© Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt (München), 85. Jahrgang 2020, S. 143–158

Bestand und Zustand der Zirben (*Pinus cembra*) im Gottesackergebiet (Hinterer Bregenzer Wald)

von Niklas Lieb und Jörg Ewald

Keywords: *Zirbe (Pinus cembra), Gottesacker, Hoher Ifen*

Ziel dieser Untersuchung war es, das Zirbenvorkommen im deutsch-österreichischen Grenzgebiet im oberen Löwental und Gottesackergebiet zu erkunden und genaue Daten über die Zirben zu erheben, um dadurch das Vorkommen beschreiben zu können. Dafür wurden die mit dem Fernglas gefundenen Zirben mit GPS eingemessen, BHD und Höhe ermittelt sowie Daten zum Kronenzustand, dem Humus und der Verjüngung aufgenommen.

1. Einleitung

Die Zirbe (*Pinus cembra*, auch Zirbelkiefer oder Arve) kommt in den Hochlagen der Alpen (Abb. 1) und Karpaten vor (Abb. 2). Ihr steht die im nordöstlichen Russland vom 50. bis zum 68. Breitengrad wachsende Sibirische Zirbelkiefer (*Pinus sibirica*) nahe. In den Alpen kommt die Baumart von 1500 m bis 2500 m (Rohmeder 1941), laut proHolz Tirol (2018) als niederliegende Exemplare

Abb. 1: Lärchen-Zirbenwald im Schweizerischen Nationalpark (Foto Schweizerischer Nationalpark/Hans Lozza).

in den italienischen Westalpen sogar bis 2850 m vor. Das Klima ist in den Kerngebieten des Areals kalt – im Sommer braucht die Zirbe nur 70 frostfreie Tage (Rohmeder 1941) – und ausgesprochen kontinental mit einer großen Spanne zwischen höchsten und niedrigsten Monatstemperaturen. Nach Tranquillini (1963) ertragen Altzirben im Hochwinter Temperaturen bis -47°C, im Sommer immerhin noch -8°C. Angesichts dieser Umweltbedingungen und der dafür erforderlichen Anpassungen erreicht „die Zirbe auf günstigen Standorten und in mittleren Lagen mit 20 Jahren 1,2 m Höhe, mit 160 Jahren 19 m Höhe und mit 200 Jahren 20 m. Über 20 m hohe Bäume sind sehr selten" (Rohmeder 1941). An der Waldgrenze ist die Zirbe die letzte Baumart, die noch eine aufrechte Stammform bildet. Mit dem Samenverstecke anlegenden Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) verfügt die Zirbe über einen effektiven Ausbreitungsmechanismus (Schönbeck 1956, Brupbacher 2011).

Abb. 2: Verbreitung der Zirbe (*Pinus cembra*). (Quelle: EUFORGEN 2010, www.euforgen.org). Hinweis: die hier beschriebenen Zirben-Vorkommen im Gottesackergebiet fehlen in der Karte.

Die wichtigsten Zirbenvorkommen der Bayerischen Alpen befinden sich im Wettersteingebirge und in den Berchtesgadener Hochalpen. Die höchsten bekannten Fundpunkte liegen hier bei 2041 m (Sendtner 1854: „Steinernes Meer am Viehkogl") und die Zirbe erscheint in Bayern als Baumart, die Höhenlagen unterhalb 1300 m Höhe ausgesprochen meidet (Ewald 2012). Außerhalb dieser Verbreitungsschwerpunkte sind kleine, zerstreute Zirbenvorkommen aus den Chiemgauer Alpen, dem Mangfallgebirge und dem Estergebirge bekannt (AG Flora von Bayern 2020). Rohmeder (1941) gab unter Berufung auf „amtliche Erhebungen des Jahres 1904" an, die Zirbe fehle im Allgäu fast gänzlich. Cronauer (1995) berichtet, man habe die Baumart „in den zwanziger Jahren (...) versuchsweise im Gottesackergebiet (...) eingebracht, sie (sei) aber wieder verschwunden". Dörr & Lippert (2001) nennen in ihrer Flora des Allgäus *Pinus cembra* „sehr selten und nur in 8626/2:

in geringer Zahl im ‚Löwental' am Gottesackerplateau (K. Partsch: D 1981)". Walentowski et al. (2013) weisen auf einen Beispielbestand des Carbonat-Lärchen-Zirbenwaldes im Wuchsbezirk 15.7 „Allgäuer Hochalpen" im Naturschutzgebiet „Hoher Ifen".

Der Lebensraumtyp 9420 (Alpiner Lärchen- und/oder Arvenwald) der FFH-RL ist weder im bayerischen FFH-Gebiet Hoher Ifen (DE 8626301) noch im Vorarlberger FFH-Gebiet Ifen (AT 3438000) gelistet. Das hier beschriebene Gottesackergebiet mit den Zirbenvorkommen liegt in diesen beiden FFH-Gebieten. Im Vogelschutzgebiet Hoher Ifen und Piesenkopf (DE8626401) ist der Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) nicht gelistet, für den Samen der Zirbelkiefer ganz oben auf dem Speiseplan stehen und als der bedeutendste Samenausbreiter der Zirbe gilt.

Demgegenüber ist der LRT 9420 in den FFH-Gebieten der o.g. Gebiete Chiemgauer Alpen, Mangfallgebirge und Estergebirge gelistet: im FFH-Gebiet „Östl. Chiemgauer Alpen" (DE8241372), im FFH-Gebiet „Mangfallgebirge" (DE833371), im FFH-Gebiet „Estergebirge" (DE8433371) sowie im FFH-Gebiet „Wettersteingebirge" (DE8532371).

Angesichts der Seltenheit und der im Klimawandel zu befürchtenden Gefährdung der Zirbe in Bayern (Vorwarnstufe, Scheuerer & Ahlmer 2002, Ewald 2012) war es Ziel dieser Arbeit, dieses wenig bekannte Vorkommen genau zu kartographieren und den Zustand der gefundenen Zirben zu dokumentieren. Im Einzelnen wurden folgende Fragen bearbeitet:

1. Wo liegen die Zirbenvorkommen im Gottesackergebiet?
2. Wie ist der Zustand der Zirben, besonders im Hinblick auf die Einzelbaumvitalität und der Verjüngung?
3. Welche Prognosen für die künftige Entwicklung der Bestände / Baumgruppen können getroffen werden?

