

Höhenstufen und Humus: Bergwald im Klimawandel, Oberammergau-Ettal

Jörg Ewald

*Professur für Botanik, Vegetationskunde und Gebirgsökosysteme, Institut für Ökologie und Landschaft,
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 3, 85354 Freising
E-mail: joerg.ewald@hswt.de*

Zusammenfassung

Waldstandorte und Pflanzengesellschaften entlang der Route vom Laber (1682 m NN) zum Ettaler Sattel (890 m NN) werden vorgestellt. Das Gebiet weist auf geringer Distanz einen ausgeprägten thermohygrischen Gradienten (submontane bis subalpine Höhenstufe), Ausgangsgesteine mit unterschiedlichen Eigenschaften (Dolomit, Kalk, Kieselkalk, Mergel) und geomorphologische Sonderstandorte (Blockhalden, Grate, Felshänge) auf. Humuspflüge und Schutzwaldsanierung werden als wichtige waldbauliche Konzepte in Gebirgswäldern vorgestellt, und Zielkonflikte mit anderen Ökosystemleistungen werden erläutert.

1. Lage, Geologie, Böden und Klima

Die Verteilung von Pflanzenarten und Lebensgemeinschaften entlang von klimatischen Höhengradienten, seit Alexander von Humboldt ein Klassiker der Geobotanik, erhält im Klimawandel Modellcharakter. Bergwälder erbringen eine Vielzahl von Nutz- und Schutzfunktionen. Unter dem Gesichtspunkt der Mitigation des Klimawandels rücken die Kohlenstoffvorräte der Böden in den Fokus. Die Exkursion wurde konzipiert, um an einem Tag die wesentlichen Gradienten von Wärme-, Basen- und Wasserhaushalt sowie die Verteilung mächtiger Humusaufgaben an Hand von Zeigerpflanzen und Waldgesellschaften des Alpennordrands zu verdeutlichen.

Das Exkursionsgebiet befindet sich am Ettaler Manndl (1633 m NN), einem östlichen Auslieger des Ammergebirges. Es gehört nach der Forstlichen Wuchsgebietsgliederung zum Wuchsbezirk „15.5 Mittlere Bayerische Kalkalpen“, nach der Gliederung des Bayerischen Landesamtes für Umwelt zur Haupteinheit „022 Ammergebirge“. Die Wanderung beginnt an der Bergstation (1682 m NN) der historisch interessanten Laber-Bahn, die, bereits in den 1950er Jahren erbaut, die letzte noch verkehrende Großkabinen-Zweiseil-Umlaufbahn weltweit ist. Nach einer Erläuterung des Panoramas mit Ausblicken auf Flyschvorpalen (N), Murnauer Moos (NE), Estergebirge (E), Wettersteingebirge (S) und Ammergebirge (W) steigen wir durch die von Almweiden, Felsen und Fichtenwäldern geprägte subalpine Stufe ab zur Tiefental-Alm und queren in den zum Forstbetrieb Oberammergau der Bayerischen Staatsforsten A.ö.R. gehörenden Distrikt Höllenstein. In der montanen Stufe am Nordabfall des Ettaler Manndls (1360 m NN) durchwandern wir die geologische Mulde der Lechtaldecke nach Süden bis zum Kleinen Laber (1170 m NN). Der Abstieg führt über den Grat des

Mühlbergs (1305 m NN) durch ein steiles Schrofengelände zum Ettaler Sattel (890 m NN), wo zum Schutz der Bundesstraße 23 bereits in den 1970er Jahren mit der Schutzwaldsanierung begonnen wurde.

Geologisch liegt das Exkursionsgebiet im Bereich der kalkalpinen Randzone (Lechtaldecke). Das Schichtenpaket aus Trias, Jura und Kreide ist im Exkursionsgebiet intensiv zu einer Muldenstruktur verfaltet (Abb. 1): Die Route führt, die Mulde von Nord nach Süd querend, aus dem Hauptdolomit (Nor, hd, Exkursionspunkt 1) über Oberrhät- bzw. Thecosmilia-Kalk (ko) und Lias-Kieselkalk (Jura, lh, Punkte 2 und 5) bis zum Cenoman-Sandstein (Kreide, cs), und von dort wieder in die älteren Gesteine des Lias-Fleckenmergel (lf), Kössener Schichten (Rhät, k), Plattenkalk (pk) und Hauptdolomit (Nor, hd, Exkursionspunkte 6–9).

