

Tuexenia

Beiheft Nr. 14

Jahrestagung der
Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft (FlorSoz)
in Freising 2022



Tuexenia

Mitteilungen der
Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Beiheft Nr. 14

Vegetation und deren Standorte zwischen Donau und Alpen in Südbayern

Herausgegeben von
Harald Albrecht, Johannes Kollmann und Jörg Ewald

Im Auftrag der
Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Freising 2022
ISSN 1866-3885

Auftraggeber für die Herausgabe der Tuexenia-Beihefte

Dr. Dominique Remy

(Geschäftsführer der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft, FlorSoz)

Barbarastr. 13

49076 Osnabrück

Tel. +49 541 969 2829

remy@biologie.uni-osnabrueck.de

www.tuexenia.de

Selbstverlag der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft e. V. (FlorSoz)

Text Layout: FlorSoz AG

Umschlagkonzept: Goltze-Druck, Göttingen

Titelfoto: Überblick über den Dolomit-Schwemmfächer der Friederlaine
(Friedergries) nach Süden (T.C. Wagner, Mai 2020)

Druck: Druckerei Weidner GmbH, Rostock

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Einführung	
Vegetationskundliche Streifzüge im bayerischen Alpenvorland zwischen Weltenburger Enge und Zugspitze	7
<i>Jörg Ewald</i>	
Exkursionsführer	
Höhenstufen und Humus: Bergwald im Klimawandel, Oberammergau-Ettal ...	17
<i>Jörg Ewald</i>	
Das Friedergries – Sukzessionskomplex eines alpinen Dolomit-Schwemmfächers ...	25
<i>Thomas C. Wagner & Andreas Zehm</i>	
Artenreiche Magerstandorte in Niederbayern zwischen Donau und Abens	47
<i>Johannes Kollmann</i>	
Die Jungmoränen-Landschaft bei Andechs mit Kalk- und Silikat-Magerrasen, Mäh- und Streuwiesen, Magerweiden, Hangquellmooren und Buchenwäldern	63
<i>Burkhard Quinger & Christian Niederbichler</i>	
Artenreiche Wälder des bayerischen Alpen-Nordrandes oberhalb von Benediktbeuern	93
<i>Anton Fischer</i>	
Biodiversität und Klimaschutz im Moor – Beispiele aus Oberbayern	115
<i>Matthias Drösler & Annette Patzelt</i>	
Vegetation und Management der Flussschotterheiden in der Münchner Schotterebene	121
<i>Harald Albrecht, Timo Conradi, Michael Jeschke, Katharina Krimmer, Tobias Maier & Markus Bauer</i>	
Oberes Loisachtal zwischen Eschenlohe und Oberau	143
<i>Jörg S. Pfadenhauer, Jörg Ewald, Alfred & Ingrid Wagner</i>	

Vorwort

Der Campus Weihenstephan in Freising ist der diesjährige Ausrichtungsort der Jahrestagung der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft. Hier befand sich nördlich von München auf einer Erhebung am Rand des Tertiärhügellands bis zur Säkularisation Anfang des 19. Jahrhundert ein bedeutendes Benediktinerkloster. Heute gibt es hier Einrichtungen der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft sowie die TUM School of Life Sciences der Technischen Universität München. Daraus resultiert eine hohe Forschungsdichte der Angewandten Lebenswissenschaften mit nationaler und internationaler Exzellenz u. a. in den Fächern Ökologie, Biologie, Agrar- und Forstwissenschaften.

Die aktuelle Forschung befasst sich mit Wald- und Agrarökosystemen, Grasland, Gewässern, Mooren und urbanen Lebensräumen. Eine große Vielzahl innovativer Projekte und Publikationen leistet Beiträge zum Verständnis und zur Bewältigung des Globalen Wandels, der Biodiversitätskrise und veränderter Landnutzung. Dabei wird ein inter- oder transdisziplinärer Ansatz gewählt, oft in enger Zusammenarbeit mit Praktikern, in der Suche nach fundamental neuen Erkenntnissen am Beispiel konkreter Problemstellungen.

Der gleiche Ansatz wird in der Lehre genutzt, in einer komplementären Diversität an Bachelor- und Masterstudiengängen der Biologie, Agrar- und Forstwissenschaften, Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung. Die Absolvent:innen tragen bei zu einer Weiterentwicklung der Landnutzung und sie sind einflussreich im Naturschutz. Durch die strategisch günstige Lage zwischen den Alpen und dem Frankenjura stehen die unterschiedlichsten und oft hochwertigen Exkursionsziele zur Verfügung, die für die praktische Ausbildung regelmäßig genutzt werden. Die auf der Jahrestagung angebotenen Ziele basieren zumindest teilweise auf den positiven Erfahrungen in der Lehre und der sie unterstützenden Forschung. Daher haben alle Exkursionsleiter eine langjährige Kenntnis der von ihnen besuchten Lokalitäten und freuen sich dieses Wissen an die Gäste der Jahrestagung weiterzugeben.

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) mit den Themenschwerpunkten Umweltbildung, praktische Naturschutzforschung und Kommunikation unterstützt als Kooperationspartner die Ausrichtung der diesjährigen Jahrestagung im Bereich der Veranstaltungsorganisation. In jährlich über 150 Veranstaltungen mit insgesamt mehr als 3000 Teilnehmenden vermittelt sie Wissen zu Arten, Ökologie, Planung und Recht und fördert den Dialog und die Vernetzung zwischen den Akteuren in Naturschutz und Landschaftspflege. Bei einer Vielzahl von praktischen Forschungsarbeiten steht besonders die direkte Umsetzung der Resultate in den praktischen Naturschutz im Vordergrund.

Bei der Vorbereitung und Durchführung der Tagung sowie bei der Gestaltung des Exkursionsbandes haben viele Personen tatkräftig mitgeholfen. Unser Dank gilt hier insbesondere folgenden Kolleg:innen, die sich freundlicherweise bereit erklärt haben, Exkursionen zu leiten und Beiträge zum Tagungsband zu verfassen: Markus Bauer, Timo Conradi, Matthias Drösler, Anton Fischer, Michael Jeschke, Katharina Krimmer, Tobias Maier, Christian Niederbichler, Annette Patzelt, Jörg Pfadenhauer, Burkhart Quinger, Ingrid und Alfred Wagner, Thomas Wagner sowie Andreas Zehm. Ulrike Leyhe, Swantje Duthweiler, Patrizia Eben und Jakob Aschenbrenner danken wir für die Bereitschaft zu Führungen in die Versuchs- und Schaugärten des Campus.

Für die effektive Betreuung der Tagungs-Webseite, das Teilnehmer-Management und die kompetente Betreuung der Finanzbuchhaltung gilt unser besonderer Dank Marianne Krause von der ANL in Laufen.

Dominique Remy, dem Geschäftsführer der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft und Werner Härdtle, deren 1. Vorsitzendem, danken wir für die tatkräftige Unterstützung bei organisatorischen Fragen. Anna Heinken-Šmídová gilt unser Dank für das ansprechende Layout, das sie im Auftrag der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft erstellt hat. Simone Schneider von der Naturforschenden Gesellschaft Luxemburgs und Sonia Cortés Sack von der Universität Rostock, die die letzten beiden Tagungen organisiert haben, danken wir für die vielen hilfreichen Tipps bei der Vorbereitung dieser Veranstaltung.

Im Namen des gesamten Organisationsteams wünschen wir allen Teilnehmer:innen eine spannende und fachlich anregende Exkursionstagung, die neben floristischen und vegetationskundlichen Aspekten auch Einblicke in den Wandel und die Gefährdung naturschutzfachlich hochwertiger Ökosysteme bietet und wo auch Möglichkeiten der Erhaltung und Renaturierung erörtert werden. Wir freuen uns darauf, mit Ihnen gemeinsam die Lebensräume Südbayerns zu erkunden und über deren Entwicklung zu diskutieren.

Harald Albrecht, Johannes Kollmann, Lisa Silbernagl & Jörg Ewald
Freising und Laufen an der Salzach, März 2022

Vegetationskundliche Streifzüge im bayerischen Alpenvorland zwischen Weltenburger Enge und Zugspitze

Einführung in die Exkursionen der Jahrestagung 2022
der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

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

Die Jahrestagung der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft besucht 2022 floristisch und vegetationskundlich interessante Gebiete in der weiteren Umgebung von Freising (Oberbayern). Der Naturraum des Alpenvorlandes wird an Hand Klima, Morphologie, Geologie, pnV und ausgewählten Pflanzenarealen vorgestellt. Der ausgeprägte thermo-hygrische Höhengradient, abwechslungsreiche Reliefformen und eine hohe Vielfalt an Ausgangsgesteinen bedingen eine bemerkenswerte Vielfalt an Pflanzenarten und Lebensräumen.

1. Weihenstephan, Freising und das Alpenvorland

Die Jahrestagung 2022 findet in Weihenstephan, einem Stadtteil von Freising, statt. Weihenstephan ist das Herz des gemeinsamen Campus von Technischer Universität München (TUM) und Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), an dem auch die Landesanstalten (Abb. 1). In Weihenstephan sind rund 8000 Studierende in „grünen“ Fächern der Bereiche



Abb. 1. Weihenstephaner Berg, Domberg und die Stadt Freising aus der Vogelperspektive; links das ackerbaulich geprägte Tertiärhügelland, im rechten Bild Drittel die Schotterebene mit den Flüssen Moosach und Isar (mit Floß), dazwischen Grünland; Gouache auf Papier von Valentin Gappnigg (1698, vgl. GLASER 1990), Diözesanmuseum Freising, Foto: W. Bayer.

Landnutzung, Ernährung und *Life Sciences* eingeschrieben. Die Verwaltungen der beiden Hochschulen gruppieren sich um den historischen Hofgarten auf dem Weihenstephaner Berg (497 m NN), der bis zur Säkularisation 1803 das gleichnamige Benediktinerkloster (gegr. 720) beherbergte. Neben dem Hofgarten hat die HSWT mit Oberdieckgarten und Staudensichtungsgarten drei bedeutende Schaugärten in ihrer Obhut (KIERMEIER & FREUNDESKREIS WEIHENSTEPHANER GÄRTEN 2010). Landschaftlich den südlichen Abschluss des Tertiärhügellandes bildend, bietet die Erhebung an klaren Tagen einen Ausblick über große Teile des Exkursionsgebietes, dessen Klima, Geologie, Geomorphologie, Böden, Landnutzung und Vegetation in diesem Beitrag vorgestellt werden.

Der Begriff Alpenvorland bezeichnet die Landschaften zwischen Donau und Alpen. Geologisch wird es vom Tertiärhügelland und der glazialen Serie der pleistozänen Vorlandvergletscherung gebildet, gerahmt vom süddeutschen Schichtstufenland im Norden und den Nördlichen Kalkalpen im Süden. Das Höhengefälle von 347 m NN bei Weltenburg zur 2982 m NN hohen Zugspitze auf 175 km Entfernung bedingt ein ausgeprägtes klimatisches

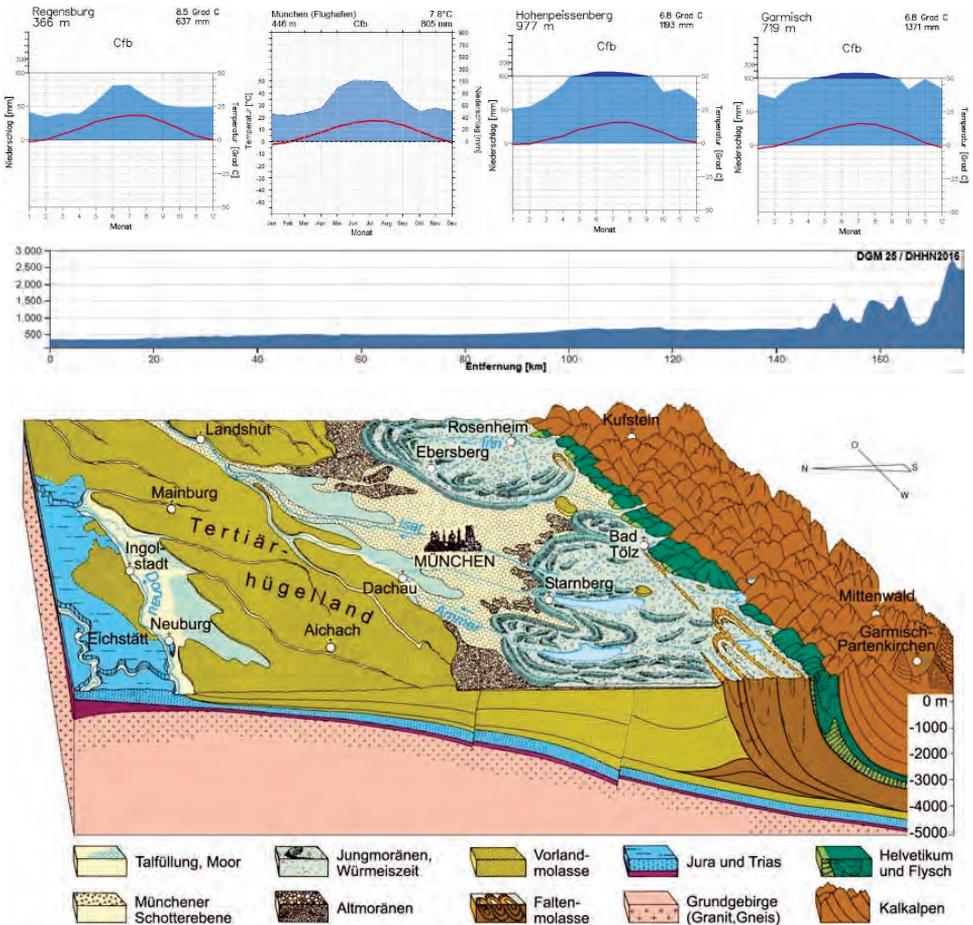


Abb. 2. Klima (www.klimadiagramme.de, B. MÜHR 2007 und 2013), Relief (Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung Nr. 2202-002831, www.bayernatlas.de) und Geologie des Exkursionsgebietes (BAYER. LFU o. J. a).