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in den Allgäuer Alpen im Hinteren Bregenzer Wald (Meynen 1962), einem Gebirgszug der nördlichen Kalkalpen an der deutsch-österreichischen Grenze zwischen den Gemeinden Schönenbach und Riezlern (Vorarlberg) sowie Rohrmoos (Bayern) (Abb. 3). Als Gottesacker wird das Karstplateau zwischen dem Hohen Ifen im Süden und den Gottesackerwänden im Norden bezeichnet (Scholz 2000). Die Zirben befinden sich im westlichen Gottesackerplateau im Bereich der Vorarlberger Alpe Rubach, im nordöstlich daran anschließenden Leutal (="Löwental"), sowie ca. 3 km weiter östlich im Mahdtal zwischen Toreck und Unteren Gottesackerwänden. Rubach-Alpe und Leutal erstrecken sich über eine Höhe von 1500 bis 1850 m, das Mahdtaler Vorkommen von 1550 bis 1700 m Meereshöhe.

Für das FFH-Gebiet Hoher Ifen (DE8626301) nennt das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2019b) folgende Mittelwerte für die Normalperiode 1961 bis 1990 (Referenzhöhe 1490 m): Temperatur-Jahresmittel 1,8°C, Jahresniederschlag 2032 mm, 66 frostfreie Tage, absolutes Temperaturminimum -31,4°C, absolute Maximum 29,75°C, mittlere tägliche Temperaturschwankung 9,57°C. Nach dem Emissionsszenario A1B ist für die Jahre 2026 bis 2055 mit einem Anstieg der Jahrestemperatur auf 3,8°C und einer Zunahme der frostfreien Tage auf 86 bis 89 Tage zu rechnen.

Abb. 3: Lage der Zirbenvorkommen im Naturpark Nagelfluhkette (https://nagelfluhkette.info/).

Das Relief bildete sich seit der mittleren Kreide infolge Plattenkollision durch Faltung, Hebung (rezent nach Pfiffner 2015 ca. 1 mm p.a.) und Abtragung (Richter 1984). Das Gottesackerplateau gehört zur in der Kreidezeit abgelagerten Schrattenkalk-Formation innerhalb des Helvetikums, die umrahmenden Berge Hoher Ifen und Obere Gottesackerwände gehören zu den Drusbergschichten. Aufgrund des niedrigen Tongehalts löst das saure Regenwasser den Kalk auf. Zurück bleiben „zwischen metertiefen Spalten nur noch daumendicke und messerscharfe Kalkgrate (Karren)". Die Zerklüftung und das Fehlen von mineralischem Bodensubstrat machen es der Vegetation schwer aufzulaufen, weshalb sich das Gottesackerplateau größtenteils als „grauweiße, zerrissene und vegetationslose Hochfläche" darstellt (Scholz 2000).

Aus diesem geologischen Ausgangsgestein entwickelten sich Mull- und Tangelrendzinen, an geschützten Stellen Lehmrendzinen (Walentowski et al. 2013). Mull- und Lehmrendzinen aus harten Kalken sind flachgründig-skelettreich mit geringer Wasserspeicherkapazität, weshalb sie auf verkarstetem Untergrund trotz hoher Niederschläge austrocknen. Moder- und Tangelrendzinen zeichnen sich hingegen durch mächtige Humuspakete aus. Diese 15 cm bis über einen Meter mächtigen, sauren, schwarzbraunen, rohhumusartigen Of- und Oh-Lagen bestehen aus Vegetationsresten, die im Untersuchungsgebiet durch Latschengebüsch, Fichten und Zirben gebildet werden (Rehfuess 1990).

In der hochsubalpinen Stufe (1650–1900 m) der Allgäuer Hochalpen bilden Carbonat-Fichtenwald (*Adenostylo glabrae-Piceetum*, FFH-Lebensraumtyp 9410), Carbonat-Lärchen-Zirbenwald (*Vaccinio-Pinetum cembrae*, LRT 9420) und Carbonat-Latschengebüsch (*Rhododendro hirsuti-Pinetum mughi*, LRT 4070) die natürlichen Waldgesellschaften (Walentowski et al. 2013).

3. Methoden

Die Zirben wurden in einem vom örtlichen Revierförster Andreas Fisel eingegrenzten Gebiet durch Absuchen der Hänge mit dem Fernglas grob verortet, aufgesucht und mit GPS eingemessen. Unzugängliche Zirben wurden durch Abschätzen von Richtung und Entfernung im GPS (App „Locus" in Verbindung mit Huawei P smart) georeferenziert. An zugänglichen Exemplaren >1,5 m Wuchshöhe wurden Brusthöhendurchmesser (BHD mit Umfangmaßband), Höhe (Haglöf Vertex III, Mittel aus drei Messungen) und Kronenaufbau (astfreier Stammteil, Totastbereich, Grünastbereich) gemessen. An zwei Individuen wurden mit dem Zuwachsbohrer Kernbohrungen zur Altersbestimmung gewonnen. Um jeden Baum herum wurde in vier Himmelsrichtungen im Abstand von 1 m die Humusmächtigkeit mit einem Leichtbohrstock (90 cm) sondiert und gemittelt. Die Verjüngung wurde rund um die Zirben in vier Streifen à 20 x 1 m in vier Himmelsrichtungen getrennt nach Baumarten und Größenklassen (0–50 cm, 51–100 cm, 101–150 cm) aufgenommen. Außerdem wurde der Verbiss im oberen Drittel der Pflanze registriert und von den ersten zehn Individuen je Baumart wurde der diesjährige Höhenzuwachs am Terminaltrieb ermittelt.

Die statistische Datenauswertung erfolgte an 55 untersuchten Zirben, die auf Grund räumlicher Nähe (wahrscheinlich bedingt durch Hähersaat in Büscheln) zu 43 Stichproben zusammengefasst wurden, mit der SPSS Statistics 25 und Microsoft Excel. Für BHD und Baumhöhe wurden Mittelwert, Minimum, Maximum und Median der Zirbenpopulation ermittelt und in Balkendiagrammen dargestellt. Zusammenhänge zwischen Variablen wurden an Hand von Streudiagrammen sowie Korrelationskoffezienten nach Pearson bzw. Spearman (bei nicht normalverteilten Daten gemäß Kolomogrov-Smirnov-Test) geprüft (Dormann 2017).

