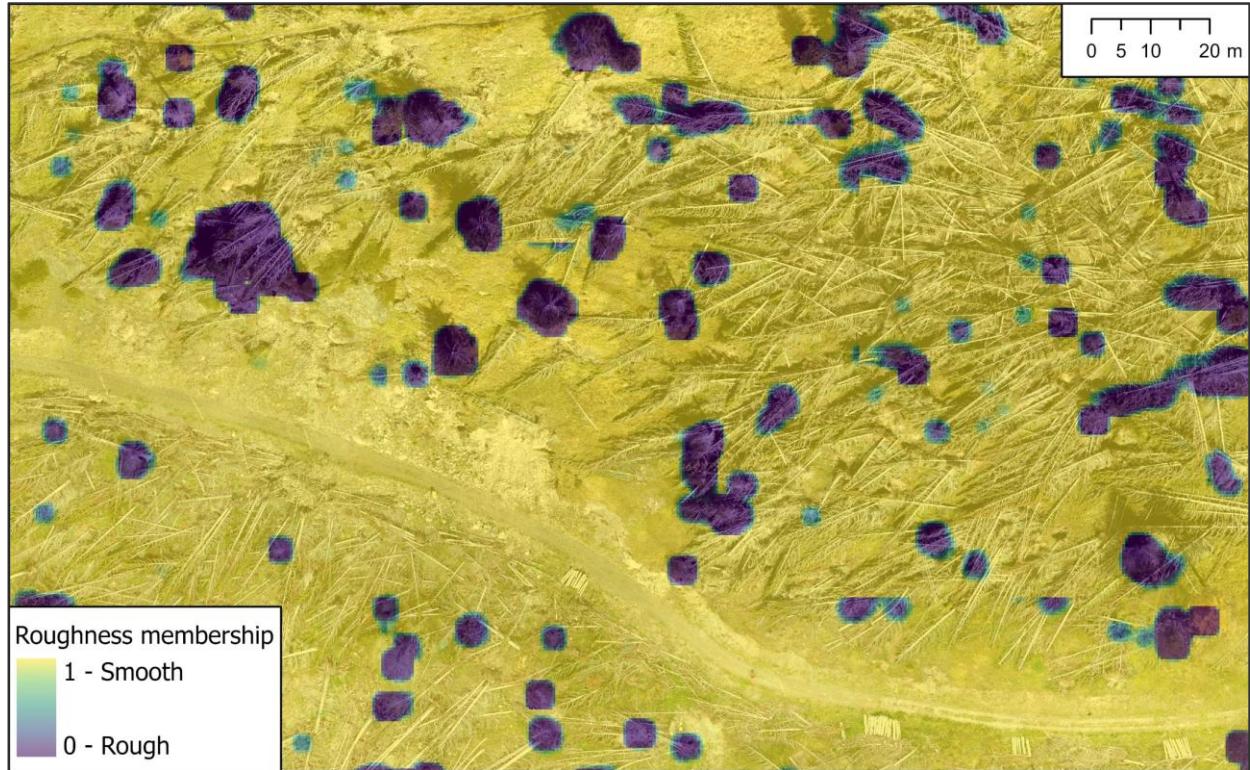
# Rauigkeits-Membership bei 1,5 m Schneehöhe