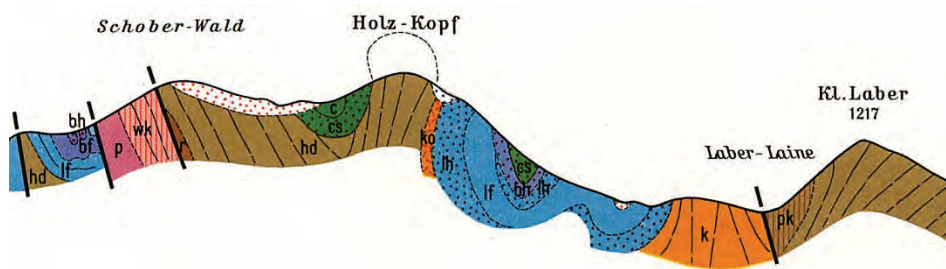
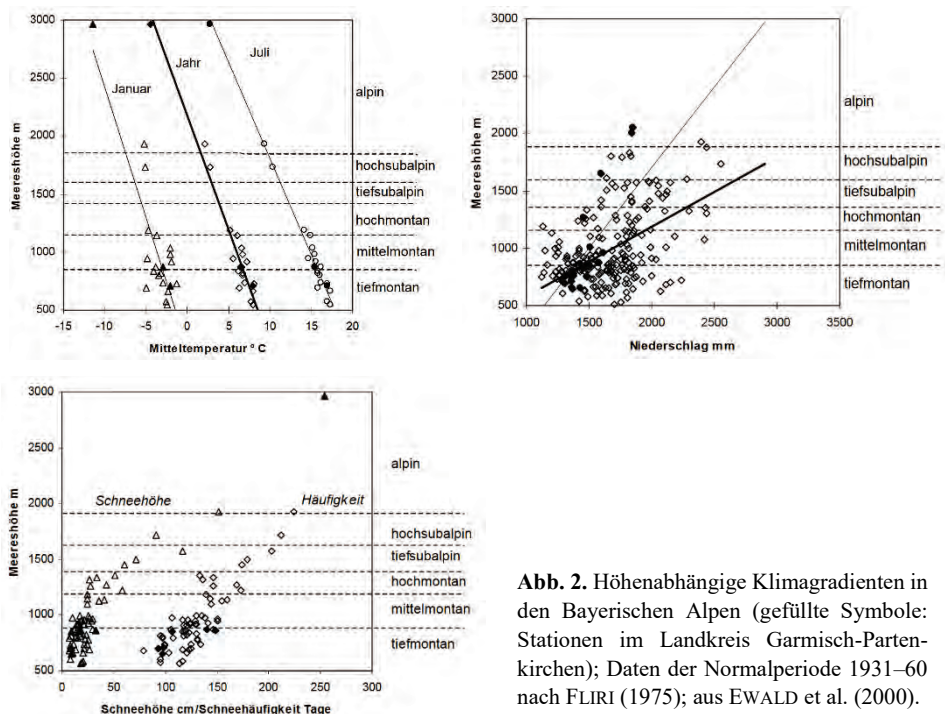


Abb. 1. Geologisches Profil am Alpennordrand beim Ettaler Mandl (KUHNER et al. 1967).

Das pnV-Modell von REGER et al. (2014) für das Exkursionsgebiet basiert auf Regressionen mittlerer Ellenberg-Zeigerwerte für Temperatur, Reaktion und Feuchte in georeferenzierten Vegetationsaufnahmen (EWALD 1995, REGER et al. 2012) gegen flächendeckend verfügbare Daten zu Klima, Relief und Böden.