4. Ergebnisse

Die Zirben befanden sich zwischen 1560 und 1840 m Meereshöhe. Im Kerngebiet (170 ha) des 600 ha großen Untersuchungsgebiets wurden 55 Zirben mit allen Daten aufgenommen, weitere 47 Zirben wurden nur mit GPS-Daten erfasst. Die 55 exakt untersuchten Zirben stockten vorwiegend auf Voralberger Gebiet westlich des Gottesackerplateaus und östlich des Wasenkopfs auf der Rubacher Hochalpe im Leutal. In den Luftbildern (Abb. 4) sind deutlich die Felsformationen ersichtlich, an denen die Zirben in Mischung mit Fichten wachsen. Die Zirben-Gruppen (Rotten) befinden sich auf Felsen, Felsbändern und Längsrippen, die durch Verkarstung entstanden sind.

Die Zirben im bayerischen Teil des Leutals setzen das Vorkommen der Alpe Rubach nach Osten fort und stocken ca. 300 bis 700 m östlich der Grenze (Abb. 5). Hier konnten nur vier Zirben (Z40 bis Z43) vermessen werden, weitere 16 Bäume wurden im Umkreis von 400 m an steilen Felswänden lokalisiert. Im ca. 3 km östlich gelegenen Mahdtal (Abb. 3, südlich von Windecksattel und Mahdalpe) wurden noch eine weitere Handvoll einzelner, in Latschengebüschen zerstreuter Zirben mit dem Fernglas entdeckt.

Der mittlere BHD der vermessenen Zirben betrug 45,2 cm (Minimum 14 cm, Maximum 78 cm), die mittlere gemessene Baumhöhe 12 m (Min 6 m, Max 19,20 m, Abb. 6).

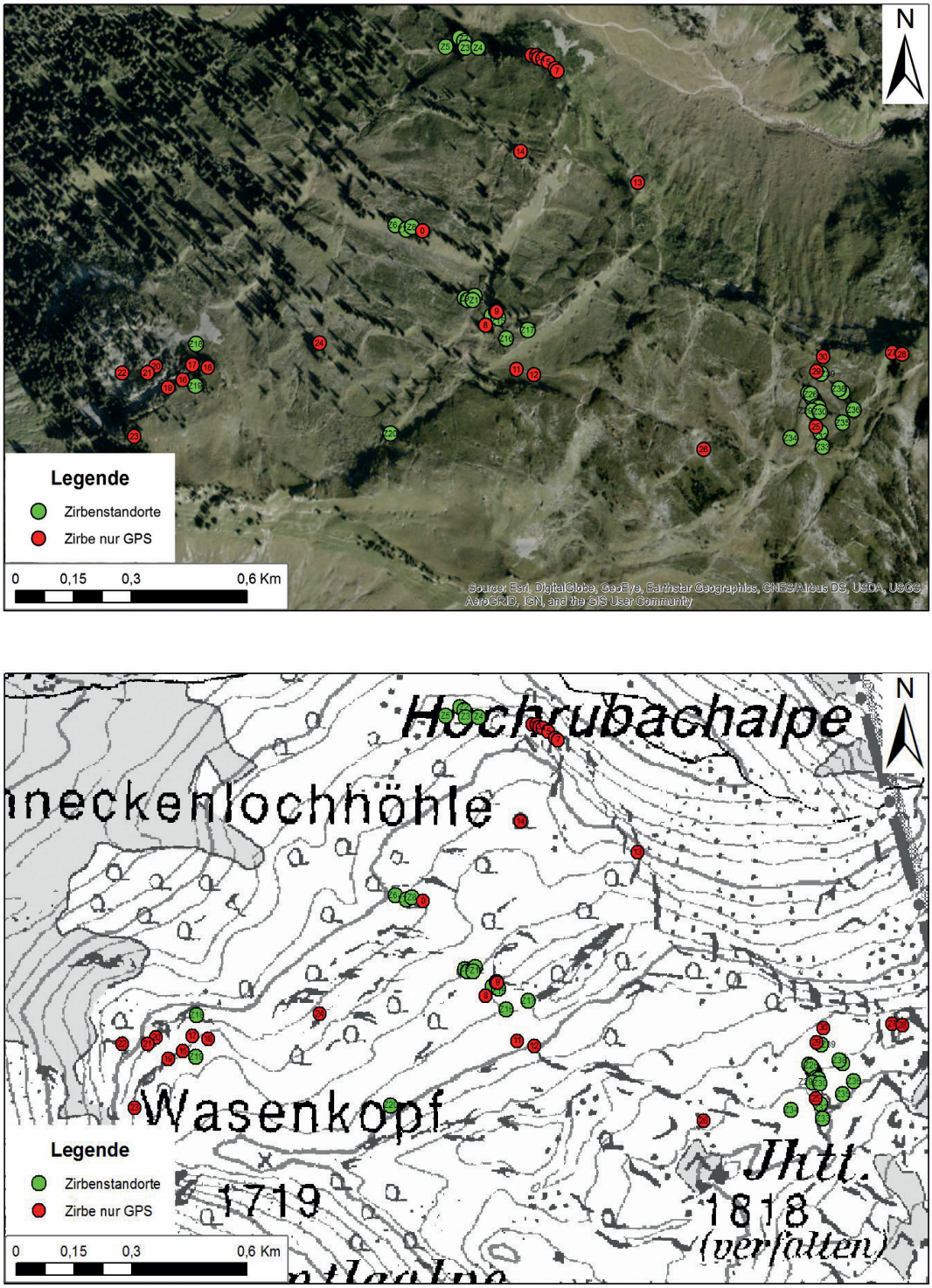

Abb. 4: Zirben der Alpe Rubach (Vorarlberg); oben: Orthofoto; unten: Topographische Karte (Bayer. Vermessungsverwaltung 2019); grüne Symbole: Bäume mit Vollaufnahmen, rote Symbole: nur Georeferenzierung.