Nord-Süd-Gefälle mit abnehmenden Temperaturen und infolge des Alpenstaus stark ansteigenden Niederschlägen zu den Alpen hin (Abb. 2). Kulturgeschichtlich markieren Römerstraßen wie die *Via Claudia Augusta* und die Benediktinerklöster Weltenburg (gegr. 627; Exkursion von KOLLMANN 2022), Andechs (1423), Benediktbeuern (725) und Ettal (1330) das Gebiet, das bis zur Gründung des Freistaats Bayern (1918) maßgeblich vom Geschlecht der Wittelsbacher geprägt wurde. Heute beherbergt es mit München und dem nahe Freising gelegenen Großflughafen einen der dynamischsten Ballungsräume Deutschlands.

Potentielle natürliche Vegetation (SUCK & BUSHART 2012), Landnutzung und Flora ändern sich in Abhängigkeit von Klima, Relief und Böden markant. Die Ausstattung der Naturräume (nach BAYER. LFU o. J. b) wird im Folgenden umrissen.

2. Süddeutsches Schichtstufenland/Jura (D61 Fränkische Alb, 082 Südliche Frankenalb)

Die zur Schichtfläche des Weißen Jura gehörende Weltenburger Enge (Exkursion von KOLLMANN 2022) wird von ausgedehnten Kalk-Buchenwäldern (*Hordelymo-Fagetum*, auf felsigen Steilhängen *Carici-Fagetum*, auf lehmbedeckten Hochflächen *Galio-Fagetum*) geprägt. Die Steppenheidevegetation der südexponierten Kalkfelsen wartet mit pflanzengeographischen Besonderheiten wie *Stipa joannis* und dem Lokalendemiten *Pilosella tubulata* auf (Abb. 3).

Etwas verwirrend ist die Benennung des Naturraums als „Fränkische Alb“, die zu großen Teilen in den Regierungsbezirken Schwaben, Niederbayern (so der auf der Exkursion von KOLLMANN (2022) besuchte Landkreis Kelheim) und Oberpfalz liegt.

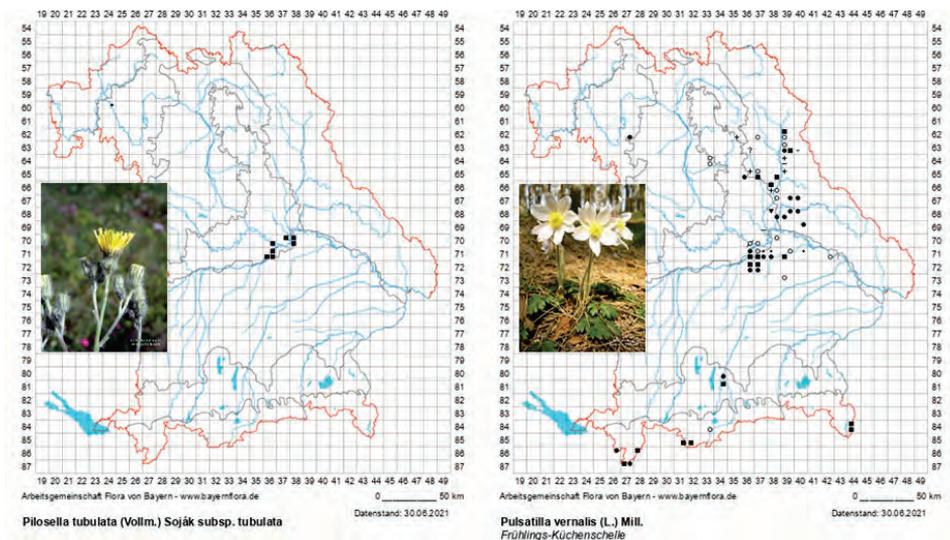


Abb. 3. Floreogeographische Besonderheiten der Weltenburger Enge (*Pilosella tubulata*) und der Abensberger Sande (*Pulsatilla vernalis* subsp. *bidgostiana*); Verbreitungskarten: www.bayernflora.de, Fotos: M. Scheuerer.

3. Tertiärhügelland (D65 Unterbayerisches Hügelland und Isar-Inn-Schotterplatten, 062 Donau-Isar-Hügelland)

Südlich schließen die Abensberger Sande (Exkursion KOLLMANN 2022) an, wo dem Malmkalk und der Oberen Süßwassermolasse Flugsand aufgelagert ist. Diese Standorte begünstigen den Spargelanbau und das kleinflächige Vorkommen des *Peucedano-Pinetum* mit Besonderheiten wie *Pulsatilla vernalis* subsp. *bidgostiana* (SCHEUERER 2021; Abb. 3).

Das Tertiärhügelland zwischen Abensberg und Freising zeichnet sich durch mächtige Lößüberdeckungen (pnV *Galio-Fagetum*) aus, unter denen, meist an relativ steilen Südwesthängen, die aus Sand und Kies bestehende Obere Süßwassermolasse (pnV *Luzulo-Fagetum*) aufgeschlossen ist. Die Lößlehme werden intensiv ackerbaulich genutzt; das Gebiet gehört zur Holledau, dem größten Hopfenanbaugesbiet der Erde. Dessen zentrale Gemeinde, Au in der Hallertau, gehört zum Landkreis Freising und damit wie das übrige Exkursionsgebiet zum Bezirk Oberbayern. An den Hängen stocken ausgesprochen wüchsige Fichten- und Kiefernforste. Auf Grund der intensiven Landnutzung ist dieser Naturraum arm an naturnahen Lebensräumen. Unter den floristischen Regionen Bayerns besitzt er die geringste Eigenständigkeit. Eine der wenigen Arten, die hier einen gewissen regionalen Verbreitungsschwerpunkt hat, ist die mesophytische Saumart *Agrimonia procera* (Abb. 4).

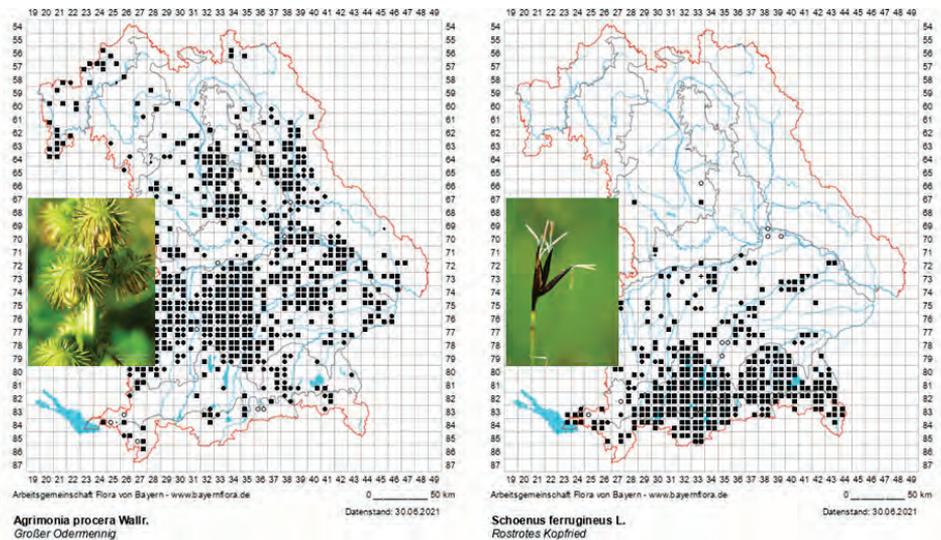


Abb. 4. Floreogeographische Besonderheiten des Tertiärhügellandes und der Schotterplatten (*Agrimonia procera*) sowie des Jungmoränengebietes (*Schoenus ferrugineus*, man beachte die Vorposten im Freisinger Moos und den Mooren entlang der Unteren Isar); Verbreitungskarten: www.bayernflora.de, Fotos: W. Ahlmer & A. Zehm.

4. Münchener Ebene (051)

Südlich von Freising und Dachau beginnt die durch fluvioglaziale Prozesse entstandene Münchener Schotterebene. Im Norden tritt in breiter Front Grundwasser aus den kalkreichen Schottern aus und hat zur Bildung von ausgedehnten Niedermooren geführt, die in Oberbayern

als „Moos“ bezeichnet werden (Freisinger Moos, Exkursion von DRÖSLER & PATZELT 2022). Vor der Entwässerung herrschten hier offene Kalkflachmoore (*Caricion davallianae*) vor; heute bilden Schwarzerlen-Eschen-Sumpfwälder und Erlen-Bruchwälder die pnV.

Im nördlichen Teil der Schotterebene fehlt die Rotbuche, die wenigen Waldreste sind entweder als Eichen-Hainbuchenwälder (*Galio-Carpinetum*; KUDERNATSCHE et al. 2019) oder Kiefernforste (EWALD & SCHESSL 2013) ausgeprägt. Die Ansichten über die pnV haben sich im Lauf des 20. Jahrhunderts gewandelt: Sah WILHELM TROLL (1926) hier noch natürliche Kiefernwälder, konstruierte SEIBERT (1968) wärmeliebende Eichenmischwälder (*Potentillo-Quercetum*), und aktuell geht man von Eichen-Hainbuchenwäldern und Ahorn-Eschenwäldern aus (SUCK & BUSHART 2012). In der alten Kulturlandschaft dominierten die als Heide bezeichneten und als Allmendweide genutzten Kalkmagerrasen (mit einem pflanzengeographisch bemerkenswerten Gemisch aus kontinentalen, submediterranen und alpinen Arten; RÖDER et al. 2006, Exkursion von ALBRECHT et al. 2022), bevor sie unter Einsatz von Kunstdünger in Äcker umgewandelt wurden, die teilweise bewässert werden. Das Management der Naherholung, Naturschutz und ökologischer Ausgleich werden im großen Stil vom Heideflächenverein Münchener Norden betrieben.

Dagegen ist der südlich von München gelegene, niederschlagsreichere Teil der Schotterebene und die angrenzenden Altmoränen (pnV *Luzulo-Fagetum* im Wechsel mit *Galio-Fagetum*) seit dem 19. Jahrhundert von großflächigen Fichtenforsten geprägt (RUBNER 1959).

4.1 Jungmoränengebiet

(D66 Voralpines Moor- und Hügelland, 037 Ammer-Loisach-Hügelland)

Die nördlichen Endmoränenwälle der Würmeiszeit markieren den Eintritt in das Jungmoränengebiet (pnV *Hordelymo-Fagetum*, *Galio-Fagetum*, beide mit Weiß-Tanne) mit seinem reichen glazialen Formenschatz wie Drumlins, Kames und Tumuli mit interessanten Kalk-Magerrasen (Exkursion von QUINGER & NIEDERBICHLER 2022). Grünlandwirtschaft und Ackerbau halten sich in diesem Gebiet in etwa die Waage, wobei der Maisanbau in letzter Zeit deutlich zunimmt. In den Zungen- und Zweigbecken sowie in Toteislöchern der Eiszerfallslandschaften sind Seen und Niedermoore verbreitet. Das kühlfeuchte Klima (Temperaturen <7 °C, Niederschlag >1000 mm) begünstigt die Bildung von torfmoosreichen Hoch- und Übergangsmooren. Die pnV der Grundmoräne wird von Schwarzerle-Eschen-Sumpfwäldern, Erlen-Bruchwäldern und Moorwäldern mit Fichte, Spirke oder Waldkiefer gebildet. Verlandungszonen sind von Schilfröhricht und kleinseggenreichen Streu- und Nasswiesen geprägt. Pflanzengeographisch besonders bezeichnende Arten sind *Cirsium rivulare* und *Schoenus ferrugineus* (Abb. 4).

Südlich der Linie Rosenheim-Schongau ragen West-Ost-verlaufende Höhenzüge aus gefalteter tertiärer Molasse aus der Grundmoräne auf, die tektonisch bereits zu den Alpen gehören und eine stark von Tobeln zertalte Zone (pnV *Luzulo-Fagetum* und *Galio-Fagetum* mit Weiß-Tanne) mit malerischen Einzelgehöften und reiner Grünlandwirtschaft bilden. Einer dieser Vorberge, der Hohenpeissenberg (988 m), beherbergt die älteste Berg-Klimastation der Welt, deren Messreihe seit 1850 einen Temperaturanstieg von 2 °C belegt (WINKLER 2006).

5. Bayerische Alpen (D67 Schwäbisch-Oberbayerische Voralpen, 024-Ammergebirge, 024 Kocheler Berge)

Den morphologischen Alpenrand bilden die aus kreidezeitlichen Mergeln und Sandsteinen aufgebauten Flysch-Vorberge (Zwieselberg 1348 m, Hörnle 1548 m), die dicht mit sehr wüchsigen Nadelwäldern (pnV *Galio-Fagetum* und *Luzulo-Fagetum* mit Fichte und Weißtanne, auf feuchten Hängen *Galio-Abietetum*) bestockt sind und zu Hangrutschungen neigen (Exkursion von EWALD 2022).

Die Flyschzone wird von den großflächig vermoorten Stammbecken (naturräumlich zu D66 gehörend) der Hauptvergletscherungen unterbrochen. Die Loisach-Kochelseemoore bei Benediktbeuern (725 gegründetes Benediktinerkloster, in dem die von Carl Orff vertonten *Carmina Burana* gefunden wurden; heute im Besitz des Salesianerordens mit Hochschule und Umweltbildungszentrum) liegen am Fuß der 1800 m hoch aufragenden Benediktenwand (Exkursion von FISCHER 2022). Das Murnauer Moos entging dem industriellen Torfabbau und bewahrt eine weitgehend intakte Moorlandschaft (STROHWASSER 2018) mit Zonationen vom Niedermoor (Streuwiesen, *Molinion caeruleae*, Kleinseggenrieder, *Caricion davallianae*) bis zum Übergangs- (*Caricion lasiocarpae*, *Rhynchosporion fuscae*) und Hochmoor (*Sphagnion magellanici*).