≈ 10-jährige Wiederkehrperiode

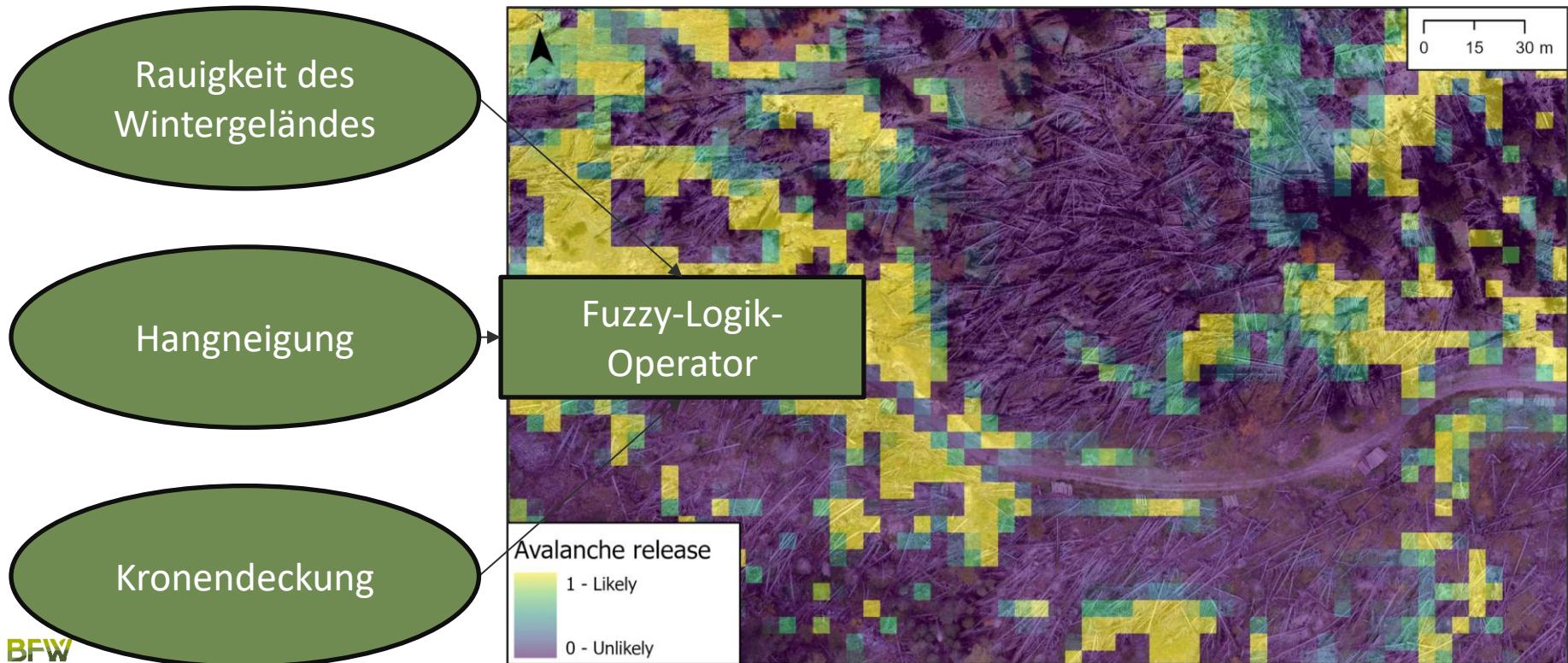
# Rauigkeits-Membership bei 2 m Schneehöhe

Rauigkeit des  
Wintergeländes



≈ 40-jährige Wiederkehrperiode

# Karte potenzieller Anbruchgebiete bei 2 m Schneehöhe



## Schlussfolgerungen

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

## Anwendungsbereiche

- Bewertung und Monitoring der Schutzwirkung windgestörter Wälder
- Priorisierung von Managementmaßnahmen nach Störungseignissen
- 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 Daten-erhebung und -auswertung
- abhängig von Reichweite und Wetter
- einschränkte 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](http://www.bfw.gv.at)

**Folgen Sie uns**

-  [www.facebook.com/BundesforschungszentrumWald](http://www.facebook.com/BundesforschungszentrumWald)
-  [www.instagram.com/bundesforschungszentrum\\_wald](http://www.instagram.com/bundesforschungszentrum_wald)
-  [www.youtube.com/waldforschung](http://www.youtube.com/waldforschung)
-  [www.linkedin.com/company/bundesforschungszentrum-wald-bfw](http://www.linkedin.com/company/bundesforschungszentrum-wald-bfw)