

# Erfassen komplexer Waldstrukturen im Steinschlag-Schutzwald

LWF prüft Einsatzmöglichkeit von terrestrischem Laserscanning im Projekt »RockTheAlps«



1 Wald leistet wirksamen Schutz vor Steinschlag. Foto: D. Trappmann, LWF

## Daniel Trappmann und Franz Binder

Seit Langem ist bekannt, dass ohne Schutzwald in vielen Tälern im Alpenraum Infrastrukturen und Siedlungen akut durch Steinschlag bedroht wären. Weniger wissen wir jedoch darüber, wie gut unterschiedliche Bestände vor Steinschlag schützen. Um dies zu ermitteln, müssen detaillierte Daten zum Bestandaufbau der Schutzwälder erhoben werden. Die LWF testet im Projekt »RockTheAlps« das terrestrische Laserscanning im steilen Bergwald als präzise Erhebungsmethode für komplexe Waldstrukturen.

Sturzprozesse ereignen sich über den gesamten Alpenraum gesehen wohl nahezu tagtäglich in unterschiedlichen Größenordnungen. Das Bayerische Landesamt für Umwelt definiert Stein- und Blockschlag als spontan auftretende Sturzeignisse mit einer Kubatur bis 10 Kubikmeter (LfU 2017).

## Steinschlag: eine ernste Gefahr

Nur ein Beispiel ist das Sturzeignis Anfang Juli 2017 auf der Bundesstraße B305 in der Ramsau (Berchtesgadener Land). Dabei verfehlten mehrere Kubikmeter große Blöcke nur knapp ein Fahrzeug und führten zur zeitweisen vollständigen Sperrung der Bundesstraße (Polizei Berchtesgaden 2017). Hinweise auf eine mögliche Gefährdung durch Sturzprozesse im Bayerischen Alpenraum geben Gefahrenhinweiskarten (LfU 2017), wie sie jedoch nicht für alle Alpenländer existieren.

## Internationale Zusammenarbeit bei der Schutzwald-Forschung

Im Alpenraum sind über 40% der Fläche von Wald bedeckt (Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention 2009). Die Alpenkonvention hebt die Bedeutung des Waldes für den Naturgefahrenschutz hervor. So wird im Protokoll »Bergwald« beschrieben, dass der Bergwald jene Vegetationsform ist, die »... den wirksamsten, wirtschaftlichsten und landschaftsgerechtesten Schutz gegen Naturgefahren ...« (Präambel) leisten kann. In der Rahmenkonvention der Alpenkonvention wird ausdrücklich festgehalten, dass Maßnahmen zu ergreifen sind, welche die Waldfunktionen des Bergwaldes, insbesondere seine Schutzfunktion, erhalten, stärken und wiederherstellen (Art. 2, Abs. 2h). Hierzu vereinbaren die Vertragsparteien, gemeinsame Forschung durchzuführen (Art. 3, Abs. a) und die dazugehörige Datenerfassung zu harmonisieren (Art. 3, Abs. c). Obwohl die Schutzleistung der Bergwälder also allgemein als wichtig erkannt wird, existieren bislang keine Methoden oder Kartenwerke, die diese im Alpenraum einheitlich abbilden ([www.alpine-space.eu/projects/rockthealps](http://www.alpine-space.eu/projects/rockthealps)). Hier setzt das Projekt »RockTheAlps« an.

## Ziele von »RockTheAlps«

Das Projektkronym »RockTheAlps« steht für »Harmonized Rockfall natural risk and protection forest mapping in The Alpine Space«. Im Projekt arbeiten 15 Partnerorganisationen aus sechs Alpenländern gemeinsam daran, bestehendes Wissen zu bündeln, es mit neuen Erkenntnissen und Steinschlagmodellen zu kombinieren und so grenzübergreifend einheitliche Kartengrundlagen zu Steinschlaggefahren und Steinschlag-Schutzwäldern im Alpenraum zu schaffen. Die Projektziele sind dabei:

- Entwickeln einer einheitlichen Steinschlag-Bewertungsmethodik
- Bereitstellen einer »Werkzeugkiste«, um die Schutzwirkung von Wäldern

gegen Steinschlag bewerten zu können

- Erstellen der ersten Karte, die die Waldfunktion Steinschlagschutz einheitlich wiedergibt
- Entwickeln eines Modells zur ökonomischen Bewertung der Waldökosystemleistung Steinschlagschutz
- Wissenstransfer der Projektergebnisse zu allen relevanten Akteuren (alpine-space.eu 2018)

Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) trägt zu den verschiedenen Arbeitspaketen des Projekts bei.