Bei Eschenlohe betritt man die Kalkalpen im engeren Sinne und hat zunächst die weitgehend intakte Talvermoorung des Pfrühlmooses auf der Ostseite des Tals (Nachexkursion von PFADENHAUER et al. 2022). Das von harten Kalken und Dolomit geprägte schroffe Gebirge steigt vom Loisachtal (640 m NN) in einer ersten Kette bis auf ca. 2185 m NN (Kreuzspitze), im Wettersteingebirge südlich von Garmisch-Partenkirchen auf 2962 m NN (Zugspitze). Der als Werdenfelser Land bezeichnete südliche Teil des Landkreises gehörte bis zur Säkularisation 1803 zum Hochstift Freising.

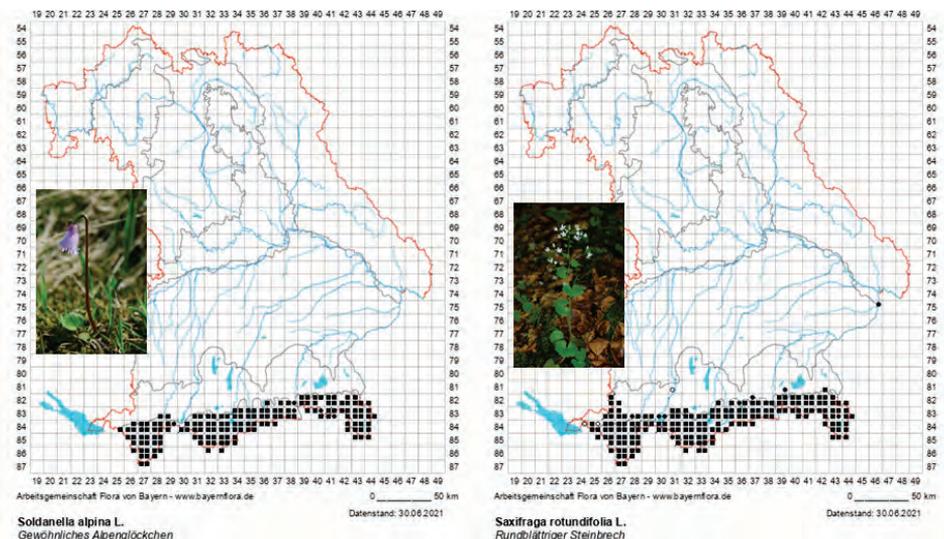


Abb. 5. Florengographische Besonderheiten der Bayerischen Alpen (*Soldanella alpina*, *Saxifraga rotundifolia*); Verbreitungskarten: www.bayernflora.de, Fotos: A. Zehm.

Die pnV wird von submontanen (buchenreichen), montanen und hochmontanen (fichtenreichen) Bergmischwäldern (auf Carbonat: *Aposerido-Fagetum*, auf Mergeln: *Galio-Fagetum*), von tiefsubalpinen Fichtenwäldern (*Adenostylo glabrae-Piceetum*, *Homogyne-Piceetum*), hochsubalpinen Latschengebüschen (*Rhododendro hirsuti-Pinetum mugo*) und wenigen Relikten des Lärchen-Zirbenwaldes (*Vaccinio-Pinetum cembrae*) geprägt (Exkursionen von EWALD 2022 und WAGNER & ZEHEM 2022). Über der Waldgrenze bilden alpine Kalkrasen (*Seslerion caeruleae*) die Klimaxvegetation neben ausgedehnten Schuttfluren (*Thlaspion rotundifolii*) und Felsspaltengesellschaften (*Potentillion caulescentis*). Die Bayerischen Alpen heben sich durch eine Fülle alpiner (z. B. *Carex ferruginea*, *Soldanella alpina*) und subalpiner Arten (*Rhododendron hirsutum*, *Valeriana montana*, *Saxifraga rotundifolia*) gegen das Vorland ab (Abb. 5).

6. Isar und Lech als pflanzengeographische Korridore

Die alpinen Wildflüsse Iller, Isar, Inn und Salzach bilden wichtige florengeographische Verbindungsachsen zwischen Kalkalpen, Donaubaum und Jura (Abb. 6). Vor ihrer weitgehenden Verbauung förderten Lech und Isar kalkreiche Geschiebe aus den Alpen und schufen Lebensräume für zahlreiche dealpine Arten wie *Carex alba* oder *Globularia cordifolia*. In der Garchinger Heide treffen diese „Alpenschwemmlinge“ auf Florenelemente der kontinentalen und mediterranen Steppen (Exkursion von ALBRECHT et al. 2022). Die Isarflößerei (Abb. 1) verband Freising mit den Holzreserven des bis 1803 zum Hochstift gehörenden Werdenfeller Landes (Abb. 7). Als Oblast wurden in Kalköfen gebrannter Kalk und in Bad Tölz gebräutes Bier weit in den Donaubaum exportiert. Für Pflanzen waren die alpinen Wildflüsse indessen keine Einbahnstraße. Eine kleinere Anzahl von Pflanzenarten wie *Globularia bisnagarica*, *Peucedanum cervaria* oder *Thesium bavarum* scheint aus dem Jura kommend flussaufwärts den Alpenrand erreicht zu haben.

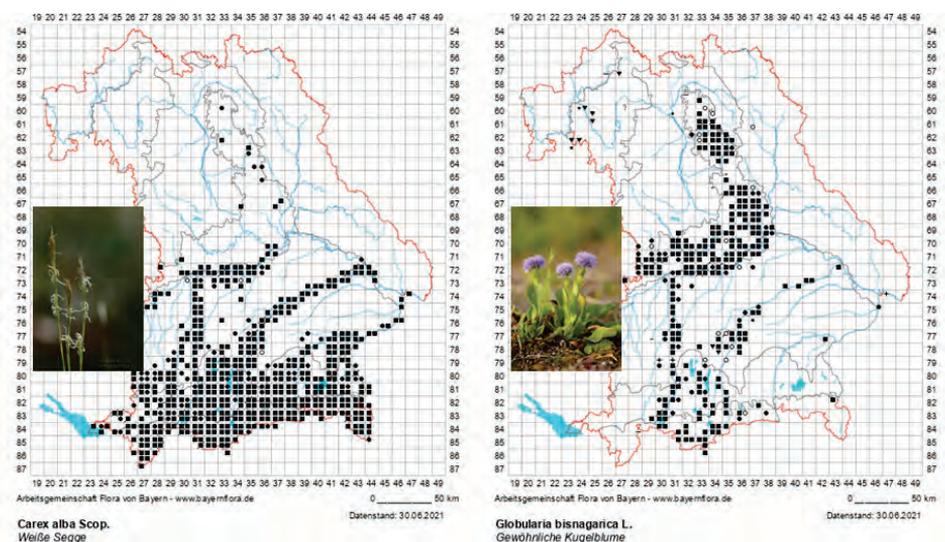


Abb. 6. Florengeographische Besonderheiten entlang der Alpenflüsse Lech, Isar und Inn (*Carex alba*, *Globularia bisnagarica*); Verbreitungskarten: bayernflora.de, Fotos: A. Zehm.

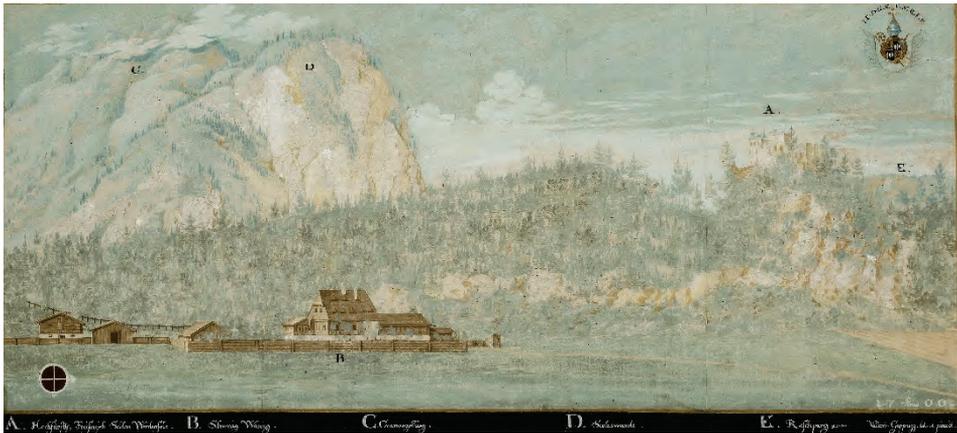


Abb. 7. Historische Darstellung der Bergmischwälder um die Burg Werdenfels bei Garmisch-Partenkirchen, im Hintergrund das Ammergebirge mit dem aus Hauptdolomit aufgebauten Königsstand (1453 m NN); Gouache auf Papier von Valentin Gappnigg (1698, vgl. GLASER 1990), Diözesanmuseum Freising, Foto: W. Bayer.

Insgesamt spannt das Exkursionsprogramm der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft an Hand typischer Pflanzenarten und Vegetationstypen einen landschafts-ökologischen Bogen über einen der interessantesten Naturräume Deutschlands.

Literatur

- ALBRECHT, H., CONRADI, T., JESCHKE, T., KRIMMER, T., MAIER, T. & BAUER, M. (2022): Vegetation und Management der Flussschotterheiden in der der Münchner Schotterebene. – *Tuexenia*, Beiheft 14: 121–141.
- BAYER. LFU (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT) (o.J.a): Geologische Wanderung durch Bayern. Eine Sonderschau des Bayerischen Landesamtes für Umwelt. – URL: https://www.lfu.bayern.de/veranstaltungen/doc/ausstellung_geologische_wanderung_1.pdf [Zugriff am 16.02.2022].
- BAYER. LFU (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT) (o.J.b): Karte der Naturraum-Haupteinheiten und Naturraum-Einheiten in Bayern. – URL: https://www.lfu.bayern.de/natur/naturraeume/doc/haupteinheiten_naturraum.pdf [Zugriff am 16.02.2022].
- DRÖSLER, M. & PATZELT, A. (2022): Biodiversität und Klimaschutz im Moor – Beispiele aus Oberbayern. – *Tuexenia*, Beiheft 14: 115–120.
- EWALD, J. (2022): Höhenstufen und Humus: Bergwald im Klimawandel, Oberammergau-Ettal. – *Tuexenia*, Beiheft 14: 17–23.
- EWALD, J. & SCHESSL, A. (2013): Kiefer am Scheideweg: Heidewälder in der nördlichen Münchener Ebene. – *Tuexenia* 33: 9–24.
- FISCHER, A. (2022): Artenreiche Wälder des bayerischen Alpen-Nordrandes oberhalb von Benediktbeuern. – *Tuexenia*, Beiheft 14: 93–113.
- GLASER, H. (1990): Valentin Gappnigg, bürgerlicher Maler in Oberwölz, und sein Zyklus von Ansichten der hochstiftischen Besitzungen für den Fürstengang zu Freising. – In: GLASER, H. (Hrsg.): Hochstift Freising. Beiträge zur Besitzgeschichte: 15–114. Erich Wewel Verlag, München.
- KIERMEIER, P. & FREUNDKREIS WEIHENSTEPHANER GÄRTEN (2010): Weihenstephaner Gärten: Sichtungsgarten, Hofgarten, Kleingarten, Buchgarten, Oberdieckgarten. – Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising.
- KOLLMANN, J. (2022): Artenreiche Magerstandorte in Niederbayern zwischen Donau und Abens. – *Tuexenia*, Beiheft 14: 47–61.

- KUDERNATSCH, T., BLASCHKE, M., WALENTOWSKI, H. & BERNHARDT-RÖMERMANN, M. (2019): Walddynamik im Naturwaldreservat Echinger Lohe – Erkenntnisse aus vier Jahrzehnten Dauerbeobachtung. – *Tuexenia* 39: 101–119.
- PFADENHAUER, J.S., EWALD, J., WAGNER, A. & WAGNER, I. (2022): Oberes Loisachtal zwischen Eschenlohe und Oberau. – *Tuexenia*, Beiheft 14: 143–154.
- QUINGER, B. & NIEDERBICHLER, C. (2022): Die Jungmoränen-Landschaft bei Andechs mit Kalk- und Silikat-Magerrasen, Mäh- und Streuwiesen, Magerweiden, Hangquellmooren und Buchenwäldern. – *Tuexenia*, Beiheft 14: 63–92.
- RÖDER, D., JESCHKE, M. & KIEHL, K. (2006): Vegetation und Böden alter und junger Kalkmagerrasen im Naturschutzgebiet „Garching Heide“ im Norden von München. – *Forum Geobotanicum* 2: 24–44.
- RUBNER, H. (1959): Der Baumartenwandel in den Forsten der Münchner Schotterebene während der geschichtlichen Zeit. – *Mitt. Geogr. Ges. München* 44: 9–36.
- SCHEUERER, M. (2021): Artenhilfsmaßnahmen zu *Pulsatilla vernalis* in Bayern außerhalb der Alpen – eine Zwischenbilanz. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 91: 49–76.
- SEIBERT, P. (1968): Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern 1:500.000 mit Erläuterungen. – *Schriftenr. Vegetationskd.* 3: 1–83.
- STROHWASSER, P. (2018): Das Murnauer Moos. 2000 Jahre Naturgeschichte und 100 Jahre Naturschutz im größten lebenden Moor des Alpenraumes. – Allitera Verlag, München: 400 pp.
- SUCK, R. & BUSHART, M. (2012): Potentielle Natürliche Vegetation Bayerns. Erläuterungen zur Übersichtskarte 1:500 000. Unter Mitarbeit von Martin Scheuerer und Rüdiger Urban. – LfU, Augsburg: 112 pp.
- TROLL, W. (1926): Die natürlichen Wälder im Gebiete des Isarvorlandgletschers. – Lindauer, München: 129 pp.
- WAGNER, T. & ZEHEM, A. (2022): Das Friedergries – Sukzessionskomplex eines alpinen Dolomit-Schwemmfächers. – *Tuexenia*, Beiheft 14: 25–46.
- WINKLER, P. (2006): Hohenpeißenberg 1781–2006, das älteste Bergobservatorium der Welt. – Dt. Wetterdienst, Offenbach am Main: 174 pp.