Das Klima weist markante Höhengradienten von Temperatur und Schneebedeckung auf. Die Niederschlagszunahme über der Meereshöhe weist eine höhere Varianz auf (Abb. 2). Aus der gegen Mitteltemperaturen der Vegetationszeit, Exposition und Hangneigung kalibrierten Temperaturzahlen (REGNER et al. 2011) werden im Gebiet die Höhenstufen tiefsubalpin (Fi: Fichtenwald, erste Ziffer 4), hochmontan (FT: Fichten- und Tannenreicher Bergmischwald, 3), montan (FTB: Fichten-Tannen-Buchenwald, 2) und submontan (Bu: Buchenreicher Bergmischwald, 1) unterschieden. Seit 1850 hat die Jahresdurchschnittstemperatur am Hohenpeissenberg um 2 °C, gegenüber der in der Kompilation von FLIRI (1975) verwendeten Referenzperiode 1931–1960 um ca. 1 °C zugenommen. Bei einem Höhengefälle von 0,48 °C pro 100 m ist seit Beginn der Messungen ein Anstieg der potentiellen Höhengrenzen um ca. 400 m anzunehmen. Vermutlich ist die auffällige Zunahme der Buchenverjüngung im Exkursionsgebiet auf die Erwärmung zurückzuführen, wobei zu bedenken ist, dass im selben Zeitraum forstliche Eingriffe und Schalenwildstände tendenziell abgenommen haben.

Das Modell der Bodenreaktion (HÄRING et al. 2014) spiegelt den Chemismus der Ausgangsgesteine (KOLB 2012) wider, die in drei Serien gegliedert wird: Carbonat (mittlere Ziffer 1, Hartkalke und -dolomite, Rendzina-Terra fusca-Serie), basenreiche Silikat- (2, Mergel, eutrophe Braunerden, oft mit Gleymerkmalen) und saure Silikatgesteine (3, Sandsteine und Kieselkalke, oligotrophe Braunerden/Podssole). Die dritte Ziffer des Standortcodes gibt, basierend auf einem Modell von HÄRING et al. (2013), die ökologische Feuchtestufe von trocken (dritte Ziffer 1) bis nass (9) an (vgl. Legende in Abb. 3).



2. Waldgesellschaften und Exkursionspunkte

Entlang der Exkursionsroute werden Bestände von neun Waldgesellschaften besichtigt (Abb. 1, Tab. 1), davon vier zonale und fünf extrazonale an Sonderstandorten. Zwischen Punkt 5 und 6 werden naturnahe Bestände des *Galio odorati-Fagetum* (Bergland-Form) durchwandert.

Tabelle 1. Exkursionspunkte, Waldtypen (vgl. Abb. 3) und Waldgesellschaften nach EWALD (2005) und WALENTOWSKI et al. (2020).

1	Fi 413	Rendzina aus Hauptdolomit (Nor)	<i>Adenostylo glabrae-Piceetum seslerietosum</i>
2	(Fi 434)	Podsol aus Kieselkalk (Scheibelberg-Formation, Jura)	<i>Homogyne alpinae-Piceetum</i>
3	Fi 223s	Felshumusboden auf Bergsturzmaterial	<i>Asplenio viridis-Piceetum</i>
4	Ah 213s	Rendzina aus Kalkschutt	<i>Ulmo-Aceretum phyllitidetosum</i>
5	FT 334	Podsol aus Kieselkalk (Scheibelberg-Formation, Jura)	<i>Luzulo-Fagetum oxalidetosum</i> (Berglandform)
6	FTB 213	Lehmrendzina aus Hauptdolomit (Nor)	<i>Aposerido-Fagetum typicum</i> , <i>Carex alba</i> -Var.
7	(FT312)	Felshumusboden aus Hauptdolomit (Nor)	<i>Adenostylo glabrae-Abietetum</i>
8	(FTB212s)	Mullartige Rendzina aus Hauptdolomit (Nor)	<i>Calamagrostio variaae-Pinetum primuletosum auriculae</i>
9	FTB212s	Rendzina aus Hauptdolomit (Nor)	<i>Seslerio-Fagetum typicum</i>