### Schutzwirkung gegen Steinschlag

An bewaldeten Hängen ist der Wald eine wirksame biologische Schutzmaßnahme, die zunehmend in Schutzkonzepten gegen Naturgefahren berücksichtigt wird. Bei einem Anprall eines Steins auf einen Baum wird seine kinetische Energie teilweise oder ganz abgebaut. Im letzteren Fall bleibt der Stein am Stamm liegen (Abbildung 1). Wie effektiv die Schutzwirkung eines Bestandes ist, hängt insbesondere von der Grundfläche des Bestandes, der bewaldeten Hanglänge, der Durchmesser- und der horizontalen Waldstruktur (z. B. Lücken in der Falllinie) ab (Dorren et al. 2017). Wenn man wissen will, wo der Wald als alleinige Schutzmaßnahme ausreicht, um das Steinschlagrisiko auf ein gesellschaftlich akzeptiertes Maß zu begrenzen, muss seine Wirkung auf das Steinschlaggeschehen realistisch eingeschätzt werden. Zudem sind Kenntnisse um die Waldwirkung nötig, um zu entscheiden, ob ergänzende technische Schutzmaßnahmen (z. B. Steinschlagnetze) wegen der Schutzwirkung des Waldes auf geringere Energien bemessen werden können und dadurch kostengünstiger ausfallen. Ein Schwerpunkt der LWF im Projekt



2 Leica MS50 MultiStation Foto: D. Trappmann, LWF

»RockTheAlps« liegt auf dem Erfassen des Bestandesaufbaus unterschiedlicher Steinschlagschutzwälder mithilfe eines terrestrischen Laserscanners (TLS). Auf Grundlage dieser Daten wollen wir Erkenntnisse sammeln, wie gut Schutzwaldbestände mit unterschiedlicher Baumartenzusammensetzung und Struktur, wie sie im bayerischen Alpenraum typischerweise vorkommen, vor Steinschlag schützen. Die Schutzwirkung lässt sich mit Steinschlagsimulationen, die den Waldaufbau berücksichtigen, ermitteln (Dupire et al. 2016; Moos et al. 2017). Anhand der Simulationsresultate mit und ohne Berücksichtigung von Wald können Aussagen zur Schutzwirkung des untersuchten Bestandes gemacht werden. Die Grundlage hierzu ist die vollständige Erfassung der Waldstruktur. Dies erfolgt entweder durch manuelle Vollaufnahme des Waldbestandes oder durch Einsatz eines Laserscanners. Der Einsatz eines 3D-Laserscanners in Steillagen ist derzeit noch die Ausnahme. Im Rahmen des Projekts testen wir, wie mithilfe des Laserscanner die komplexen Strukturen im steilen Bergwald erfasst werden können.

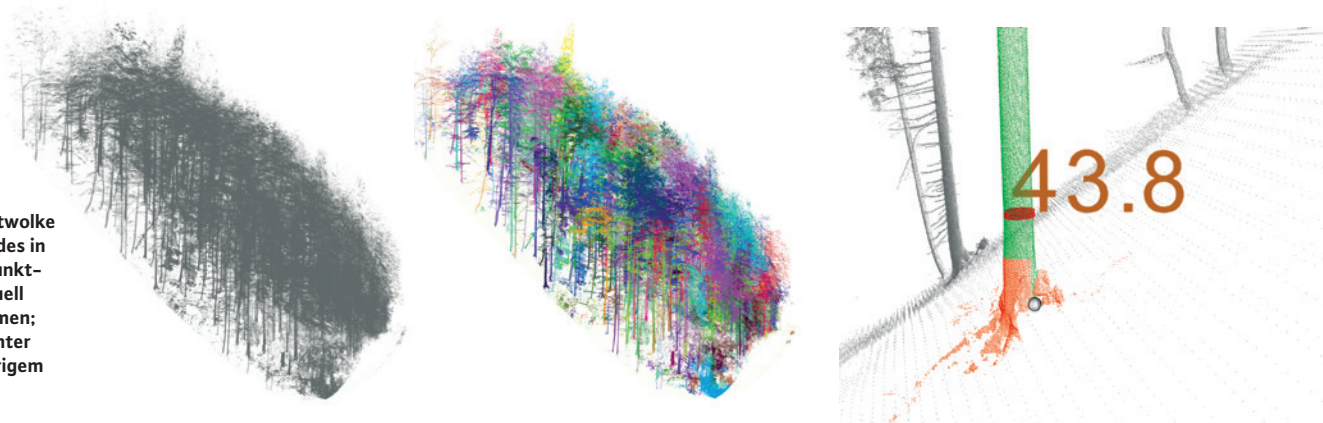
### Erfassen von Schutzwaldstrukturen mit terrestrischem Laserscanning