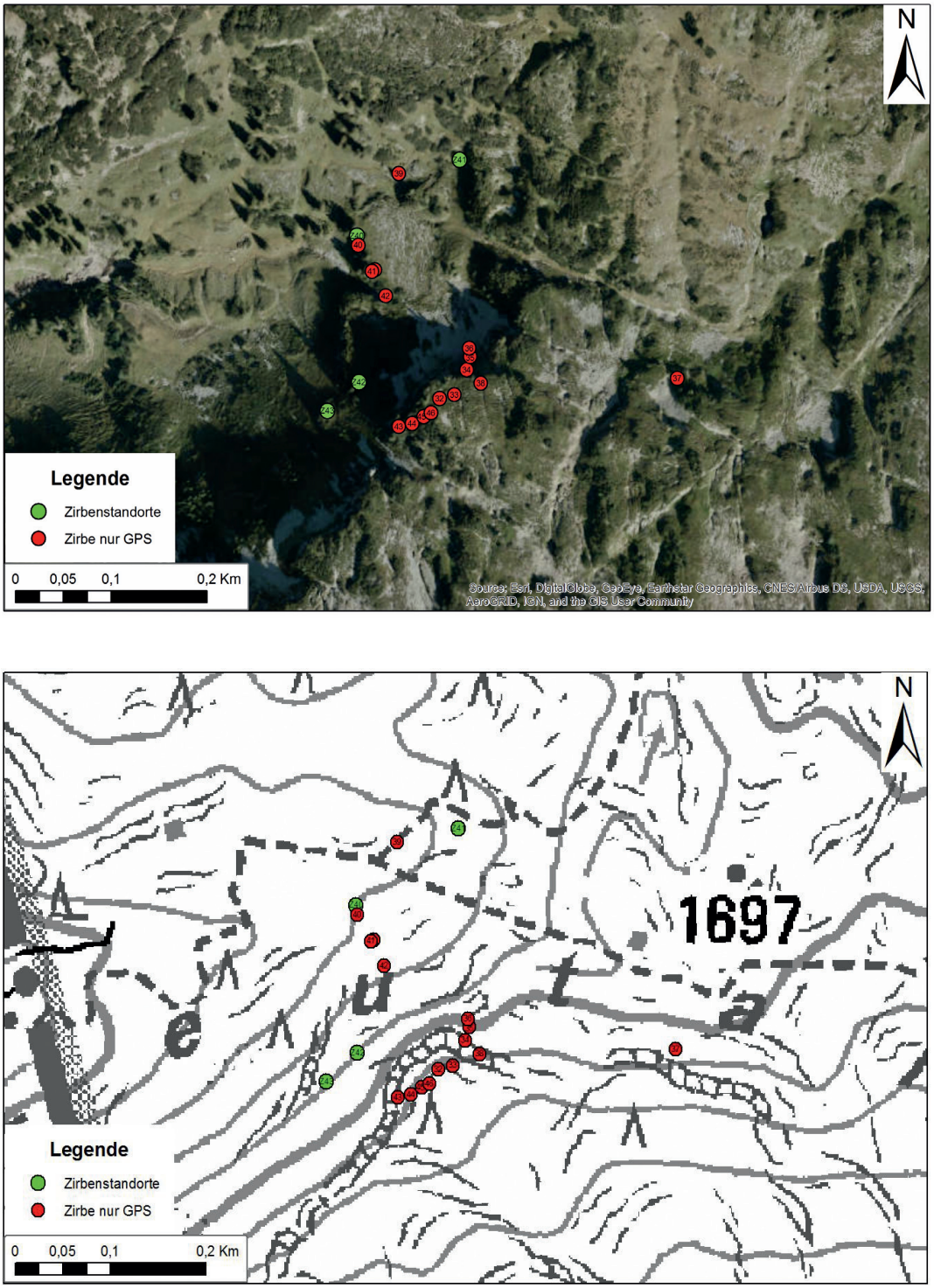

Abb. 5: Zirben des Leutals auf bayerischer Seite; oben: Orthofoto; unten: Topographische Karte (Bayer. Vermessungsverwaltung 2019); grüne Symbole: Bäume mit Vollaufnahmen, rote Symbole: nur Georeferenzierung.

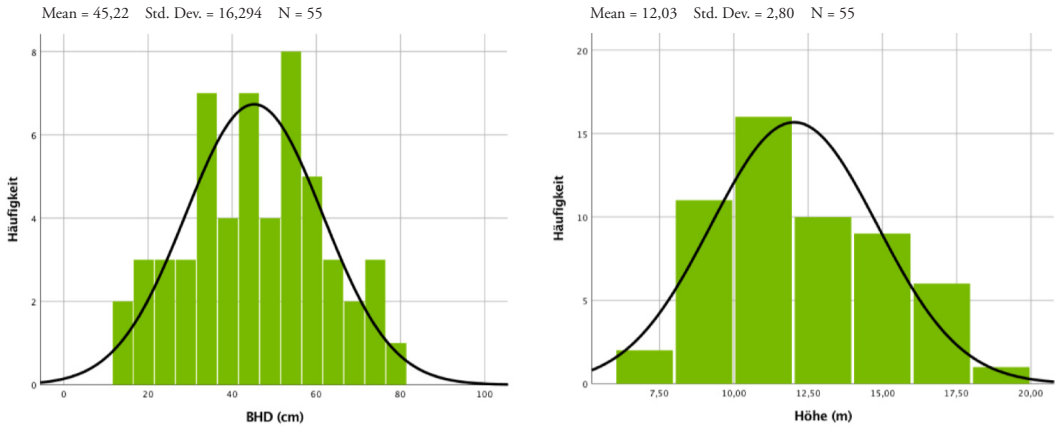

Abb. 6: Balkendiagramme von Brusthöhendurchmesser (BHD) und Baumhöhe der 55 vermessenen Zirben.

Erwartungsgemäß waren BHD und Höhe korreliert (r^2=0,24). Bei Ausschluss von Kronenbrüchen wurde ein gekrümmter Zusammenhang deutlich (r^2=0,40, Abb. 6), der zeigt dass Altbäume mehr in Dicken- als in Längenwachstum investieren.

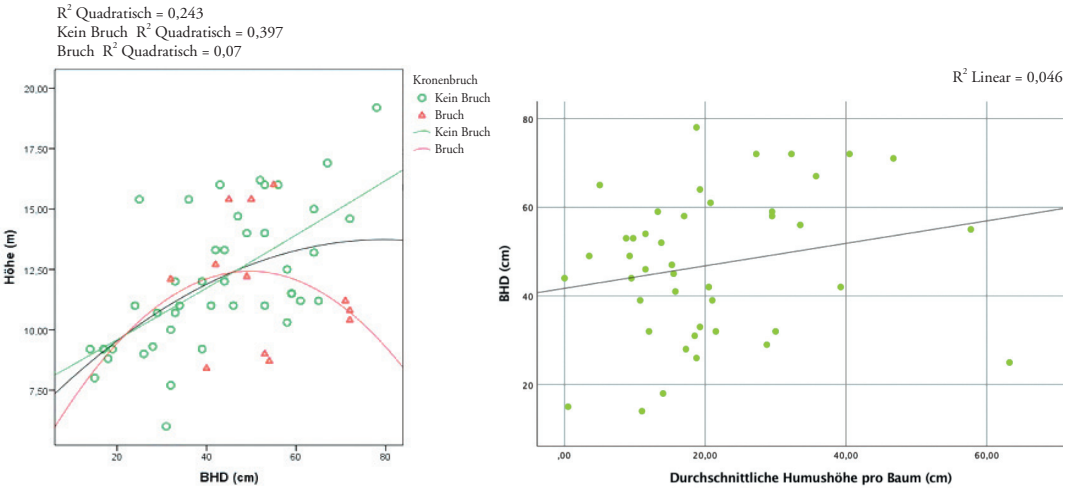

Abb. 7: Streudiagramme BHD-Höhe (links) und Humusmächtigkeit-BHD.