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. Humuspflge 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 Humusauflagen 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 Flyschvorpalpen (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 Höllestein. 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 verfaultet (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).

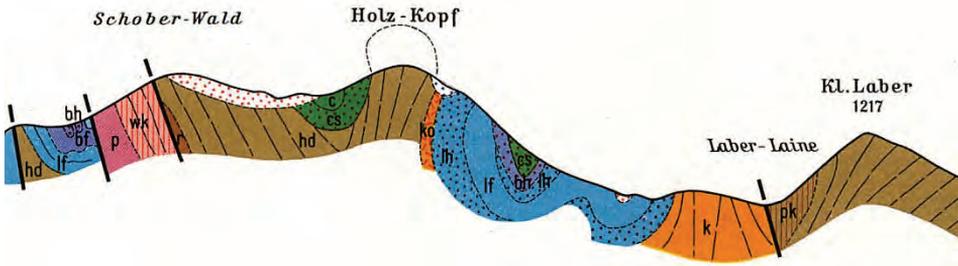


Abb. 1. Geologisches Profil am Alpennordrand beim Ettaler Mandl (KUHNER et al. 1967).

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 (REGER 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 Schalenwildliche 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/Podsole). 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).

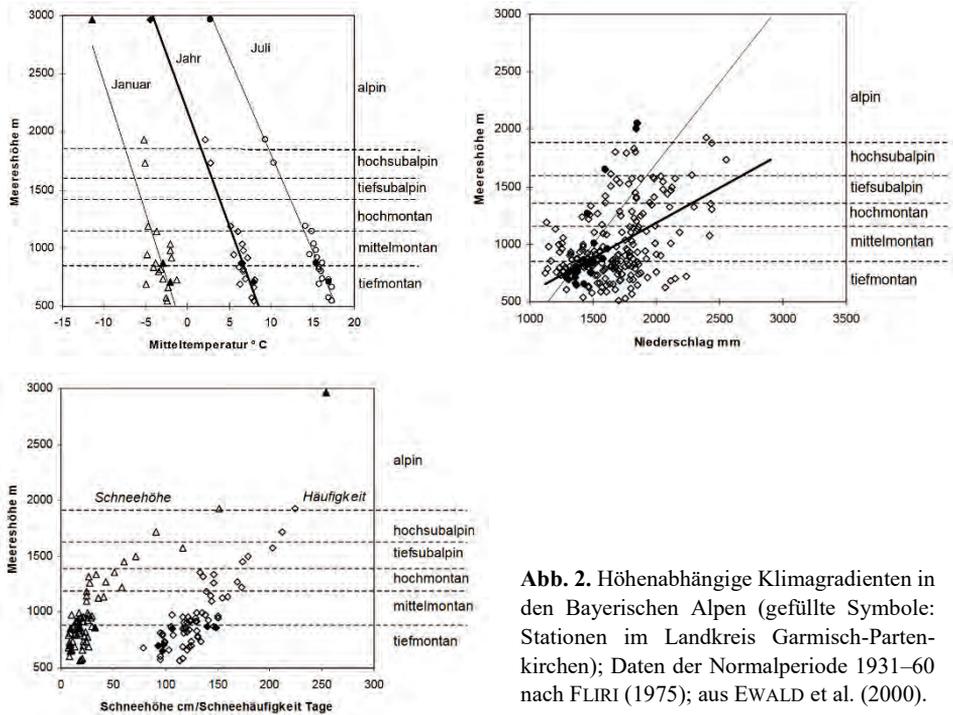


Abb. 2. Höhenabhängige Klimagradienten in den Bayerischen Alpen (gefüllte Symbole: Stationen im Landkreis Garmisch-Partenkirchen); Daten der Normalperiode 1931–60 nach FLIRI (1975); aus EWALD et al. (2000).

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 Bergsturzmateriale	<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, 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>

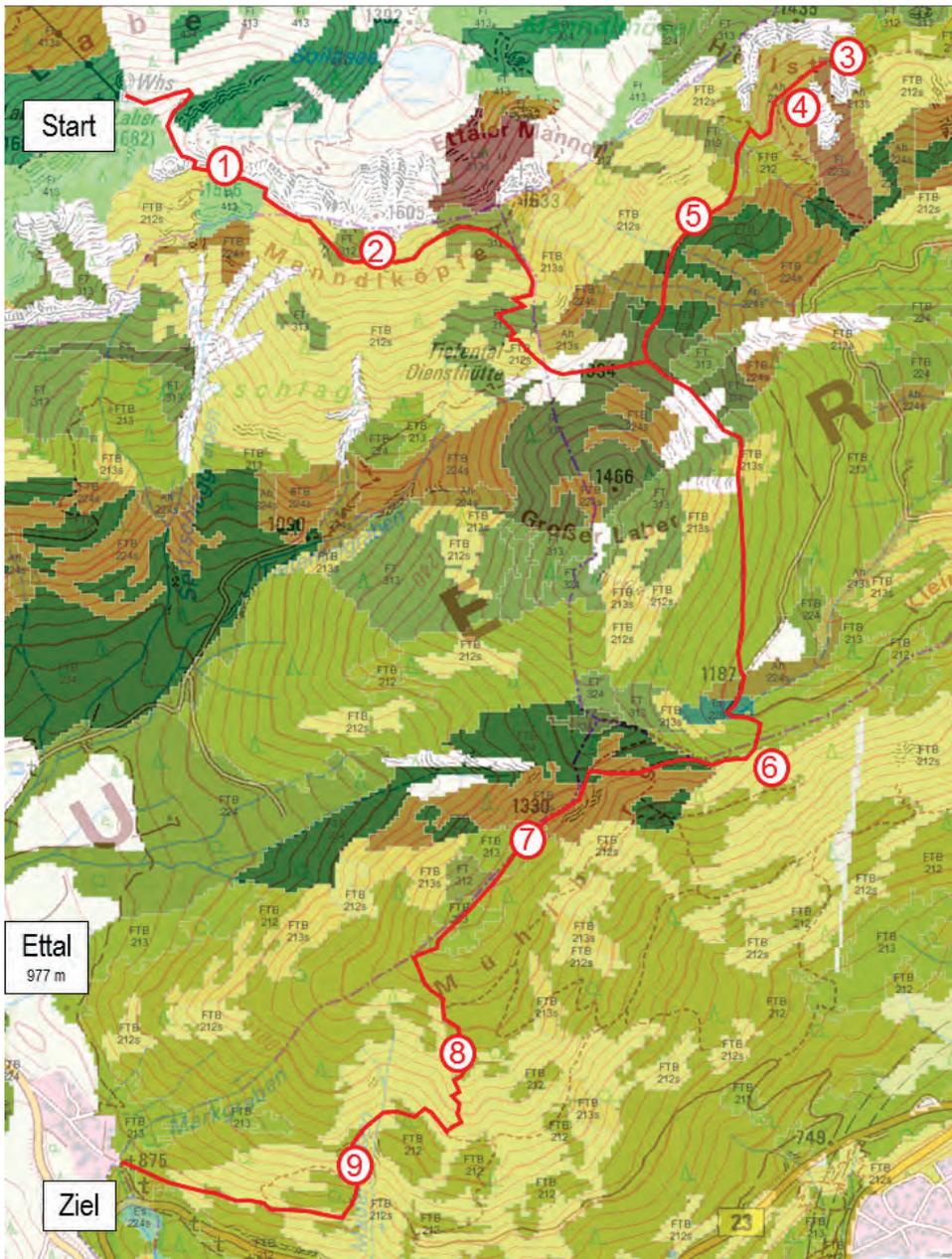


Abb. 3. Ausschnitt aus der Waldtypenkarte der Bayerischen Alpen; die Exkursionsroute ist als rote Linie eingezeichnet (vgl. Tab. 1). Die Karte mit zugehörigen Steckbriefen ist unter <https://www.fovgis.bayern.de/winalp/recherchierbar>. Kartengrundlage: © Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband 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
- Weiz 222s - Komplex der Wildbachaua

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 Felsgänge
- FTB 213s - Komplex der sub- bis hochmontanen, schattseitigen Felsgänge
- 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 Felsgänge
- Fi 413s - Komplex der subalpinen, schattseitigen Felsgänge
- Fi 423s - Komplex der subalpinen Karstplateaus

Zirbenwälder

- Zir 512s - 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 Gebüschern 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.

Das Friedergries – Sukzessionskomplex eines alpinen Dolomit-Schwemmfächers

Thomas C. Wagner^{1*} & Andreas Zehm²

¹*Lehrstuhl für Renaturierungsökologie, Technische Universität München,
Emil-Ramann-Straße 6, 85354 Freising;*

²*Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV),
Referat 65 – Biodiversität und Naturhaushalt, Rosenkavalierplatz 2, 81925 München*

**Korrespondierender Autor, E-Mail: wagner@tum.de*

Zusammenfassung

Das Friedergries ist mit 80 ha einer der größten noch in Umlagerung befindlichen Schwemmfächer der nördlichen Kalkalpen. Dieses Gebiet ist geprägt von permanenten gewässermorphologischen Veränderungen und unterschiedlichen Sukzessionsstufen von vegetationsfreien Kiesflächen bis zu Kalkschutt-Spirkenwäldern. Von besonderer Bedeutung ist das Gebiet für Pflanzengesellschaften, die am Beginn der Sukzessionsentwicklung stehen. Mit der Vielfalt der Kleinlebensräume korreliert auch die Vielfalt der Tierwelt. Inklusiv Fauna konnten bislang 400 Rote Liste Arten nachgewiesen werden (darunter 30 vom Aussterben bedrohte Arten). Das Gebiet wird seit Jahrhunderten großräumig extensiv beweidet, wobei die Weideeinheiten in denen sich die Tiere frei bewegen können jeweils mehrere hundert Hektar groß sind.

1. Einleitung

Schutthalden und Schwemmfächer entstehen als mehr oder weniger flache, kegel- oder fächerförmige Sedimentkörper am Fuß von Berghängen oder am Ausgang von Abflussrinnen. Während solche Fächer auf der Südseite der Alpen, vor allem im Friaul, noch häufig relativ unbeeinflusst sind (HORMANN 1964, FONTANA et al. 2014), finden sich auf der Alpennordseite nur noch wenige und nur kleinräumig ausgeprägte Schutt- und Schwemmfächer, die nicht verbaut oder landwirtschaftlich überprägt sind. Schwemm- oder Murfächer entwickeln sich am Ausgang von steilen Abflussrinnen oder Seitentälchen mit temporären oder permanenten Wildbächen (AHNERT 2015). Durch die abrupte Abnahme der Fließgeschwindigkeit verringert sich die Transportkapazität und es kommt zu einer fraktionierten Ablagerung der mitgeführten Sedimentfracht, so dass sich ein fächerförmiger Sedimentkörper ausbilden kann. Durch Sedimentüberschuss breitet sich der Schwemmkegel zunehmend in tieferliegendes Gelände aus. Ständiger Nachschub und Umlagerung von Geschiebe führt dabei zu einer fortwährenden Verlagerung und Verzweigungen des Bachlaufs. Je nach Wasserführung und Kolmatierung „versickert“ der Bachlauf im losen Gesteinsschutt unterschiedlich weit unterhalb der Fächerwurzel und verläuft unter der Oberfläche des Sedimentkörpers. Bei stärkeren Niederschlagsereignissen können sich aber auch Murgänge ereignen.

Das Substrat solcher Schwemmfächer besteht aus unterschiedlich groben Verwitterungsprodukten des Ausgangsgesteins, meist Dolomit mit sehr geringem Nährstoffgehalt und geringer Feldkapazität. Kontinuierlicher Nachschub an Sedimenten führt zu einer ständigen

Verlagerung des Bachlaufs, zu größeren Sedimentumlagerungen und frischer Überschotterung älterer Bereiche und schafft somit großräumig vegetationsarme Offenstandorte. Kalkschutthalden und Schwemmfächer bilden aufgrund ihrer abiotischen Eigenschaften ganz spezielle Standorte mit einer entsprechend charakteristischen Vegetation, die der von alpinen Wildflusslandschaften nahesteht (VALACHOVIČ et al. 1997, LEUSCHNER & ELLENBERG 2017, KALNÍKOVÁ et al. 2021). Die Standorte sind geprägt durch Nährstoffarmut, substrat- und expositionsbedingte längere Trockenzeiten sowie eine hohe Dynamik des Lebensraumes. Daher weisen die meisten hier vorkommenden Arten entsprechende Anpassungen auf. Die häufige Verlagerung des Abflusses mit den damit verbundenen Erosionsprozessen und immer wieder auftretende Überschotterungen führt zudem zu einem Habitatmosaik unterschiedlich alter Flächen mit der typischen Sukzessionsabfolge der Vegetation von Kalkschottern (KALNÍKOVÁ et al. 2021).