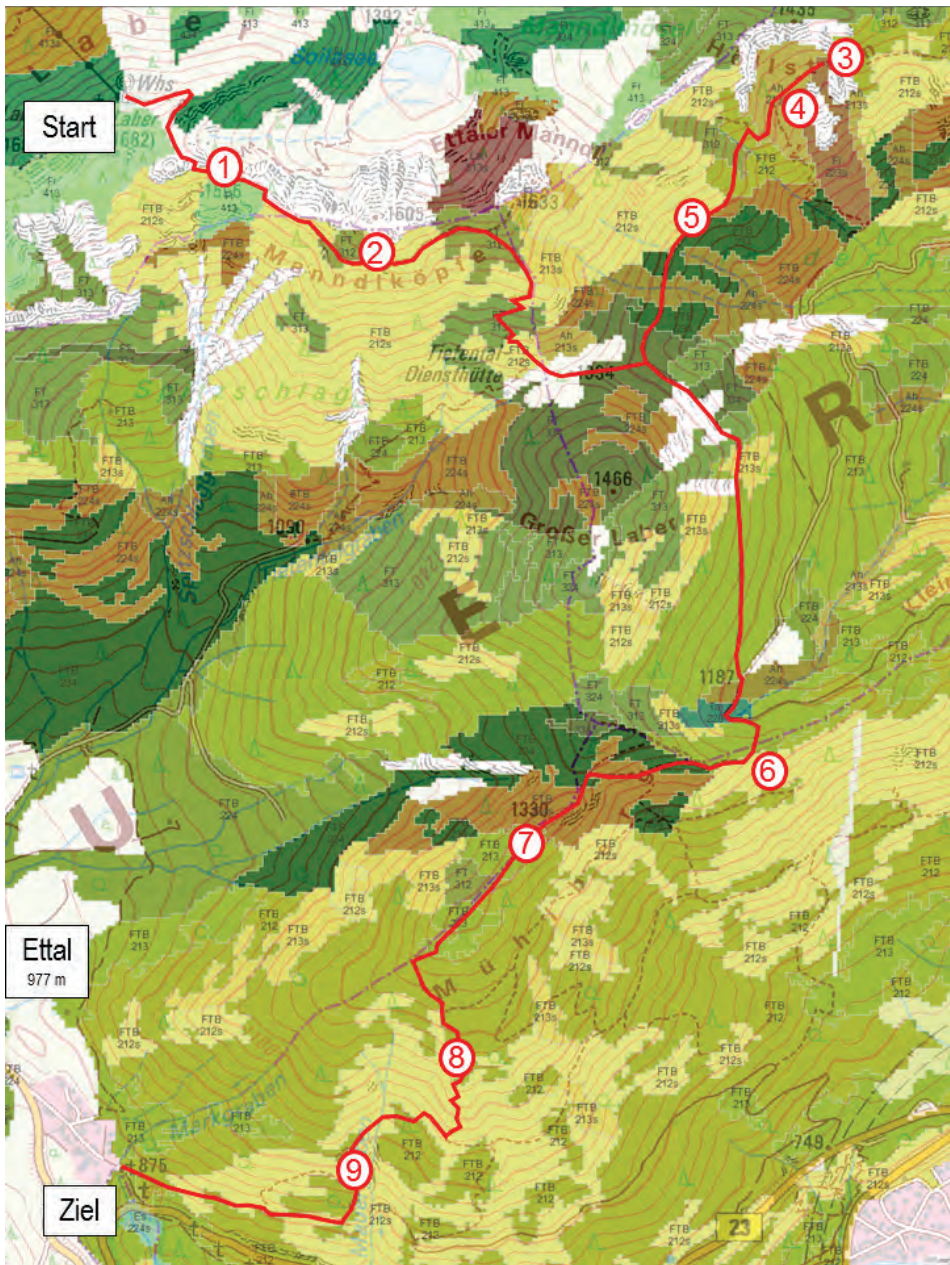


Abb. 3. Ausschnitt aus der Waldtypenkarte der Bayerischen Alpen; die Exkursionsroute ist als rote Linie eingezeichnet (vgl. Tab. 1). Die Karte mit zugehörigen Steckbriefen ist unter <https://www.fovgis.bayern.de/winalp/recherchierbar>. Kartengrundlage: © Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung 2019.