Die Zirben stockten überwiegend auf 20 bis 60 cm (einmal bis 80 cm) mächtigen Tangelhumusauflagen (Abb. 7 rechts). Die Rangkorrelation zwischen Humusmächtigkeit und BHD war mit r=0.23 schwach positiv.

Die Zirben stehen einzeln bis gruppenweise zwischen Fichten und Latschen und bilden auf Felsvorsprüngen und Kuppen solitäre, urwüchsige, sehr individuelle Baumformen. So hatten 47% keinen Totastbereich, 55% waren bis zum Wurzelanlauf beastet. 22% hatten einen Kronenbruch, 10 weitere % andere Schäden wie Blitzrisse, Rindenabplatzungen, Faulstellen oder von Rotwild und Weidevieh aufgescheuerte Rinde (Abb. 8). Insgesamt wurde bei 42% der Stämme ein exogenes Schadereignis dokumentiert.

Abb. 8: Bizarre Wuchsformen infolge Kronenbruch (links), Stammschäden (Mitte) und Blitzschlag (rechts). (Fotos: N. Lieb).

Auf insgesamt 0,344 ha begutachteter Fläche wurden 186 Bäumchen aufgenommen (541 Stück/ha), davon 80% Fichte, 9% Vogelbeere, 4% Weißtanne sowie je 3% (6 Individuen) Zirbe und Moorbirke (*Betula pubescens*). In der Umgebung der Mutterbäume wies die Zirbenverjüngung also nur 17 St./ha auf. Weitere Zirbenverjüngung wurde im Gebiet nicht gefunden. Auf den Altzirben und am Boden wurden zerlegte Zapfen entdeckt. Nahezu alle Zapfen am Boden wiesen Spuren von Tannenhähern auf, die mehrfach beobachtet und verhört wurden. Die Baumarten wiesen folgende Verbissprozente auf: Vogelbeere 53%, Moorbirke 50%, Zirbe 33%, Weiß-Tanne 25% und Fichte 8%. Beim durchschnittlichen Triebzuwachs der Verjüngung kam folgende Rangfolge zustande: Moorbirke 10 cm, Vogelbeere 4 cm, Fichte 4 cm, Weißtanne 3,3 cm, Zirbe 3 cm.

5. Diskussion

Die geringe Anzahl an beobachteten Zirben und ihre ungleichmäßige Verteilung im Raum begrenzt die statistische Aussagekraft. So ist ein Vergleich der Verjüngung anderer Baumarten mit der der Zirbe hinsichtlich Verbissbelastung und Triebzuwachs kaum statthaft.

Des Weiteren handelt es sich nicht um einen Bestand, sondern um eine Population von Einzelbäumen, weshalb forstliche Maßzahlen auf Bestandsebene nicht geeignet sind. Auch die Vergleichbarkeit der Einzelbäume ist in Frage zu stellen wegen ihrer großen standörtlichen Unterschiede und der räumlichen Klumpung der Beobachtungen.

Physiognomisch erscheint das Zirbenvorkommen des Gottesackerplateaus als Kampfzone. Dabei ist zu beachten, dass die heutige Baumgrenze in den Alpen meist durch Rodung, Weidegewinnung und -Pflege sowie Verbiss überprägt ist (Wagner 1970, Welzmüller & Ewald 2016). So kann man die Zirbengruppen (vgl. Abb. 4-5) als Relikte eines ursprünglichen Waldes auffassen, der vor langer Zeit bis auf unzugängliche Felsrippen (Schratten) in die offene Hochalmfläche verwandelt worden ist. Die weniger schroffen Weideflächen werden von der Genossenschaft der Rubacher Alpe

Abb. 9: Junge Zirbe (oben links); von wiederholtem Verbiss gezeichnete Zirbe (oben rechts); mehrfach geschädigte, absterbende Zirbe (unten). (Fotos: N. Lieb).

zur Beweidung des Viehs freigehalten, um so möglichst viel Futterfläche zur Verfügung zu haben. Bei diesem Rodungsvorgang, der auch „Schwenden" genannt wird, wird jegliches Gehölz, welches in der Weidefläche aufläuft, herausgeschnitten.

Diese Baumgruppen bestehen zum größten Teil aus Fichten, denen die Zirben einzeln bis gruppenweise beigemischt sind. Auch Welzmüller & Ewald (2016) beschreiben solche in almwirtschaftlich geprägte Flächen eingebettete Zirben auf erhöhten Felsrippen. Zwischen 1560 bis 1840 m stehen Zirben noch in Konkurrenz zur Fichte, die in diesen Höhenlagen die Ressourcen auch noch effizient nutzen kann (Walentowski et al. 2013).

Die große Spreitung von Durchmesser (14 bis 78 cm) und Höhe (6 bis 19,20 m) erschwert Aussagen über das Alter des Zirbenkollektivs. Stichprobenartige Jahresringzählungen an zwei Bäumen ergaben Alter von 150 (BHD 33, 12 m) und 440 Jahren (BHD 56, 16 m Höhe). Vergleicht man diese Daten mit den Zirbenertragstafeln für Tirol (Landesforstdirektion Tirol 2004), so passt zu diesen Werten die Ertragstafel mit der Eingangsgröße von 7,9 m im Alter 100 am besten. Interpoliert man die Messwerte auf die Population, so ergibt sich eine große Altersspanne von 80 bis 530 Jahren. Dies lässt die Vermutung zu, dass es über einen langen Zeitraum hinweg immer wieder einzelne Zirben geschafft haben zu keimen und trotz der schlechten Wuchsbedingungen, zu Bäumen heranzuwachsen. Bei den sehr alten und dicken Zirben handelt es sich möglicherweise um Überbleibsel aus einem vor der Alpwirtschaft zusammenhängenden Zirbenwald.