2. Das Friedergries

Das Friedergries nördlich der Ortschaft Griesen nahe Garmisch-Partenkirchen ist einer der größten aktiven Schwemmfächer im deutschen Alpenraum (Abb. 1). Der Begriff „Gries“ oder „Griesz“ stammt aus dem alt- und mittelhochdeutschen und bezeichnet Sand, Kies und wird im nördlichen Alpenraum umgangssprachlich für schuttgefüllte Talauen und Schotterfächer verwendet. Das Friedergries ist der Schwemmkegel des Wildbachs Friederlaine, deren nur 500 ha großes Einzugsgebiet von den Gipfeln Kreuzspitzel (2089 m NN), Schellschlicht (2053 m NN), Frieder (2050 m NN) und Scharfeck (1926 m NN) begrenzt wird. Dabei speist sich das Geschiebe der Friederlaine im Wesentlichen aus drei Schuttkaren, dem Schell-, Prunst- und Schmauzenkar. Auf 940 m NN tritt die Friederlaine aus ihrem schluchtartigen Seitental aus und bildet den insgesamt fast 80 ha großen Schwemmfächer des Friedergrieses, wovon heute nur noch etwa 5 ha in aktiver Umlagerung sind. Der stellenweise bis zu 600 m breite und etwa 5° nach Süden geneigte Schuttkegel erstreckt sich von rund 950 m NN bis auf



Abb. 1. Überblick über das Friedergries nach Süden zum „Grossen Moos“. Der aktive Umlagerungsbereich mit Totwald ist beidseitig gesäumt von schmalen Streifen des *Myricario-Chondriletums*, rechts von *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii* abgelöst. Am linken Bildrand *Salicetum eleagni-purpurea* (Foto: T.C. Wagner, Juli 2016).

840 m NN herab. Der Ofenberg bildet eine natürliche Barriere und leitet das Wasser über nur temporär wasserführende Schotterrinnen zur etwa 1,9 km entfernten Neidernach über, die schließlich nach weiteren 1,5 km in die Loisach entwässert. Im Westen wird das Friedergries durch die aus dem Schellschlichtkessel kommende Sunkenlaine begrenzt, am Westhang des Ofenbergs durch den Nudelgraben, im Nordosten durch den Schwarzenbach (Abb. 2).

Das Gebiet liegt im 1986 ausgewiesenen Naturschutzgebiet „Ammergebirge“, im gleichnamigen FFH-Gebiet (8431-371; 275 km²; BAYER. LFU 2022a) und im SPA Gebiet „Ammergebirge mit Kienberg und Schwarzenberg sowie Falkenstein“ (8330-471; 300 km²; BAYER. LFU 2022b); 54 ha des Friedergrieses sind seit 1987 Teil eines insgesamt 80 ha großen Naturwaldreservates, das sich westlich bis zur Neidernach herabzieht. Zudem ist das Friedergries als Geotop (180R034) ausgewiesen. Geologie, Flora und Vegetation wurden erstmals ausführlich von KORTENHAUS (1987) beschrieben.

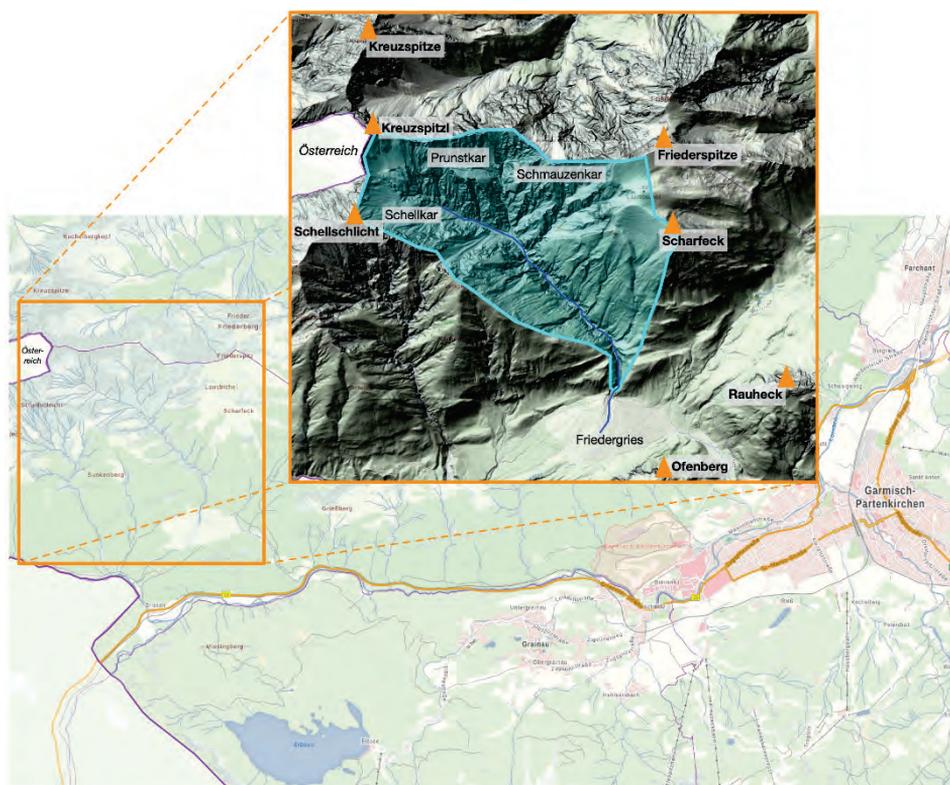


Abb. 2. Lage des Friedergries mit Abgrenzung des Einzugsgebiets der Friederlaine (blaue Linie); orange Dreiecke = umliegende Gipfel. Geobasisdaten: © Bayerische Vermessungsverwaltung 2022.

2.1 Geologie und Böden

Die Ammergauer Alpen sind Teil der nördlichen Kalkalpen. Als Ausgangsgestein überwiegt Hauptdolomit der norischen Trias mit Mächtigkeit bis über 1000 m (KUHNERT 1966).

Allerdings wird der Bereich des Friedergrieses durch eine nord-südläufige Muldenstruktur geprägt, die sich nördlich in Richtung Graswangtal fortsetzt. Eine Hauptdolomit-Überschiebung (Ofenberg) und intensive glaziale Überformung führen zu einer komplexen Geologie (Abb. 3). Genauere Informationen über die stellenweise recht kleinräumig wechselnde Zusammensetzung der Schichtenfolge der Schrambach-, Ammergau-, Allgäu-, Kössen-Formation bis zum Plattenkalk und Hauptdolomit (Alter 145–230 Millionen Jahre) geben HORNING & HAAS (2017). Der wohl bis zu 80 m mächtige Schwemmkegel der Friederlaine besteht entsprechend dem im Einzugsbereich deutlich dominierenden Hauptdolomit aus unterschiedlich grobem, physikalisch verwittertem Dolomitschutt. Der Bereich des westlichen Abflusses des Friedergrieses, der Nudelgraben, ist geologisch reichhaltig und geprägt durch fossilienführende Gesteinsschichten, teilweise senkrecht gestellte Plattenkalke und schwärzliche Mergelsteine der Kössen-Formation. Die aufliegenden glazialen Grundmoränen-Schichten zeichnen sich durch zahlreiche eingesprengte inneralpine Gneise, Granite und einzelne Findlinge aus und werden aktuell durch den seit Ende 2019 wieder verstärkten Abfluss im Nudelgraben stark canyonartig abgetragen.

Chemische und physikalische Verwitterung führen in den länger ungestörten Bereichen des Schwemmfächers zu flachgründigen Protorendzinen mit geringem Nährstoffgehalt; auf älteren Bereichen unter dichterem und höherer Vegetation finden sich Mull- bzw. Moder-Rendzinen; unter dichterem Wald mit zunehmender Versauerung auch verbrauchte Rendzinen. Die Bodenbildung und die Besiedelung mit Pflanzen finden nur langsam statt. Die flachgründigen Rendzinen sind nährstoffarm; Niederschläge können im lockeren Schutt schnell versickern und sind nur in tieferen Bodenschichten verfügbar.

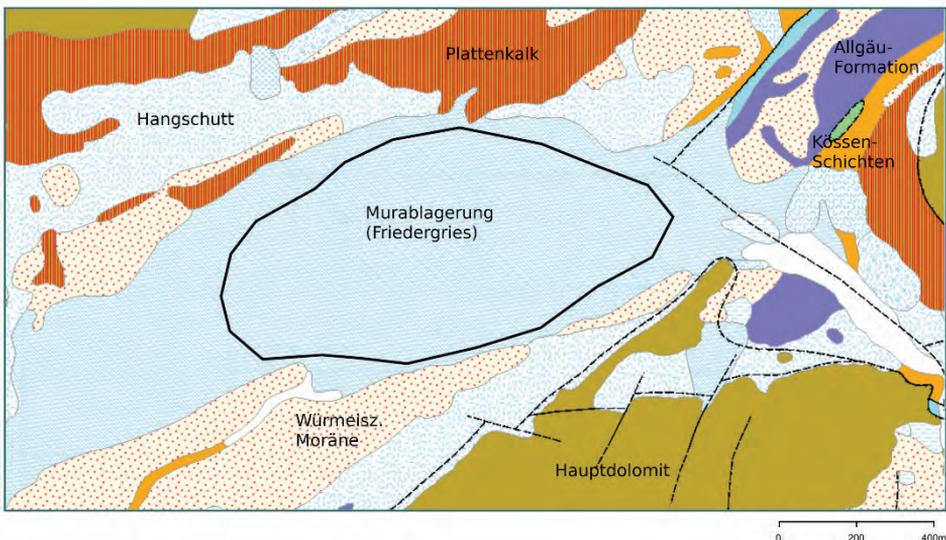


Abb. 3. Geologische Gliederung des Friedergrieses, dessen aktiver Umlagerungsbereich durch eine schwarze durchgezogene Linie gekennzeichnet ist. Detailgliederung siehe HORNING & HAAS (2017). Quelle: Umweltatlas Bayern, digitale Geologische Karte 1:25 000 (dGK25); © Bayerisches Landesamt für Umwelt 2022.

Bodenfeuchtemessungen und Nährstoffanalysen von WÖLLNER et al. (2021), die im aktiven Bereich des Schwemmfächers vorgenommen wurden, zeigen im Feinboden nur sehr geringe Nährstoffgehalte mit $<0,25$ mg/kg NO_3 , $<1,4$ mg/kg NH_4 und <1 mg/kg PO_4 . Die Bodenfeuchte im grobschotterigen Substrat variiert abhängig von der kurzfristigen Niederschlagsituation und kann an sonnigen Sommertagen in den oberen 30 cm schnell unter den permanenten Welkepunkt fallen. Die das Friedergries umfassenden, tiefgründigen Moränenböden aus der Würmeiszeit sind dagegen von gut nährstoffversorgten Buchen- oder Fichtenwäldern geprägt.

Unterhalb des Ofenbergs im westlichen Gebietsteil wirkt die Seitenmoräne eines Gletscherarms des ehemaligen Loisachgletschers aus der Würmeiszeit als Sperre, an der sich das unterirdisch sickern und stark kalkhaltige Wasser der Friederlaine staut. Beim Austritt und der damit verbundenen Druckentlastung fällt der Kalk aus und führt über eine Versinterung zu einer Abdichtung des Bodens. Diese Vernässung ermöglicht eine Moorbildung, die im Bereich des „Großen Moores“ (vgl. Vegetationskarte, Abb. 6) zu einer bis zu 2–3 m mächtigen Torfschicht geführt hat (Wagner & Wöllner, unveröffentlicht). Teile des „Großen Moores“ sind heute zudem durch sandig-kiesige Überschotterung geprägt, so dass der Torfkörper nur noch zu Teilen oberflächlich ansteht.

2.2 Klima

Die Verteilung und die Menge der Niederschläge im Bereich rund um den Friedergries unterliegen starken Schwankungen. Die Jahressumme der Niederschläge an der 2 km entfernten Messstation Griesen (BAYER. LFU 2021) liegt durchschnittlich bei 1310 ± 133 mm, mit einem ausgeprägten Maximum zwischen Juni und August. Hier liegen die durchschnittlichen Monatsniederschläge zwischen 160 und 185 mm. Da der Hauptniederschlag im Sommer häufig als Gewitterregen fällt, sind Tagesniederschläge mit mehr als 20 mm häufig (durchschnittlich etwa alle 5 Jahre auch bis zu 60 bis 100 mm erreicht). Die langfristige Jahresmitteltemperatur liegt bei $6,5$ °C. Ab April/Mai liegt die Tagesdurchschnittstemperatur in der Regel über 5 °C und fällt dann im November wieder unter 5 °C ab. Die höchsten Temperaturen werden im Juni und August mit mittleren Tagestemperaturen von $17,5$ °C erreicht, wobei aber auch Höchstwerte von 28 °C und mehr im Sommer über mehrere Tage möglich sind (DWD 2021).

Die offenen, weitgehend südexponierten Flächen des Schwemmfächers sind oft einer langen und intensiven Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Dadurch liegen die Temperaturen in Bodennähe oft deutlich höher und führen dort zu warmen und oft sehr trockenen Standortbedingungen. Dies führt im Frühjahr zu einer deutlich früheren Schneeschmelze und einem vergleichsweise frühen Einsetzen der Vegetation, hat im Sommer aber stellenweise ausgeprägte Trockenheit und extreme Temperaturbedingungen zur Folge. Die Trockenheit wird noch durch das grobschottrige Substrat mit geringer Feldkapazität verschärft. Dies führt gerade im Frühjahr und Herbst aber auch in Sommern mit seltenen Niederschlagsereignissen (die für sich aber durchaus stärker sein können) zu längeren, ausgeprägten Trockenperioden, die durch nicht seltene Föhnlagen verstärkt werden.

2.3 Dynamik und Umlagerung

Die Friederlaine folgt einem alpinen Abflussregime. Der Hauptabfluss erfolgt im Frühsommer zur Schneeschmelze und bei Sommerunwettern. Unter normalen Bedingungen beträgt der Abfluss der Friederlaine beim Austritt aus der Schlucht deutlich unter 3 m³/s

(Wagner & Wöllner, unveröffentlicht) und versickert je nach Abflussmenge 400–700 m weiter im Schotterkörper des Schwemmkegels (WÖLLNER & WAGNER 2019). KORTENHAUS (1987) schätzt Abflussraten bei stärkeren Niederschlägen von bis zu 25 m³/s, wobei diese bei größeren Regenereignissen wahrscheinlich noch übertroffen werden.