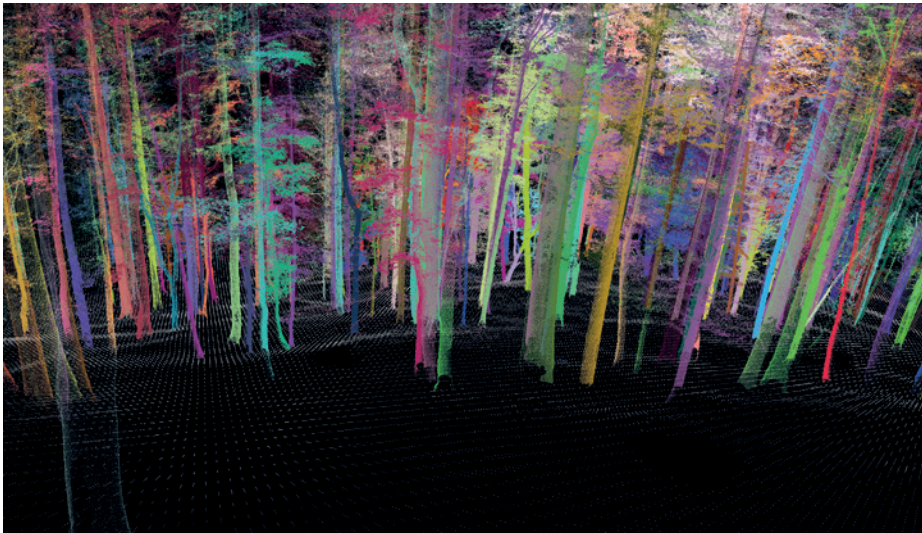
In der hier vorgestellten Untersuchung sind wir der Frage nachgegangen, ob über TLS-Verfahren Bestandeskennwerte wie Stammzahl, Höhe und Durchmesser- und -verteilung im steilen Schutzwald ermittelt werden können. Dazu haben wir fünf Steinschlag-Schutzwälder mit unterschiedlichem Bestandaufbau gescannt. Hier werden die Ergebnisse aus einer 0,4 ha großen Bergmischwaldfläche vorgestellt, die deutliche Spuren von Steinschlagereignissen aufweist. Den Bestand haben wir von 15 Scanpositionen aus im belaubten Zustand erfasst. Als Scanner kam die Leica Nova MS50 MultiStation zum Einsatz (Abbildung 2), die an der LWF für verschiedene Fragen Anwendung findet (Klemmt et al. 2018). Als Vergleichsdatensatz haben wir zusätzlich die Baumkoordinaten mittels Tachymetermessung ermittelt und die Brusthöhen- und -durchmesser (BHD) aller Bäume  $\geq 5$  cm mit einem Umfangmaßband ermittelt. Die aus dem Laserscanning resultierenden Punktwolken wurden mit der Software 3D Forest (Trochta et al. 2017) ausgewertet. Diese ist auf die Extraktion von Bestandesparametern aus TLS-Daten spezialisiert. Bei der Auswertung wurde die gesamte Punktwolke automatisch in Einzelbäume segmentiert, das Ergebnis visuell am Bildschirm kontrolliert und manuell bereinigt (Abbildung 3). Die errechneten Stammfußkoordinaten und BHDs aus den TLS-Daten wurden anschließend mit den Daten aus manueller Messung verglichen.

### Die Erfahrung zeigt: TLS-Methodik kann Schutzwald charakterisieren

Nach dem automatischen Segmentieren der gesamten Punktwolke mit dem Programm 3D Forest in einzelne Baum-Punktwolken (Abbildung 4) mussten die

3 Links die Punktwolke eines Waldbestandes in grau; mittig die Punktwolke mit individuell eingefärbten Bäumen; rechts ein gescannter Baum mit zugehörigem BHD.