Diese Populationsstruktur schlägt sich im Solitärcharakter der Einzelbäume nieder, die mit 66 bis 100% tief bekront sind und wenig Totäste aufweisen. Das Verhältnis zwischen BHD und Höhe (h/d) bewegt sich zwischen 0,14 und 0,66, bei einem Mittelwert von 0,3, was unter dem Grenzwert von 0,45 für Solitärbäume liegt (Kramer 2008). Andererseits weisen 42% der Bäume durch Witterung und Weidevieh bzw. Wild verursachte Schäden auf, was den Eindruck einer Kampfzone verstärkt (vgl. Rohmeder 1941).

Im Gottesackerplateau besteht ein schwacher positiver Zusammenhang zwischen Auflagehumusmächtigkeit und BHD der Zirben (Abb. 7 rechts). Bereits Rohmeder (1941) stellt fest, dass sich Zirben auf felsigen Kalkböden „durch ihren reichen Nadelabfall (...) im Laufe der Jahrzehnte selbst einen günstigen, wasserhaltenden Humusboden" (Tangelhumus) schaffen. Zwischen Humusmächtigkeit und Baumwachstum ist ein positiver Zusammenhang gegenseitiger Verstärkung zu erwarten (Baier 2015): Totholz und Streufall vergrößern die Humusauflage, welche durch ihre Wasserspeicherkapazität das Baumwachstum fördert und das bevorzugte Keimbett für Zirbensamen ist; umgekehrt liefern wuchskräftige Bestände mehr Nekromasse und schützen den Humus vor Abbau durch Mineralisation und Erosion. Haunstetter (2018) zeigte, dass Tangelhumus in den Allgäuer Alpen umso mächtiger ist, je weniger entwickelt (steinig und felsig) der darunter liegende Mineralboden ist. Der verkarstete Schrattenkalk, der kaum mineralische Rückstände liefert, fördert also unter Latschen und Wald die Auflagehumusbildung, die ausgerechnet auf Felsgraten besonders große Mächtigkeit erreicht (Stimmelmayer 2019). Die Dicke des Tangelhumus schwankt jedoch innerhalb der Waldbestände beträchtlich, was u.a. durch die Bedeutung des Totholzes für die Humusnachlieferung hinweist (vgl. Olleck et al. 2019). Drei Gründe sprechen dafür, dass die durch Weidepflege offen gehaltenen Alpflächen sehr wahrscheinlich geringere Humusauflagen aufweisen: Ihnen fehlt der Input von Nadelstreu und Totholz, Auflagehumus wird durch Tritt in den Boden eingearbeitet (vgl. Bochter & Neuerburg 1981) und die Böden sind etwas weniger steinig als auf den Felsrippen.

Eine nennenswerte Verjüngung der Zirben auf dem Gottesackerplateau ist zurzeit nicht erkennbar: In der Umgebung der untersuchten Altbäume wurden nur wenige Jungbäume angetroffen und auf dem Rest der Fläche wurde keinerlei Zirbenverjüngung registriert. Welzmüller & Ewald (2017) fanden mit 800 St./ha 50 mal höhere Dichten und sahen die Erneuerung der Zirben im Wettersteinwald dennoch nicht gesichert. Mit 540 St./ha liegt die Gesamtverjüngung der untersuchten Baumgruppen weit unter den Pflanzzahlen für Schutzwaldaufforstungen (3.000 bis 6.000 St./ha, Bayer. Forstverwaltung 2007). Diese äußerst ungünstige Verjüngungssituation dürfte durch die geringe Dichte an Mutterbäumen, das raue Bestandsklima in den Baumgruppen und durch den Einfluss großer Pflanzenfresser bedingt sein (Abb. 9). Das Untersuchungsgebiet liegt in einer Winter-Wild- Ruhezone. In der betreffenden Höhe kommen die Schalenwildarten Rotwild (*Cervus elaphus*) und Gams (*Rupicapra rupicpra*) vor. Während die Fütterung in den Wintergattern den winterlichen Besatz begrenzt, wurden während der Aufnahmen täglich mehrere Stücke Rotwild beobachtet und die Wildart besitzt in der Umgebung wichtige Brunftplätze. Gamswild steht ganzjährig im Gebiet und weicht im Hochwinter in tiefere Waldbereiche aus. Beide Wildarten können die Zirbe verbeißen, wobei angesichts der geringen Stückzahl selektiver Verbiss wenig plausibel ist. Orr (1997), der schon bei einem über mehrere Jahre anhaltenden Verbissprozent von 30% einen 90%en Ausfall der Zirbenverjüngung beobachtete, hebt die Zusatzbelastung durch Schlag-, Fege- und Schälschäden hervor, welche im Untersuchungsgebiet ebenfalls beobachtet wurden (Abb. 10).

Eine Zuordnung des Verbisses nach Rindern, Rotwild und Gams wurde nicht vorgenommen. Jedoch konnte Liss (1988) den selektiven Verbiss in beweideten Bergmischwäldern des Chiemgau vorwiegend dem Schalenwild zuordnen, während Weidetiere die Verjüngung v.a. durch Tritt schädigten. Dagegen berichten Welzmüller & Ewald (2016) von einer Schädigung von Zirbenjungwuchs durch Viehverbiss. Nach Mayer (2004) steuern Tierbesatzstärke, Größe der Weidefläche, Dauer der Beweidung und Biomasseangebot den Verbiss durch Weidevieh.

Abb. 10: Zirbe (BHD 52 cm) mit massivem Schälschaden; rechts: Detail der Wunde mit Rotwildhaaren. (Fotos: N. Lieb).

Verglichen mit den Ergebnissen von Welzmüller & Ewald (2016) fällt auf dem Gottesackerplateau das völlige Fehlen von Bergahorn- und Buchenverjüngung auf, wo auf Grund der Höhenlage (Minimum 1560 m vs. 1360 m im Wettersteinwald) kein Kontakt zu laubholzreichen, montanen Bergmischwäldern besteht. Filtert man aus der Inventurdatenbank des Naturwaldreservats Wettersteinwald nur die höhenmäßig vergleichbaren Probekreise heraus, so ergibt sich folgendes Bild: Selbst für die Fichtenverjüngung liegen die Verjüngungsdichten 1,7mal niedriger, während sie sich bei der Zirbe (33mal), Vogelbeere (32mal), und Tanne (8mal) und Birke (12mal niedriger) in einer anderen Welt bewegen. Immerhin ist, abgesehen von der Fichte, die Reihenfolge der absoluten Dichten mit Vogelbeere > Tanne > Zirbe in beiden Gebieten gleich.