Karte der Waldtypen

Submontane, buchenreiche Bergmischwälder

- Bu 112 - submontaner, mäßig trockener Carbonat-Bergmischwald
- Bu 113 - submontaner, mäßig frischer Carbonat-Bergmischwald
- Bu 124 - submontaner, frischer, basenreicher Silikat-Bergmischwald
- Bu 125 - submontaner, betont frischer, basenreicher Silikat-Bergmischwald
- Bu 134 - submontaner, frischer, stark saurer Silikat-Bergmischwald

Edellaubholzwälder

- Ah 213s - Schutthang-Edellaubmischwald
- Ah 224s - Komplex der steilen, feinerdereichen Einhänge und Schluchten

Au- und Sumpfwälder

- Es 128 - submontaner Erlen-Eschenwald
- Es 114s - Komplex der submontanen Auenwälder
- Es 224s - Komplex der montanen bis hochmontanen Auenwälder
- Es 229s - Grauerlen-Sumpfwald
- Wei 222s - Komplex der Wildbachau

Montane Bergmischwälder

- FTB 212 - montaner, mäßig trockener Carbonat-Bergmischwald
- FTB 213 - montaner, mäßig frischer Carbonat-Bergmischwald
- FTB 224 - montaner, frischer, basenreicher Silikat-Bergmischwald
- FTB 225 - montaner, betont frischer, basenreicher Silikat-Bergmischwald
- FTB 234 - montaner, frischer, stark saurer Silikat-Bergmischwald
- FTB 212s - Komplex der sub- bis hochmontanen, sonnseitigen Felsabhäng
- FTB 213s - Komplex der sub- bis hochmontanen, schattseitigen Felsabhäng
- FTB 223s - Komplex der sub- bis hochmontanen Karstplateaus
- FTB 224s - Komplex der sub- bis hochmontanen Mergelsteilhänge

Tannenwälder

- Ta 228 - feuchter, basenreicher Tannen-Fichtenwald
- Ta 238 - feuchter, stark saurer Tannen-Fichtenwald

Hochmontane Bergmischwälder

- FT 312 - hochmontaner, mäßig trockener Carbonat-Bergmischwald
- FT 313 - hochmontaner, mäßig frischer Carbonat-Bergmischwald
- FT 324 - hochmontaner, frischer, basenreicher Silikat-Bergmischwald
- FT 325 - hochmontaner, betont frischer, basenreicher Silikat-Bergmischwald
- FT 334 - hochmontaner, frischer, stark saurer Silikat-Bergmischwald
- FT 335 - hochmontaner, betont frischer, stark saurer Silikat-Bergmischwald

Fichtenwälder

- Fi 413 - subalpiner, mäßig frischer Carbonat-Fichtenwald
- Fi 424 - subalpiner, frischer, basenreicher Silikat-Fichtenwald
- Fi 425 - subalpiner, betont frischer, basenreicher Silikat-Fichtenwald
- Fi 434 - subalpiner, frischer, stark saurer Silikat-Fichtenwald
- Fi 435 - subalpiner, betont frischer, stark saurer Silikat-Fichtenwald
- Fi 428 - subalpiner, feuchter Fichtenwald
- Fi 438 - subalpiner, feuchter, stark saurer Fichtenwald
- Fi 223s - Block-Fichtenwald
- Fi 424s - subalpiner Block-Fichtenwald
- Fi 412s - Komplex der subalpinen, sonnseitigen Felsabhäng
- Fi 413s - Komplex der subalpinen, schattseitigen Felsabhäng
- Fi 423s - Komplex der subalpinen Karstplateaus

Zirbenwälder

- Zir 122s - hochsubalpiner Lärchen-Zirbenwald

Latschenbüsche

- Lat 512s - sonnseitiges Carbonat-Latschengebüsch
- Lat 513s - schattseitiges Carbonat-Latschengebüsch
- Lat 524s - Silikat-Grünerlen- und Latschengebüsch

Kiefernwälder

- Kie 212s - Carbonat-Trockenkiefernwald

Moore

- M 229s - Komplex der Niedermoore
- M 239s - Komplex der Hochmoore

Die Modellierung der Waldtypenkarte basiert auf Geodaten
- der Bayerischen Vermessungsverwaltung (LVG),
- des Landesamtes für Umwelt (LJU),
- des Deutschen Wetterdienstes (DWD),
- der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).