Bei Starkregenereignissen oder während längerer Regenperioden steigt der Abfluss der Friederlaine schnell deutlich an und ist dann mit erheblichen Sediment- und Geschiebefrachten verbunden. Neuere, drohnenbasierte Untersuchungen durch WÖLLNER & WAGNER (2019) zeigen, dass die jährlich umgelagerte Geschiebemenge bei über 4000 m³ liegt. Allerdings werden fast 50 % des umgelagerten Materials innerhalb nur weniger 100 m wieder deponiert und tragen so dort zu einer lokalen Überschotterung bei. Infolgedessen kommt es sowohl zeitweilig zu Überschotterungen im unteren Bereich des Schuttkegels als auch zu großflächigen Erosionserscheinungen (WÖLLNER & WAGNER 2019), die den aktiven Teil des Schotterkegels betreffen (WÖLLNER et al. 2019). Deutliche Eintiefung wechselt sich stellenweise mit massiver Anlagerung ab. Seitenerosion betrifft auch Altterrassen und bei sehr großen Niederschlagsereignissen wurden seit 1960 Waldbestände überschottert, die infolgedessen sukzessive absterben.

Im Laufe des letzten Jahrhunderts hat die Friederlaine ihren Abfluss mehrfach deutlich geändert und damit ein Nebeneinander unterschiedlichster Sukzessionsstufen und Ausprägungen typischer Pflanzengesellschaften von Schuttfächern und Kiesbänken geschaffen. Vor dem 20. Jahrhundert erfolgte der Abfluss nach Südwesten zur Neidernach (KÖGEL 1920). Eine Blockierung des Abflusses durch das mitgeführte Material verlagerte den Hauptabfluss zunächst nach Westen. In den 1920er Jahren verlagerte sich der Abfluss schließlich stark nach Südosten entlang der Hangkante des Rauhecks zum Schwarzenbach und in den 1930er Jahren wieder stärker nach Süden in Richtung des Ofenbergs. Durch den Bau einer Staumauer am Schluchtausgang und eines kerbartigen Überlauf-Durchbruchs zur Zeit des 2. Weltkriegs sollte die Friederlaine dauerhaft nach Südosten zum Schwarzenbach umgeleitet werden, um Vermurungen der Neidernach und dadurch bedingte Überschwemmungen in der Ortslage Griesen zu verhindern. Durch diese Ableitung lag der aktive Bereich des Schwemmfächers vorübergehend im nordöstlichen Bereich des Friedergrieses, wodurch es in diesem Bereich zu einer weitgehenden Umlagerung kam. Dadurch wurden große Teile des Fächers in ein nahezu vegetationsfreies Stadium zurückversetzt (KORTENHAUS 1987). Nach dem Bruch der Staumauer begann ein Eintiefungsprozess, der den Abfluss auf eine mehr oder minder südliche Ausrichtung festlegte. In den 1960er Jahren überwog kurzzeitig wohl ein südwestlicher Abfluss über den Nudelgraben. In den 1980er Jahren verlagerte sich der Abfluss der Friederlaine dann zunehmend weiter nach Westen mit Abfluss nordwestlich des „Großen Mooses“, dann weiter in Richtung Sunkenlaine. Während über mindestens 20 Jahre der Abfluss sich nordwestlich des Großen Mooses konzentrierte, verlagert sich der Lauf der Friederlaine durch Aufschotterung seit 2015 wieder verstärkt nach Süden, so dass heute das „Große Moos“ und auch die östlich davon gelegenen Abflussflächen aus den 1970 Jahren wieder aktiv überschottert werden. Der Abfluss verlagert sich seit 2019 zunehmend zum Nudelgraben, der sich dadurch in 2020/2021 um durchschnittlich rund 1 m eingetieft hat. An vielen Stellen tritt trotz deutlicher Hangrutschungen erstmals das Grundgestein (Plattenkalk) zum Vorschein, während die weichen Kössen-Schichten weggespült werden.

Aufgrund der deutlichen Eintiefung in den letzten Jahrzehnten beschränkt sich heute der Verlagerungsprozess der Friederlaine überwiegend auf einen schmalen aktiven Bereich des Schwemmkegels (WÖLLNER et al. 2019a). Dies wird durch eine Verbauung des westlichen Ufers unterstützt, die nach dem Austritt aus dem schluchtartigen Lauf eine Seitenerosion über

rund 300 m Länge verhindert. Wie weit dies Ursache für die seit mindestens 2006 stattfindende deutliche Eintiefung ist, bleibt genauso unklar, wie der mögliche Einfluss der massiven Geschiebe-Entnahmen kurz vor der Neidernach-Mündung.

3. Flora und Vegetation

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt der Bayernflora (BIB 2022), die der Pflanzengesellschaften entspricht RENNWALD (2000). Die Darstellungen von Flora und Vegetation orientieren sich an KORTENHAUS (1987) und wurden auf der Grundlage eigener Erhebungen (2018–2020) aktualisiert.

Die Umlagerungs- und Überschotterungsprozesse bedingen ein kontinuierliches Nebeneinander der typischen Vegetation von Schuttfächern und Kiesbänken der alpinen Wildflüsse mit unterschiedlichen Sukzessionsstufen (Abb. 4).



Abb. 4. Schrägaufnahme des oberen Teils des Friedergrieses nach Norden mit dem Sukzessionsgradienten der Schottervegetation. Mc: *Myricario-Chondriletum chondrilloides*; Se_T: *Salicetum eleagni-purpureae*, typisch; Se_P: *Salicetum eleagni-purpureae* mit *Picea*; Ep: *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii*; Ai: *Alnetum incanae*; und Hp: *Homogyno-Piceetum* (Foto: T. Wagner, Juni 2021).

Zusätzlich sorgen expositionsbedingte Unterschiede, ein kleinräumiges Mosaik aus lichterem und dichter bewachsenen Patches, die Abwechslung von feuchten und trockeneren Standorten, die unterschiedlichen geologischen Grundlagen und das unterschiedlich grobe Substrat für eine ausgeprägte, kleinräumige Standortvariabilität und Biodiversität. So wurden im Umfeld des Friedergrieses zwischen Schwarzenbach und Neidernach bislang 1092 Gefäßpflanzen- und 330 Moos-Taxa nachgewiesen (Tab. 1; interne LfU Arten-Datenbank 2021).

Viele der im Friedergries zu findenden Pflanzenarten sind lichtbedürftig und auf offene Pionier-Standorte angewiesen. Der hohen Geschiebeumlagerung begegnen viele Arten mit entsprechend langen, verzweigten Wurzeln, die die Pflanzen auch bei Abtragungsprozessen weiter verankern. Einige Arten wie beispielsweise *Chondrilla chondrilloides* oder *Salix eleagnos* widerstehen der mit dem Geschiebetransport verbundenen mechanischen Beanspruchung und tolerieren eine Überschotterung (Wagner & Wöllner, unveröffentlicht). Einige Baumarten wie *Pinus uncinata* (vgl. unten), *Picea abies* oder *Acer pseudoplatanus* bilden bei Überschotterung auch adventive Wurzelhorizonte aus, um mit den wechselnden hohen

Geschiebelagen umzugehen und damit größere Aufschotterungen (zeitweilig) zu überstehen. Trotzdem sterben immer wieder größere Waldbereiche ab, die dann als Totwald in den offenen Schotterflächen stehen. Dabei ist *Acer pseudoplatanus* deutlich resistenter gegen Überschotterung als die Fichte, so dass Ahornbäume noch viele Jahre in den überschotterten Bereichen überleben können (Abb. 5).



Abb. 5. a) Abgestorbener Wald im Bereich des aktiven Schotterfächers mit *Pinus uncinata*, *Picea abies*, baumwüchsigem *Juniperus communis* und *Acer pseudoplatanus*. **b)** *Acer pseudoplatanus* als verbliebener Solitärbaum (Fotos: T. Wagner, Juni 2021).

Durch die hohe Umlagerungsdynamik besteht auch ein ständiges Risiko, dass ganze Teilpopulationen von Arten, die weitgehend auf den aktiven Umlagerungsbereich beschränkt sind, durch ein katastrophales Erosionsereignis ausgelöscht werden (WALENTOWSKI & ZEHRM 2010, WÖLLNER & WAGNER 2019). Viele Arten verfügen deshalb über entsprechende Ausbreitungsstrategien. Sie blühen mehrfach im Jahr, produzieren viele, oft windverbreitete und gut keimende Samen, die aber oft nur kurze Ausbreitungsdistancen erreichen. Damit sind diese Arten in der Lage, schnell neu entstandene Standorte zu besiedeln, so dass sich aus wenigen überlebenden Individuen schnell wieder größere Bestände entwickeln können, wie am Beispiel der Populationsentwicklung von *Chondrilla chondrilloides* im Friedergries zu sehen ist (WÖLLNER et al. 2019, 2022). Einige Arten tolerieren auch zeitweilige Überflutungen sowie längere Trockenphasen und höhere Temperaturen, so z. B. *Pinus uncinata* oder *Chondrilla chondrilloides*. *Chondrilla* bildet bis über 1 m tief in den Schotterkörper reichende Wurzeln, die das tiefer im Sedimentkörper fließende Wasser erschließen (WÖLLNER et al. 2022). Auch an die Nährstoffarmut der Dolomitschotter sind viele Pflanzen angepasst.

Zahlreiche Gipfel der Ammergauer Alpen waren während der Würmeiszeit Nunatakker (also aus der Eisdecke herausschauende Bergspitzen wie z. B. Kreuzspitze, Frieder, Ziegelspitze, Kramer; MEYER & SCHMIDT-KALER 2002), während die mittleren und tieferen Lagen durchgehend mit mehreren 100 m Auflagehöhe vergletschert waren und erst nach der Eiszeit wiederbesiedelt wurden. Deshalb finden sich im Ammergebirge noch zahlreiche reliktsche Arten, von denen jedoch nur *Carex baldensis* im Friedergries vorkommt; mit *Asperula neilreichii*, *Pedicularis oederi* und *Soldanella minima* finden sich drei weitere Reliktarten direkt in den umliegenden Bergen.

Insgesamt umfasst die Flora des Friedergries-Bereichs unterschiedliche Florenelemente, die die einzelnen Pflanzengesellschaften in unterschiedlichem Anteil durchdringen. In den Schwemmlingsfluren des *Myricario-Chondriletum* finden sich erwartungsgemäß mit 30 % Artenanteil viele alpine Florenelemente. Hier treten Rohbodenpioniere wie *Gypsophila repens*, *Galium megalospermum* oder *Saxifraga aizoides* und *S. caesia* auf. Mit der fortschreitenden Bodenentwicklung ändert sich das Artenspektrum des alpinen Florenelements, während dessen Anteil gleichzeitig abnimmt (KORTENHAUS 1987). Im lückigen Lavendelweidengebüsch (*Salicetum eleagni-purpureae*) werden die Rohbodenpioniere durch *Dryas octopetala* ersetzt, und der Anteil alpiner Arten sinkt auf 15 %. Noch geringer ist der Anteil dieser Arten im *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii* (11 %), wo aber noch *Gentiana clusii*, *Daphne striata* und *Ranunculus montanus* zu finden sind. Im Gegensatz dazu sind präalpine Florenelemente wie *Chondrilla chondrilloides*, *Stipa calamagrostis*, *Erica herbacea*, *Tofieldia calyculata*, *Coronilla vaginalis*, *Carex alba* etc. in den unterschiedlichen Sukzessionsstufen mit gleichbleibend etwa 20 % vorhanden. Im Niedermoor und *Piceetum* fehlen diese Arten. Im *Piceetum* dominieren Arten mit eurasisch-subozeanischer Verbreitung (*Campanula rotundifolia*, *Carex flacca*, *Lotus corniculatus*) zusammen mit nordisch-eurasischen Florenelementen (*Brachypodium rupestre*, *Maianthemum bifolium* etc.). Die fortgeschrittene Bodenentwicklung und Beschattung fördern die Verbreitung dieser Arten. In allen Sukzessionsstufen der Schwemmlingsfluren dagegen sind diese Elemente deutlich seltener vertreten. Vereinzelt finden sich in den lichten, warm-trockenen Offenbereichen der Schneeheide-Kiefernwälder auch Vertreter submediterraner Elemente wie *Teucrium montanum*, *Laserpitium latifolium* und *Cephalanthera rubra*. Eine umfassendere Übersicht der Florenherkünfte gibt KORTENHAUS (1987).



Abb. 6. Vereinfachte Vegetationskarte des Friedergries (WAGNER & MÜLLER 2020) auf Grundlage der historischen Vegetationsaufnahmen von KORTENHAUS (1987) und eigenen Geländebegehungen von 2018–2021. S: Aktiver Schotterfächer; 1: *Myricario-Chondriletum chondrilloides*; 2a: *Salicetum eleagni-purpureae*, typisch; 2b: *Salicetum eleagni-purpureae* mit *Picea abies*; 3: *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii* typisch; 3a: *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii* mit *Juniperus*; 3b: *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii* mit *Picea*; 3c: *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii*; 4: Lichtung; 5: *Vaccinio uliginosi-Pinetea sylvestris*; 6: *Caricetum davallianae*; 7: *Homogyno-Piceetum*; und 8: *Alnetum incanae*.

3.1 Vegetationseinheiten im Bereich des Friedergrieses

Insgesamt dominieren im Bereich des Friedergrieses vor allem die typischen Pflanzengesellschaften von Kalkschuttfächern und alluvialen Schottern. Durch die häufige Dynamik und die damit verbundene Sukzession sind die einzelnen Gesellschaften stets durch Übergangsstadien verbunden und treten in einem räumlichen Mosaik auf. Zu den typischen Pflanzengesellschaften zählen die folgenden Einheiten.