Tab. 1: Vergleich der Verjüngungsdichten (Pflanzenzahlen pro ha) auf den Probeflächen dieser Arbeit mit denen von Welzmüller & Ewald (2016) aus dem Wettersteinwald.

	Fi	**VoBe**	**Ta**	**Zir**	**Bi**	**BAh**	**Lä**	**Bu**
Gottesackerplateau (1560–1840 m)	433	49	22	16	16	0	0	0
Wettersteinwald (1560–1860 m)	754	1553	170	539	191	1579	0	0
Wettersteinwald (1360–1860 m)	1415	2505	589	531	191	5541	29	29

Eine Konkurrenz durch die schattentolerante Fichte, wie sie Walentwoski et al. (2013) beschreiben, ist angesichts der geringen Dominanz als Ursache für das Fehlen der Zirbenverjüngung wenig plausibel.

Unter den aktuellen Bedingungen erscheint eine spontane Erneuerung der Zirbenpopulation kaum möglich. Dabei belegen die gespreitete Altersstruktur und das Vorhandensein jüngerer Zirben (Abb. 6), dass zumindest vereinzelte Rekrutierung noch im letzten Jahrhundert stattgefunden hat. Isolation und geringe Größe des Vorkommens lassen eine genetische Verarmung durch Inzucht befürchten, die Samenansatz und Anwuchserfolg zusätzlich reduzieren könnte (Salzer 2012). Die Option, fremde Zirben zur Bereicherung des Genpools einzubringen, ist gegen die Erhaltung lokaler Anpassung abzuwägen. Nach Verwandtschaftsanalysen von Gugerli (unveröffentlicht) kommt hierfür allenfalls Vermehrungsgut aus Vorarlberg, dem westlichen Tirol oder Graubünden in Frage, während die Zirben aus den östlichen Bayerischen Alpen anderen Genotypen angehören.

Wie sind die Aussichten der Zirbenpopulation im Klimawandel? Die Zirbe ist die „einzige hochstämmige Baumart, die tiefere, wärmere Lagen ausgesprochen meidet“ (Ewald & Kölling 2009). Eine nach dem Klimaszenario A1B wahrscheinliche Erwärmung von ca. 2 °K (Spekat 2006), hätte eine Verschiebung der Wärmegrenzen von mehr als 400 m zur Folge (Ewald & Kölling 2009). Die Zahl der frostfreien Tage würde sich von 66 auf 89 erhöhen (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung 2019b). Auf dem Gottesackerplateau würden die Bedingungen für eine Wiederausbreitung des Waldes günstiger, diese würde aber vermutlich v.a. durch die Vogelbeere sowie durch Konkurrenten der Zirbe der Fichte, evtl. auch durch Bergahorn und Buche realisiert.

6. Schlussfolgerungen

Die Untersuchung zeigt das Zirbenvorkommen am Gottesackerplateau als Relikt in einer durch Alpwirtschaft und Schalenwildhege geprägten Hochgebirgslandschaft. Eine Förderung der Zirbe er-

scheint durchaus wünschenswert und sinnvoll, handelt es sich doch um einen Lebensraum, der mit den Hauptvorkommen in den Berchtesgadener Alpen und im Wettersteingebirge durchaus vergleichbar ist. Gezielte Schutzmaßnahmen setzen ein weide- und wildökologisches Konzept voraus, das den Waldresten eine Chance zur Erneuerung gibt. Die vorliegende Bestandsaufnahme bietet einen Ausgangspunkt für solche Bemühungen. Eine Reduzierung des Schadensniveaus könnte Ansamung und Etablierung der Zirben verbessern und könnte durch Pflanzungen aus regionaler Herkunft mit Einzelschutz ergänzt werden. Diese Maßnahmen sollten durch weitere Erforschung der genetischen Struktur, der Fruktifikation, der Ausbreitung durch den Tannenhäher und der Samenqualität flankiert werden.

Literaturverzeichnis

Baier, R. (2015): Dynamik und ökologische Bedeutung der Humusauflage in Kalkalpinen Wäldern. Schriften des Nationalparks Gesäuse. UR-/ NATUR-/ NUTZ- WALD. Bd. 12, S. 38–46.

Bayerische Forstverwaltung (2007): Pflanzung im Schutzwald. Hinweise für die Praxis.

PflanzRL Version 1.02. Fachstellen Schutzwaldmanagement.

Bayernflora (2019): Steckbriefe zu den Gefäßpflanzen Bayerns. Pinus cembra. Abgerufen am 05.02.2019 von: http://daten.bayernflora.de/de/info_pflanzen.php?taxnr=4290&suchtext=Pinus%20Cembra&g=&de=.

Bochter, R., Neuerburg, W. & Zech, W. (1981): Humus und Humusschwund im Gebirge. Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden 2.

Blum, W.E.H. (2012): Bodenkunde in Stichworten. Stuttgart: Gebr. Borntraeger.

Brupbacher, M. (2011): Der gefiederte Förster. in: ornis 2/11, Hrsg. BirdLife Schweiz, Zürich, S. 16 – 18. Abgerufen am 03.11.18 von: https://www.waldwissen.net/wald/tiere/voegel/wsl_gefiederter_foerster/wsl_gefiederter_f oerster_originalpdf.pdf.

Climate-Data (2018): Klima & Wetter in Tiefenbach. Abgerufen am 20.11.2018 von https://de.climate-data.org/europa/deutschland/bayern/tiefenbach-193496/.

Cronauer, F. (1995): Forst und Jagd im Rohrmoos im 19. und 20. Jahrhundert, in: 90 Jahre Viehzuchtgenossenschaft Tiefenbach 1905 –1995. Aus Tiefenbachsgeschichte, Hrsg. VZG Tiefenbach, Oberstdorf, S. 82-88.

Dörr, E. & Lippert, W. (2001): Flora des Allgäus und seiner Umgebung. 2 Bände. Eching: IHW-Verlag.

Ewald, J. (2012): Vegetation databases provide a close-up on altitudinal tree species distribution in the Bavarian Alps. Biodiversity & Ecology 4: 41–48. DOI: 10.7809/b-e.00058.

Ewald, J., Kölling, C. (2009): Wo der Wald an Grenzen stößt – Höhenverbreitung der Baumarten in den Nordalpen. in: LWF aktuell 71, Hrsg. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, S. 34-36.

Fisel, A. (2018): Mündliches Gespräch.

Frey, G. (1965): Hoher Ifen – des Allgäus größtes Naturschutzgebiet. In: Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen u.-Tiere, München: 138–149. Abgerufen am 16.8.2020 von https://www.zobodat.at/publikation_volumes.php?id=51606.