Das Projekt »Waldinformationssystem Nordalpen« (WINALP) wurde aus dem EFRE-Programm für Europäische Territoriale Zusammenarbeit von der EU, den Forstverwaltungen von Bayern, Tirol und Salzburg und den Bayerischen Staatsforsten gefördert.



INTERREG - gemeinsam
grenzenlos gestalten



3. Humuspflege

Mächtige organische Auflagen über kaum verwitterten Carbonatgesteinen (als Alpen- bzw. Tangelhumus bezeichnet) sind eine Besonderheit der Bergwälder der Kalkalpen. Sie sind unter Berücksichtigung des Ausgangsgesteins (OLLECK et al. 2021) an der ungewöhnlichen Kombination von Kalk- und Säurezeigern im selben Bestand lokalisierbar (OLLECK et al. 2020a). Für Sonderstandorte wie Blockhalden (*Asplenio-Piceetum*, Punkt 3), Grate, Karstplateaus und Dolomitschuttkegeln (*Adenostylo glabrae-Abietetum*, Punkt 7) ist flächig ausgebildeter Tangelhumus besonders kennzeichnend. Tangelhumus wird nach Bestandesstörung durch Windwurf oder Borkenkäferbefall und anschließende Räumung (aus Waldschutzgründen gesetzlich vorgeschrieben) rasch abgebaut (MAYER et al. 2016). Andererseits trägt Totholz zur Nachlieferung von Tangelhumus bei (OLLECK et al. 2020b). Der Zielkonflikt zwischen Waldschutz, Holzbringung und Humuspflege wird durch finanzielle Unterstützung für das Belassen von entrindetem Fichtenholz aufgelöst (nahe Punkt 6).

4. Spannungsfeld Schutzwaldsanierung versus Artenschutz

Trotz hoher Niederschläge kommen an extrem steilen ($>30^\circ$ Hangneigung), südexponierten und damit dem Föhnwind ausgesetzten Felshängen der Kalkalpen xero-thermophile Waldgesellschaften (*Seslerio-Fagetum*, *Calamagrostio-Pinetum*, Punkte 9 und 8) vor. Diese sind meist von Gebüsch mit *Amelanchier ovalis* und *Cotoneaster tomentosus*, Staudensäumen (mit *Laserpitium siler*) und montanen Magerrasen (*Laserpitio latifolii-Seslerietum*) durchsetzt, die wichtige Lebensräume des Thymian-Ameisenbläulings (*Phengaris arion*) darstellen. Die Erhaltung der Offenlandlebensräume steht in einem Zielkonflikt zum Schutzwaldmanagement, das durch temporäre Verbauungen und Schalenwildmanagement geschlossene Waldbestände mit Schutzwirkung gegen Schneebewegungen und Steinschlag herzustellen versucht (REICHERT & ADELMANN 2020).

5. Fazit

Die Exkursion erlaubt es an einem Tag die wichtigsten Waldgesellschaften der Bayerischen Alpen in repräsentativer und naturnaher Ausbildung kennenzulernen. Die Höhenstufen, die Humusvorräte und die Erfüllung von Schutzfunktionen werden im Klimawandel einer erheblichen Dynamik ausgesetzt sein.

Literatur

- EWALD, J. (1995): Eine vegetationskundliche Datenbank bayerischer Bergwälder. – Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 56: 453–465.
- EWALD, J. (2005): Schlusswaldgesellschaften des Werdenfelser Landes (Bayerische Alpen). – Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 66: 377–406.
- EWALD, J., REUTHER, M., NECHWATAL, J. & LANG, K. (2000): Monitoring von Schäden in Waldökosystemen des bayerischen Alpenraumes. Materialien 155. – Bayerisches Staatsmin. für Landesentwicklung u. Umweltfragen, München: 255 pp.
- FLIRI, F. (1975): Das Klima der Alpen im Raume Tirols. – Monographien zur Landeskunde Tirols 1. 454 pp.
- HÄRING, T., REGER, B., EWALD, J., HOTHORN, T. & SCHRÖDER, B. (2013): Predicting Ellenberg's soil moisture indicator value in the Bavarian Alps using additive georegression. – Appl. Veg. Sci. 16: 110–121.