3.1.1 Alpenknorpellattich-Gesellschaft (*Myricario-Chondriletum chondrilloides*)

Der regelmäßig umgelagerte und überschotterte Bereich des Schwemmfächers ist weitgehend vegetationsfrei. Auf stabileren aber jungen (Alter < 5 Jahre; WÖLLNER & WAGNER 2019) Standorten findet sich als Ausprägung einer typischen präalpinen Schwemmlingsflur die Alpenknorpellattich-Gesellschaft (*Myricario-Chondriletum chondrilloides*; Abb. 7) mit einer Deckung von deutlich unter 20 % und Wuchshöhen unter 20 cm. Es dominieren *Petasites paradoxus*, *Campanula cochleariifolia*, *Tolpis staticifolia* und *Gypsophila repens* sowie Jungpflanzen von *Salix eleagnos*. Zur Kennart *Chondrilla chondrilloides* gesellen sich *Rumex scutatus*, *Saxifraga caesia*, *Dryas octopetala*, *Galium megalospermum*, *Saxifraga aizoides*, *Silene vulgaris* subsp. *glareosa* und *Stipa calamagrostis* (WÖLLNER & WAGNER 2019). Derartige Schotterflächen sind als LRT 3220 Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation im Anhang 1 der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie aufgeführt. Durch die nach dem Bruch der Franzosenmauer erfolgte Festlegung auf einen südlichen Abfluss entwickelte sich auf der ehemaligen Ableitungsstrecke, die KORTENHAUS (1987) noch als *Chondriletum* beschreibt, zunächst ein lichtetes Lavendelweidengebüsch und bis heute ein lichter, junger Schneeheide-Spirkenwald. An die Umlagerung erinnern die noch vereinzelt zu findenden offeneren Flächen und Vorkommen von *Chondrilla chondrilloides*, die sich dort sogar (wenn auch nur moderat) verjüngen.



Abb. 7. a) Im Vordergrund *Myricario-Chondriletum chondrilloides*, seitlich Weidengebüsch auf höher gelegenen, älteren Schotterterrassen, die zu *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii*-Beständen überleiten (Foto: T. Wagner, September 2016). **b)** Wüchsiges Exemplar von *Chondrilla chondrilloides* (Foto: A. Zehm, Juni 2018).

3.1.2 Lavendelweidengebüsch (*Salicetum eleagni-purpureae*)

Nach dem Bruch der „Franzosenmauer“ im Jahr 1962 entwickelte sich auf der ehemaligen Ableitungsfläche zum Schwarzenbach zunächst ein ausgedehntes Lavendelweiden-Gebüsch (Abb. 8). Durch fortschreitende Sukzession ist dieses Weidengebüsch heute einem lichten Schneeheide-Spirkenwald mit Fichte gewichen. Ältere Lavendelweiden-Gebüsche finden sich heute noch kleinräumig auf mittelalten (5–10 Jahre) Terrassen 2–3 m über dem Wasserlauf. Die Deckung der Weidengebüsche beträgt hier zwischen 20 und 50 %, die Wuchshöhe liegt bei durchschnittlich 2,5 m, einzelne Bäume erreichen aber bis 7 m (WÖLLNER & WAGNER 2019). Die überwiegend am Rand des aktiven Bereichs liegenden Standorte werden aktuell nicht mehr überschottet, drohen aber durch Seitenerosion wieder abgetragen zu werden (WÖLLNER & WAGNER 2019). Typische Begleitpflanzen sind *Euphrasia salisburgensis*, *Kernera saxatilis*, *Carex firma*, *Buphthalmum salicifolium*, *Tofieldia calyculata*, *Carlina biebersteinii*, *Thymus polytrichus*, *Teucrium montanum*, *Globularia cordifolia*, *Gentiana utriculosa*, *Pyrola rotundifolia* und *Biscutella laevigata*. Am Nordende des „Großen Moores“ findet sich außerdem ein dichtes, altes Weidengebüsch mit bis zu 100 % Deckung. Die Lavendelweidengebüsche sind als LRT 3240 „Alpine Flüsse mit Ufergehölzen von *Salix eleagnos*“ im Anhang 1 der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie aufgeführt.

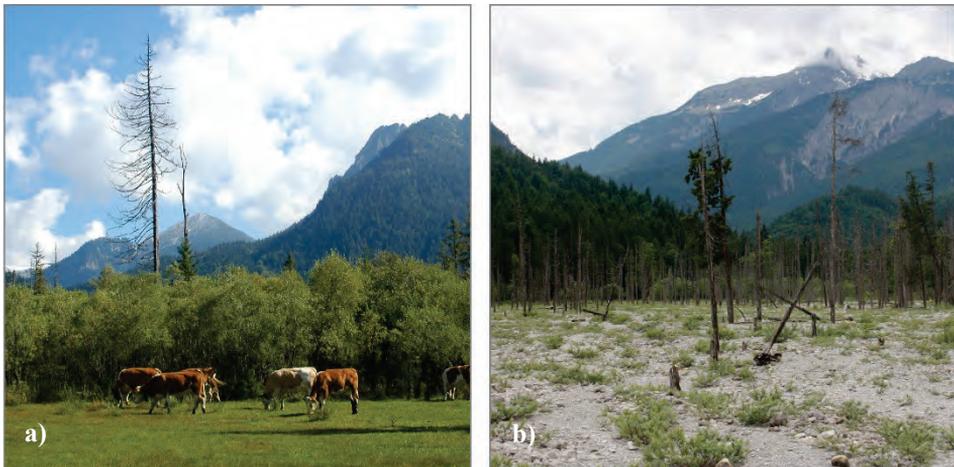


Abb. 8. a) Nordrand des „Großen Moores“ mit geschlossenem *Salix eleagnos*-Gebüsch, das in der Zwischenzeit vielfach überschottet wird (September 2012). **b)** *Salix eleagnos*-Aufkommen im südlichen Teil des aktiven Umlagerungsbereichs (Fotos: A. Zehm, Juli 2006).

3.1.3 Schneeheide-Spirkenwald (*Rhododendro hirsuti-Pinetum mugī*)

Als am meisten fortgeschrittene Sukzessionsstufe finden sich im Friedergries verschieden alte Schneeheide-Spirkenwälder (Abb. 9). Durch die weitgehende Festlegung des Abflusses und damit der Stabilisierung großer Teile des Schuttfächers nimmt der Schneeheide-Spirkenwald heute einen Großteil der Fläche des Friedergries ein. Das häufige Aufkommen der Spirke ist typisch für ein relativ spätes Sukzessionsstadium von Flussschotterflächen, auf denen die ansonsten konkurrenzstärkere Waldkiefer *Pinus sylvestris* wohl Schwierigkeiten hat sich zu etablieren. Der Schneeheide-Spirkenwald ist im Friedergries großflächig verbreitet. Er

findet sich auf den älteren (> 20 Jahre) und höher gelegenen Terrassen (> 4 m über Normalwasser). Der Boden ist von flachgründigen Rendzinen geprägt. Im Westen des Schwemmkessels finden sich große, ältere Bestände, während auf der ehemaligen Ableitungsstrecke zum Schwarzenbach junge Bestände anzutreffen sind, die sich aus dem in den 1980er Jahren noch vorhandenen Lavendelweiden-Gebüsch entwickelt haben. Dieser jüngere, nordöstliche Bestand ist mit vielen kleineren offenen Schotterflächen noch lückig bewachsen (Deckung von 40–50 %, oft auch nur 20 %), die Wuchshöhe der Bäume liegt durchschnittlich bei 3–4 m, einzelne Bäume erreichen aber auch 6–7 m. An offeneren Stellen finden sich noch Reste der Pionierfluren, teilweise noch mit *Chondrilla chondrilloides*, der sich an einigen Stellen sogar verjüngt. In rasisen Bereichen findet man gelegentlich *Carex baldensis* und *Orobanche teucrii*. Zur Spirke mischt sich Fichten-Jungwuchs, *Salix eleagnos*, aber auch *Berberis vulgaris*, *Sorbus aria* und vereinzelt *Juniperus communis*. In den bis zu 100 Jahre alten Spirkenwäldern (ZEHM 2017) im Westen des Untersuchungsgebietes ist die Deckung mit 50–85 % etwas höher, die Vegetationshöhe liegt bei 7–10 m, einzelne Bäume erreichen auch Wuchshöhen über 14 m. Zusätzlich zu den Weiden und Spirken gesellen sich *Acer pseudo-platanus* und *Pinus sylvestris*. Viele Wacholder weisen einen ausgeprägten baumförmigen Wuchs auf, was wie bei der Spirke eine typische Wuchsform auf dynamischen Karbonatböden in Griesen und Wildflusslandschaften ist. Die im östlichen Teil des Gebietes noch zu findenden Pionierarten fehlen hier. Offener Bereiche sind selten, es gibt eine ausgeprägte Strauchschicht mit *Picea abies*, *Pinus mugo* agg., *Berberis vulgaris*, *Sorbus aria* und *S. aucuparia*. Auch *Rosa pendulina* und *Cotoneaster tomentosa* sind anzutreffen. Mit zunehmender Dichte des Bewuchses nehmen Arten der feuchteren Waldtypen zu: Zwergsträucher wie *Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea*, *Erica herbacea* sowie *Polygala chamaebuxus* sind häufig. Auf den wenigen offenen Bereichen finden sich sowohl Vertreter von Trockenrasen als auch Vertreter von Kiefernwäldern, wie *Molinia arundinacea*. Eine umfassende Beschreibung der Schneeheide-Kiefernwälder gibt HÖLZEL (1996). Die Kalkschutt-Spirken-Bestände werden zum FFH-Lebensraumtyp 9430 „Montaner und subalpiner *Pinus uncinata*-Wald (* auf Gips- oder Kalksubstrat)“ hinzugerechnet (BFN 2022).

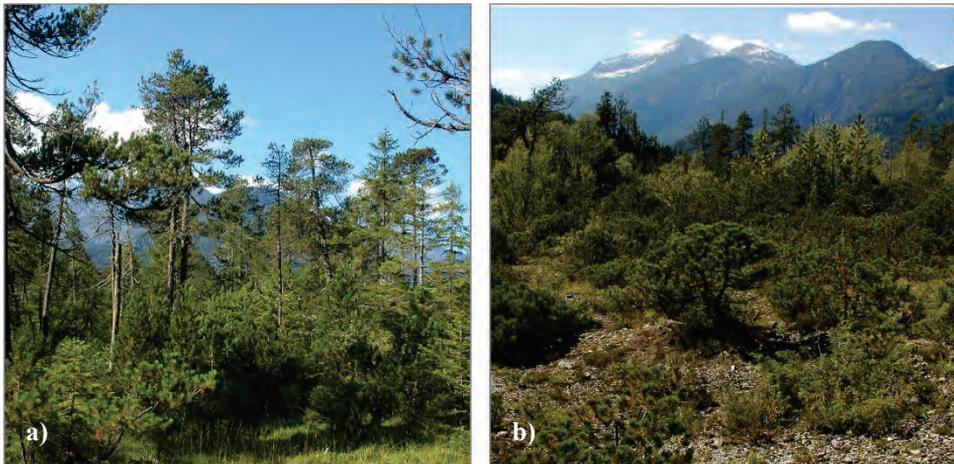


Abb. 9. a) Mittelalter Kalkschutt-Spirkenwald westlich der Friederlaine. **b)** Sukzessionsabfolge des *Rhododendro hirsuti*-*Pinetum mugii* ausgehend von jüngerem Stadium mit zahlreichen Latschen (*Pinus mugo* agg.) im Vordergrund bis zum Spirkenwald im Hintergrund (Fotos: A. Zehm, September 2012).

Neben diesen für Schuttfächer typischen Pflanzengesellschaften bietet das Friedergries aber auch einige weniger großflächig vertretene Pflanzengesellschaften:

3.1.4 Quell- und Niedermoor mit Davallssegge-Gesellschaft (*Caricetum davallianae*)

Im Bereich des „Großen Mooses“ und am östlichen Rand finden sich Quellmoor-Gesellschaften mit Davalls Segge (*Carex davalliana*; Abb. 10) und Begleitern wie *Carex panicea*, *C. hostiana*, *Epipactis palustris*, *Eriophorum latifolium*, *Lotus maritimus*, *Parnassia palustris*, *Primula farinosa* und *Tofieldia calyculata* in der Krautschicht sowie Jungwuchs von *Alnus incana*. Die Vegetationsdeckung beträgt 80–100 % mit einer Vegetationshöhe unter 30 cm in den offenen Bereichen und 5–7 m bei Sträuchern und Bäumen am Rand des „Großen Mooses“. Im Bereich der Ochsenhütte finden sich zudem Mehlprimel-Kopfbinsen-Riede (*Schoenetum ferruginei*) über Sickerquell-Austritten mit bestandsprägendem *Schoenus ferrugineus* (und vereinzelt *S. nigricans*). Dazu gesellen sich v. a. *Allium suaveolens*, *Aster bellidiflorus*, *Carex flava*, *Juncus articulatus*, *Pinguicula vulgaris*, *Potentilla erecta*, *Primula farinosa* sowie selten auch *Drosera anglica*. Diese gehen in Verebnungen in Schnabel- und Steifseggenrieder, feuchtliebende, nährstoffreiche Hochstaudenfluren und Pfeifengraswiesen über.