Gugerli, F., Brodbeck, S. (2018): unpubl. data/ pers. communication.

Haunstetter, M. (2018): Verteilung und Vorhersagbarkeit von Tangelhumus in den Bergwäldern der Allgäuer Alpen. Bachelorarbeit. Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising.

Keidel, B. (1975): Die Zirbe im Lungau und ihre Bedeutung für die Hochlagenbewaldung. Eine wald- und heimatkundliche Studie. Salzburg: Festungsverlag.

Kramer, H., Akça, A. (2008): Leitfaden zur Waldmesslehre. Bad Orb: J.D. Sauerländer`s.

Landesforstdirektion Tirol (2004): Ertragstafeln Tirol. Abgerufen am 21.11.18 von: https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/wald/waldwirtschaft/downloads/ertragst afeln-fuer_tirol.pdf.

Lfu.Bayern (2018): Geologie Bayerns. Abgerufen am 29.11.18 von https://www.lfu.bayern.de/geologie/geologie_bayerns/tektonik/alpen/index.htm.

Liss, B.M. (1988): Der Einfluß von Weidevieh und Wild auf die natürliche und künstliche Verjüngung im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. in: Forstwissenschaftliches Centralblatt 107. Hrsg. Springer, Berlin / Heidelberg, S. 14–25. Abgerufen am 12.01.19 von: https://doi.org/10.1007/BF02742169.

Meynen, E. Schmithüsen, J. Gellert, J. F. Neef, E. Müller-Miny, H. Schultze, J. H. (1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Bd. 1-8, Remagen und Bad Godesberg: Bundesanstalt für Landeskunde (1953–1962).

Mayer, A. C., Stöckli, V., Gotsch, N., Konold, W., Kreuzer, M. (2004): Waldweide im Alpenraum. Neubewertung einer traditionellen Mehrfachnutzung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 155, S. 38–44.

Orr, E., Frehner, M., Frey, H. U., Lüschner, P. (1997): Gebirgsnadelwälder – Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortsgerechte Waldbehandlung. Bern, Stuttgart, Wien: Paul Haupt.

Pfiffner, A. (2015): Geologie der Alpen. Bern: Haupt.

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2019a): Klimawandel und Schutzgebiete. Abgerufen am 07.01.19 von https://www.pik-potsdam.de/services/infothek/klimawandel- und-schutzgebiete/klimawandel-und-schutzgebiete?searchterm=Klimadiagramm.

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2019b): Szenarien Hoher Ifen. Abgerufen am 07.01.19 von http://www.pik-potsdam.de/~wrobel/sg-klima- 3/landk/popups/l3/sgd_t3_4217.html.

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2019c): Klimadiagramm Hoher Ifen. Abgerufen am 07.01.19 von http://www.pik-potsdam.de/~wrobel/sg-klima- 3/landk/walter/ref/walter_4217_ref.png.

Proholz Tirol (2018): Merkmale. Abgerufen am 04.11.18 von http://www.zirbe.info/die- zirbe/merkmale.html.

Rehfuess, K. E. (1990): Waldboden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. Hamburg und Berlin: Paul Parey.

Richter, D. (1984): Allgäuer Alpen, Sammlung Geologischer Führer Band 7. Berlin- Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.

Rohmeder, E. (1941): Die Zirbelkiefer als Hochgebirgsbaum. Abgerufen am 30.10.18 von http://www.zobodat.at/pdf/Jb-Verein-Schutz-Alpenpfl-Tiere_13_1941_0027-0039.pdf.

Salzer, K. Gugerli, F. (2012): Reduced fitness at early life stages in peripheral versus core populations of Swiss stone pine (Pinus cembra) is not reflected by levels of inbreeding in seed families. in: Alpine Botany 122. Hrsg. SP Birkhäuser, Basel, S. 75–85. Abgerufen am 12.01.19 von: https://doi.org/10.1007/s00035-012-0106-z.

Sendtner, O. (1854): Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns nach den Grundsätzen der Pflanzengeographie und mit Bezugnahme auf die Landeskultur. München: Literarisch-artistische Anstalt.

Scholz, H. (2000): Die Helvetischen Berge in den Allgäuer Alpen, in: Hochifen und Gottesacker eine Karstlandschaft zwischen Bregenzer Wald und Allgäuer Alpen, Hrsg. Verband der deutschen Höhlen- und Karstforscher e.V., München, S. 31–49.

Schönbeck, H. (1956): Der Tannenhäher (Nucifraga caryocatactes caryocatactes L.J.) in der Steiermark. Abgerufen am 12.11.18 von http://www.zobodat.at/pdf/MittZoolBotJoan_H05_1956_0068-0082.pdf.

Spektat, A., Enke, W., Kreienkamp, F. (2006): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarien mit dem Regionalisierungsmodell WETT-REG 2005 auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI - OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES - Szenarien B1, A1B und A2. Projektbericht im Rahmen des F+E-Vorhabens 204 41 138, Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland - Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland.

Stimmelmayer, M. (2019): Verteilung von Alpenhumus entlang von bewaldeten Berggraten der Chiemgauer Alpen. Bachelorarbeit. Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising.

Tranquillini, W. (1963): Über die Frostresistenz der Zirbe. Mittlg. FBVA Wien.

Wagner, H. (1970): Zur Abgrenzung der subalpinen gegen die alpine Stufe. Abgerufen am 09.01.19 von: https://www.zobodat.at/pdf/Mitt-ostalpin-dinaris-pflanzensoz- arbeitsg_11_1970_0225-0233.pdf.

Wälder, J. (2018): Mündliches Gespräch.

Walentowski, H., Ewald, J., Fischer, A., Kölling, C., Türk, W. (2013): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. Freising: Geobotanica.

Welzmüller, S. & Ewald, J. (2016): Die Naturverjüngung der Zirbelkiefer im Naturwaldreservat Wettersteinwald (Oberbayern) in Abhängigkeit von ökologischen Faktoren. Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt 81/82: 241–262.

Danksagung

Besonderer Dank gilt dem Revierleiter Andreas Fisel und Melanie Vogler-Geis für die ortskundige Unterstützung sowie Dr. Philipp Daniel Merckle für das Stellen einer Unterkunft.

Anschrift der Verfasser

Niklas Lieb
Naturpark Nagelfluhkette e.V.
Platz 370
A-6952 Hittisau
lieb@naturpark-nagelfluhkette.eu

Prof. Dr. Jörg Ewald
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 3
85354 Freising
joerg.ewald@hswt.de