4 Visualisierung eines gescannten Waldbestandes

se teils noch geringfügig manuell am Bildschirm nachbearbeitet werden. Insbesondere haben wir dabei in einzelnen Fällen noch zusammenhängende Baumgruppen getrennt und tief hängende Äste sowie talseitige Wurzelanläufe ausgeschnitten, was benutzerfreundlich mit dem Programm 3D Forest möglich ist. Nach dem Bereinigen wurde die überwiegende Anzahl an Bäumen mit dem TLS-Verfahren erkannt (Anzahl Bäume manuelle Messung = 320, Anzahl Bäume TLS = 310). Über Kreisanpassungs-Algorithmen wurden die BHD-Werte aus den Baum-Punktwolken errechnet und für jeden Baum visuell am Bildschirm kontrolliert. Zu Schwierigkeiten bei der Auswertung können unter anderem Geländeabschattungen, zu geringe Punktdichten im Stammbereich, schräg stehende Bäume, nur halbseitig gescannte Bäume oder tief hängende Äste führen. Nach Ausschluss unplausibler Kreisanpassungen zeigen die BHD-Werte eine gute Übereinstimmung zwischen manueller Messung und TLS-Verfahren (Abbildung 5 a, b). Die mittlere absolute Abweichung zwischen den BHD-Werten beider Verfahren beträgt für den Untersuchungsbestand 1,3 cm. So betrug der BHD-Mittelwert beim TLS 25,34 cm gegenüber 25,73 cm bei der manuellen Messung. Die Mediane beider Verfahren waren mit 22,80 cm sogar identisch.

Anhand der Stammfußpunkte und BHDs aus den TLS-Punktwolken kann der steile Bergwaldbestand in 3D-Steinschlagmodellen abgebildet werden. Mit Steinschlagmodellen, die den Wald mit seiner steinschlaghemmenden Wirkung berücksichtigen (z. B. RockyFor3D, Dorren et al. 2012), soll in weiteren Schritten ermittelt

werden, welchen Schutz typische Schutzwaldbestände vor Steinschlaggefahren bieten.

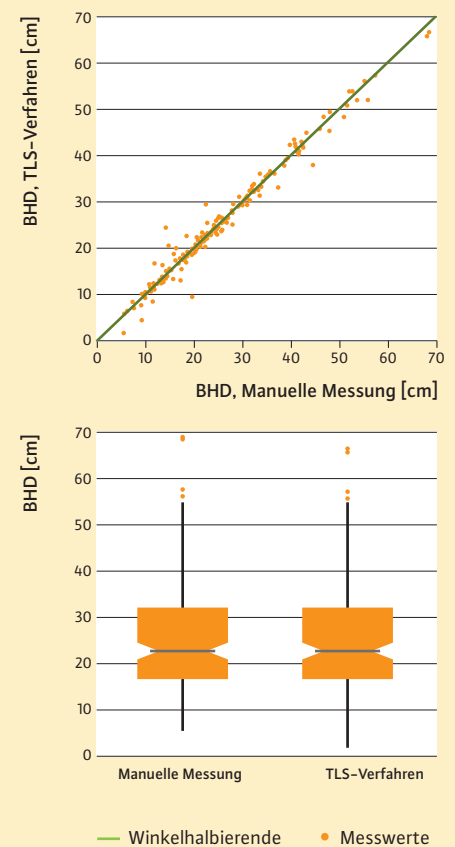
#### Zusammenfassung

Das Projekt »RockTheAlps« befasst sich mit der Schutzleistung der Wälder gegen Steinschlag im Alpenraum. Die LWF als Projektpartner beschäftigt sich dabei unter anderem mit dem Erfassen des Bestandaufbaus typischer Steinschlag-Schutzwälder mithilfe eines terrestrischen Laserscanners. Die Auswertung der Punktwolken aus dem Laserscanning kann mit spezialisierter Software, wie z. B. 3D Forest, benutzerfreundlich erfolgen. Bei einem Test des Verfahrens auf einer typischen, steilen Bergmischwaldfläche wurde die gesamte Punktwolke automatisch in Baum-Punktwolken segmentiert und BHD-Werte mittels Kreisanpassungs-Algorithmen bestimmt. Eine visuelle Kontrolle der Auswertung war dabei wichtig, um die Plausibilität der errechneten BHD-Werte beurteilen zu können. Nach Ausschluss unplausibler Kreisanpassungen stimmen BHD-Werte aus Laserscanning und manueller Handmessungen sehr gut überein. Unsere bisherigen Erfahrungen zeigen somit, dass terrestrisches Laserscanning eine Alternative zu klassischen Erhebungsmethoden im steilen Bergwald sein kann, um komplexe Waldstrukturen präzise zu erfassen.