- HÄRING, T., REGER, B., EWALD, J., HOTHORN, T. & SCHRÖDER, B. (2014): Regionalizing indicator values for soil reaction in the Bavarian Alps – from averages to multivariate spectra. – *Folia Geobot.* 49: 385–405.
- KOLB, E. (2012): Interaktive Karte der Gesteinseigenschaften. Eine neue Substratgliederung bringt schnelle Übersicht und viele Informationen über die Böden der Bayerischen Alpen. – LWF aktuell 87/2012: 1–15.
- KUHNERT, C. (Hrsg.) (1967): Geologische Karte von Bayern m. Erläuterung 1:25 000. Blatt 8432 Oberammergau. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- MAYER, M., MATTHEWS, B. & KATZENSTEINER, K. (2016): Humusdynamik auf Waldstandorten in den Nördlichen Kalkalpen. – In: KATZENSTEINER, K., EWALD, J. & GÖTTLEIN, A. (Hrsg.): Wälder der Kalkalpen - Strategien für die Zukunft. Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur 21: 39–60. URL: https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H91000/H91200/Schriftenreihe/Band_21.pdf [Zugriff am 14.02.2022].
- OLLECK, M., REGER, B. & EWALD, J. (2020a): Plant indicators for Follic Histosols in mountain forests of the Calcareous Alps. – *Appl. Veg. Sci.* 23: 285–296.
- OLLECK, M., REGER, B. & EWALD, J. (2020b): Verbreitung und Vorkommen von Alpenhumus – Regionalisierung auf Landschaftsebene. (Teilprojekt Makroskala). – In: EWALD, J., GÖTTLEIN, A., PRIETZEL, J., KOHLPAINTNER, M., REGER, B. & OLLECK, M. (Hrsg.): Alpenhumus als klimasensitiver C-Speicher und entscheidender Standortfaktor im Bergwald. Freising: Forstliche Forschungsberichte Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan 220: 21–60.
- OLLECK, M., KOHLPAINTNER, M., MELLERT, K. H., REGER, B., GÖTTLEIN, A. & EWALD, J. (2021): Thick forest floors in the Calcareous Alps – Distribution, ecological functions and carbon storage potential. – *Catena* 207: 105664.
- REGER, B., KÖLLING, C. & EWALD, J. (2011): Modelling effective thermal climate for mountain forests in the Bavarian Alps: Which is the best model? – *J. Veg. Sci.* 22: 677–687.
- REGER, B., SCHÜPFERLING, R., BECK, J., DIETZ, E., MOROVITZ, D., SCHALLER, R., WILHELM, G. & EWALD, J. (2012): WINALPecobase – ecological database of mountain forests in the Bavarian Alps. – *Biodivers. Ecol.* 4: 167–171.
- REGER, B., HÄRING, T. & EWALD, J. (2014): The TRM model of potential natural vegetation in mountain forests. – *Folia Geobot.* 49: 337–359.
- REICHHART, S. & ADELMANN, W. (2020): Zwischen Licht und Schatten: Naturschutz versus Naturgefahrenabwehr am Beispiel des Karbonat-Trockenkiefernwaldes. – *ANLiegen Nat.* 42: 1–16.
- WALENTOWSKI, H., FISCHER, A., KÖLLING, C., TÜRK, W., RUMPEL, A. & EWALD, J. (2020): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. 4., überarbeitete Auflage 2020. – Geobotanica-Verlag, Freising.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft](#)

Jahr/Year: 2022

Band/Volume: [BH_14_2022](#)

Autor(en)/Author(s): Ewald Jörg

Artikel/Article: [Höhenstufen und Humus: Bergwald im Klimawandel, Oberammergau-Ettal 17-23](#)