#### Literatur

- alpine-space.eu (2018):** [www.alpine-space.eu/projects/rockthealps/downloads/poster/asp\\_project\\_poster\\_rta-logo-ok-1.pdf](http://www.alpine-space.eu/projects/rockthealps/downloads/poster/asp_project_poster_rta-logo-ok-1.pdf) (aufgerufen 16.10.2018)
- Dorren, L. (2012):** RockyFor3D (v5.1) enthält – Transparente Beschreibung des kompletten 3D-Steinschlagmodells. ecorisQ paper ([www.ecorisq.org](http://www.ecorisq.org)): 32 S.
- Dorren, L.; Moos, C.; Stoffel, M.; Trappmann, D. (2017):** Wirkung des Waldes bei Steinschlag. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, 180, S. 70–79
- Dupire, S.; Bourrier, F.; Monnet, J.-M.; Bigot, S.; Borgniet, L.; Berger, F.; Curt, T. (2016):** The protective effect of forests against rockfalls across the French Alps: Influence of forest diversity. Forest Ecology and Management 382, S. 269–279
- Klemmt, H.-J.; Wörle, A.; Förster, B.; Straub, C. (2018):** Flächenauswertung terrestrischer Laserscans. AFZ-Der Wald 14/2018
- LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2017):** Steinschlag, Felssturz, Rutschung, Erdfall – Geofahren erkennen. Merkblatt, 20 S.
- Polizei Berchtesgaden (2017):** Auto von Ramsauer knapp verfehlt. Pressemitteilung vom 02.07.2017, [www.bgland24.de/bgland/](http://www.bgland24.de/bgland/)

#### Vergleich der Messverfahren



#### 5 Vergleich der BHD-Werte aus manueller Messung und TLS-Daten (oben: Streudiagramm, unten: Boxplots)

*region-berchtesgaden/ramsau-bei-berchtesgaden-ort478523/ramsau-berchtesgaden-grosse-felsbrocken-stuerzen-meter-hoehe-b305-8449053.html* (aufgerufen 20.09.2018)

**Moos, C.; Dorren, L.; Stoffel, M. (2017):** Quantifying the effect of forests on frequency and intensity of rockfalls. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 17, S. 291–304

**Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention (2009):** Die Alpen Acht Staaten – Ein Gebiet. [www.alpconv.org/de/convention/smallbits/Documents/AlpenkonventionsBuch.pdf](http://www.alpconv.org/de/convention/smallbits/Documents/AlpenkonventionsBuch.pdf) (aufgerufen 20.09.2018).

**Trochta, J.; Krůček, M.; Vrška, T.; Kral, K. (2017):** 3D Forest: An application for descriptions of three-dimensional forest structures using terrestrial LIDAR. PLoS ONE 12(5): e0176871

#### Autoren

Dr. Daniel Trappmann bearbeitet in der Abteilung »Waldbau und Bergwald« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) das Projekt RockTheAlps.

Dr. Franz Binder ist stellvertretender Leiter der Abteilung »Waldbau und Bergwald« an der LWF und Projektleiter für das Projekt RockTheAlps.

**Kontakt:** Daniel.Trappmann@lwf.bayern.de  
Franz.Binder@lwf.bayern.de

#### Projekt

Das EU-Projekt »RockTheAlps« wird durch das Programm Interreg Alpine Space und das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziert. Es läuft von November 2016 bis Oktober 2019. Weiterführende Informationen und Projektergebnisse sind auf der Projekthomepage [www.alpine-space.eu/rockthealps](http://www.alpine-space.eu/rockthealps) verfügbar.

#### Dank

Wir danken Alfred Wörle für die Unterstützung bei den Aufnahmen mit dem terrestrischen Laserscanner und Michael Frenzel für die Unterstützung bei den Geländearbeiten.