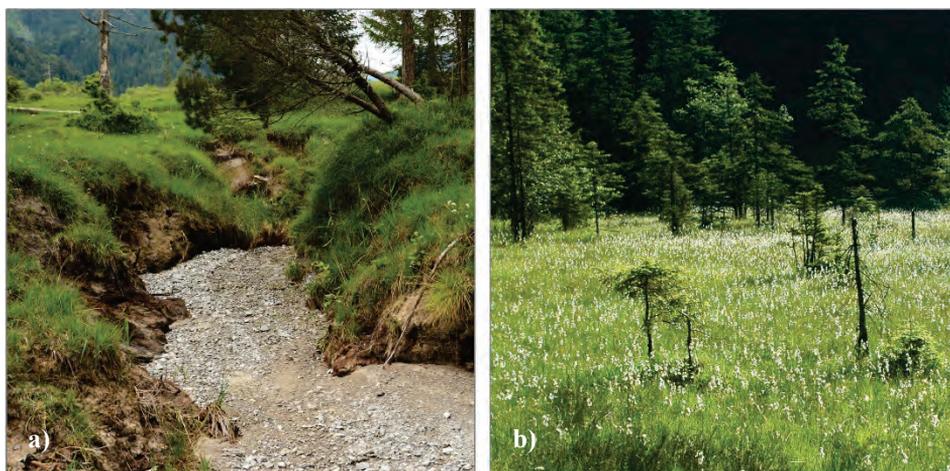


Abb. 10. a) Durch Überströmung und rückschreitende Erosion angerissene, mindestens 2 m hohe Torfschicht des Großen Moos (Juli 2020). b) Niedermoor westlich des Friedergries im spätsommerlichen *Eriophorum*-Aspekt (Fotos: A. Zehm, Juni 2010).

3.1.5 Spirken-Hochmoor (*Vaccinio uliginosi-Pinetea sylvestris*)

Wegen der Seltenheit von regenwasserabhängigen Hochmooren im Raum sei noch ein kleines Spirken-Hochmoor südlich des Großen Mooses erwähnt. Recht stark durch die umliegenden Fichtenwälder und die relativ dicht stehenden *Pinus rotundata* geprägt, sind im Unterwuchs *Andromeda polifolia*, *Drosera rotundifolia*, *Eriophorum vaginatum* und *Vaccinium oxycoccos* als typische Moorarten über einer *Sphagnum*-Decke zu erkennen. Die Bestände lassen sich gerade noch so zum FFH-Lebensraumtyp 91D0 „Moorwälder“ hinzurechnen. Die nicht einfache syntaxonomische Stellung der Moorkiefernwälder diskutieren WAGNER & WAGNER (2007).

3.1.6 Montane Kalk-Blaugras-Wiese (*Seslerion coeruleae*)

Kleinräumig, entlang von Wegrändern und auf offenen Bereichen der Schneeheide-Spirkenwälder trifft man vereinzelt montane Kalk-Blaugraswiesen mit einer Deckung um 90 % und Vegetationshöhen von 35–50 cm (Abb. 11a). Die an Kennarten verarmte Tief-lagenausbildung und kleinräumige Standortunterschiede erlauben eine Mischung von Vertretern collin-montaner Mesobrometen und alpiner Magerrasen. *Erica herbacea* stellt die Verbindung zu den Spirkenwäldern her, Mager- und Versauerungszeiger wie *Molinia caerulea* und *Potentilla erecta* sind häufig. Auf wechselfeuchten Standorten finden sich *Carex flacca*, *Pinguicula vulgaris*, *P. alpina*, *Primula farinosa* und *Tofieldia calyculata*. Vereinzelt finden sich Patches mit *Antennaria dioica*, *Carex baldensis* und *Daphne striata*. Häufige Begleiter sind *Carex alba*, *Carlina vulgaris*, *Coronilla vaginalis*, *Euphrasia salisburgensis*, *Gentiana chusii*, *Globularia cordifolia*, *Gymnadenia conopsea*, *G. odoratissima*, *Ononis repens*, *Phyteuma orbiculare*, *Prunella grandiflora*, *Thesium rostratum* und *Thymus polytrichus*.



Abb. 11. a) Montaner Kalk-Blaugrasrasen auf offenen Flächen mit *Pinus mugo*. **b)** Ausgesprochen lichte Ausbildung des *Homogyno-Piceetum* auf nährstoffreichem Moränenschutt (Fotos: T. Wagner, Juni 2021).

3.1.7 Alpenlattich-Fichtenwald (*Homogyno-Piceetum*)

Auf den seit langem nicht mehr überschotterten Bereichen des Schwemmfächers, z. B. am Hangfuss des Ofen- und des Sunkenbergs, findet sich ein durch Weidenutzung und Wildverbiss geprägter gras- und seggenreicher Fichtenwald (Abb. 11b). Die Baumschicht ist 20–30 m hoch. Es dominiert *Picea abies*, gelegentlich finden sich *Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Sorbus aria* und auch *Juniperus communis* in der Strauchschicht. Der Unterwuchs besteht aus Jungfichten-Gruppen und Zwergsträuchern wie *Vaccinium myrtillus*, *Erica herbacea* sowie *Carex alba*, *C. flacca* und *Molinia caerulea*. Höchstet treten *Aposeris foetida* und die Fichtenwaldarten *Homogyne alpina*, *Maianthemum bifolium* und *Melampyrum sylvaticum* auf (KORTENHAUS 1987).

3.1.8 Vegetationskomplexe der Nordseiten-Kalkfelsen (*Caricetum firmae*-Basalgesellschaften)

An der steilen Nordflanke des nur knapp 1180 m hohen Ofenberg tritt ein langgezogenes Hauptdolomit-Felsband zutage, welches die umliegenden Fichten-Mischwälder überragt.

Trotz der niedrigen Lage treten *Rhododendron hirsutum*-Flächen im Mosaik mit spärlich deckenden Polsterseggen-Rasenflecken (Abb. 12), Bergreitgras-Fazies und Kalk-Felsspaltengesellschaften auf. Die felsdurchzogenen Flächen sind geprägt von *Asplenium ruta-muraria*, *Campanula cochleariifolia*, *Erica herbacea*, *Globularia cordifolia*, *Potentilla caulescens*, *Primula auricula*, *Rhodothamnus chamaecistus*, *Sesleria albicans*, *Tofieldia calyculata* sowie *Valeriana saxatilis*. Nur vereinzelt sind *Arabis bellidifolia*, *Asplenium viride*, *Carex brachystachys*, *Heliosperma pusillum*, *Pedicularis rostratocapitata* und *Saxifraga caesia* eingestreut. Am Hangfuß sind zudem Schuttbänder mit kleinen Schnee-Pestwurz-Fluren (*Petasitetum paradoxi*) zu finden.



Abb. 12. Nordflanke des Ofenbergs mit einem Vegetationsmosaik von Kalkfelsvegetation, *Carex firma*-Polstern und lichtem Spirkenwald (Foto: A. Zehm, Januar 2022).

3.1.9 Grauerlen-Aue (*Alnetum incanae*)

In einem schmalen Streifen entlang des Schwarzenbachs und im Nudelgraben findet sich ein Grauerlen-Wald mit geschlossener Baumschicht und 6–14 m hohen *Alnus incana* mit eingestreuten *Picea abies*. Vereinzelt gesellt sich *Sambucus racemosa* hinzu. In der artenreichen Krautschicht überwiegen Zeiger nährstoffreicher, feuchter Standorte.

Im nahen Umfeld des Friedergries finden sich zudem noch montane Buchenwälder, Kalkfelsen mit *Potentilla caulescens*, Niedermoore mit *Eriophorum angustifolium* und *Blysmus compressus* oder subalpine Gebüsche mit *Rhododendron hirsutum* und *Salix appendiculata*.

3.2 Floristische Besonderheiten

Im Friedergries finden sich auch eine ganze Reihe floristischer Besonderheiten, von denen hier nur einzelne exemplarisch vorgestellt werden (Abb. 13). Dazu zählen:

Carex baldensis: Das Hauptverbreitungsgebiet der Relikt-Art (Abb. 13b) liegt in den südlichen Kalkalpen zwischen Gardasee und Comer-See. In den Nordalpen kommt die Monte-Baldo-Segge nur im Ammergebirge nördlich des Plansees, an der Neidernach, an der Neidernach-Mündung in die Loisach und im Friedergries vor. Sie ist in Tallagen auf fluvial beeinflusste Initialstandorte und in der Sukzession daraus hervorgegangene Weiderasen angewiesen. Primärstandorte sollen an der Südflanke der Geierköpfe (Österreich) liegen.

Chondrilla chondrilloides: Früher weit verbreitet und auch auf Kiesbänken der Alpenflüsse bis weit ins Alpenvorland zu finden, ist dieser Alpenwildfluss-Spezialist heute in Deutschland nur noch im Friedergries zu finden (WALENTOWSKI & ZEHM 2010). Von nur mehr ca. 70 Individuen um das Jahr 2000 hat sich die Population heute auf über 1500 Individuen erholt und breitet sich derzeit weiter aus (WÖLLNER et al. 2019a, b). Wiederansiedlungsversuche an Isar und Linder, ausgehend von der Population am Friedergries, sind bislang erfolgreich (WÖLLNER et al. 2022, ZEHM et al. 2020).

Gentiana utriculosa: Die Art findet sich sowohl in (Gipfel-)Lagen der Gebirge, als auch in moorigen Lebensräumen des Alpenvorlandes, wo die Art allerdings deutlich zurückgegangen ist (QUINGER & ZEHM 2009).

Juniperus communis (baumförmig): Der Baumwacholder (Abb. 13a) ist eine genetisch nicht differenzierte Unterart des Wacholders, die im nördlichen Alpenraum fast ausschließlich auf lichten, konsolidierten Flussterrassen von Wildbächen oder Schutt- und Schwemmkegeln aus lockerem Kalk- und Dolomit-Schutt zu finden ist. Im Friedergries findet sich mit über 100 Exemplaren das größte deutsche Vorkommen des Baumwacholders (EWALD & MÜLLER 2003). Bemerkenswert ist zudem, dass ausschließlich *Juniperus communis* und nicht die im Alpenraum vielfach zu findende *J. nana* anzutreffen ist.

Pinus uncinata: Die große Flächen des Grieses prägende *Pinus uncinata* gehört zum *Pinus mugo*-Aggregat, das sich bislang taxonomisch nur schwer fassen lässt (z. B. KAROPKA et al. 2019). Klar erscheint eine ökologische Trennung in die Latschengebüsche der Waldgrenze (*P. mugo* s. str.), die baumförmige Moor-Spirke (*P. rotundata*), die in Hochmooren waldartige Bestände ausbildet, und die sich auf ruhendem Kalkschutt etablierende Kalkschutt-Spirke (*P. uncinata*; Abb. 13d). Im Folgenden werden, ebenso wie von anderen Autoren (KORTENHAUS 1987, RINGLER 2015), die baumförmigen Formen als Kalkschutt-Spirken (*Pinus uncinata*) angesprochen. Charakteristisch ist ein Aufwachsen auf rund 20 Jahre nicht mehr umgelagerten Schottern, auf denen in rund 150 Jahren eine Generation aufwächst, die danach von *Pinus sylvatica* und anderen Waldbäumen abgelöst wird. Zudem findet sich die Art auf nordseitigen Berghängen.

Als weitere Besonderheiten des Gebietes sind *Coronilla vaginalis*, *Erigeron acris* subsp. *angulosus*, *Galium megalospermum*, *Orobanche teucreei*, *Pyrola chlorantha* (einziges bekanntes Vorkommen in den bayerischen Alpen; ZEHM 2017), *Salix pentandra*, *Taraxacum pollichii*, *T. trilobifolium* und *T. turfosum* zu nennen. Bis auf weiteres müssen *Campanula cervicaria* und *Orchis coriophora* subsp. *coriophora* als verschollen angenommen werden, wobei von ersterer aufgrund eines in Richtung Eibsee gelegenen Großvorkommens Chancen auf einen Wiederfund bestehen. *Myricaria germanica* wurde (entgegen den Angaben in der



Abb. 13. **a)** Nur im Habitus unterscheidet sich der „Baumwacholder“ von den weit verbreiteten *Juniperus communis*-Büschen (September 2012). **b)** Die seltene Reliktart Monte-Baldo-Segge (*Carex baldensis*) ist nur an einer Stelle im Friedergries zu finden (Juli 2013). **c)** Als seltener Begleiter eingestreut: Schotter-Berufkraut (*Erigeron acris* subsp. *angulosus*; Juli 2015). **d)** Die Habitus-Übergänge zwischen Latsche (*Pinus mugo*) und Kalkschutt-Spirke (*Pinus uncinata*) sind in jungem Stadium weitgehend fließend (August 2021) (Fotos: A. Zehm).

Geotop-Beschreibung) noch nie im Gebiet nachgewiesen; auch die Vorkommen an der nicht weit entfernten Neidernach-Mündung konnten seit 1980 nicht mehr bestätigt werden (WÖLLNER et al. 2019b).

4. Weitere naturschutzfachlich wertgebende Arten

Als dynamischer Sonderstandort zeichnet sich das Friedergries auch durch eine hohe Artenvielfalt (Tab. 1) und zahlreiche bemerkenswerte faunistische Raritäten aus. So wurden bislang im Umgriff des Friedergrieses zwischen Schwarzenbach und Neidernach rund 2300 Taxa nachgewiesen, wobei allein bei den Gefäßpflanzen und Moosen von einer halbwegs vollständigen Erfassung auszugehen ist.

Tabelle 1. Zusammenfassung der Artennachweise von Tieren, Pflanzen und Pilzen im Umfeld des Friedergrieses (LfU Arten-Datenbank, Stand 06.01.2022).

Artengruppe	Nachgewiesene Taxa	Erfassungs-intensität
Wirbeltiere	119	mittel
Plecoptera	33	mittel
Orthoptera	21	mittel
Auchenorrhyncha	61	schlecht
Coleoptera	151	schlecht
Apoidea	43	schlecht
Formicidae	12	mittel
Syrphidae	81	mittel
Lepidoptera	114	schlecht
Tracheophyta	1 092	gut
Bryophyta	330	gut
Fungi	187	schlecht
Sonstige Taxa	85	sehr schlecht!
Taxa insgesamt	2 329	
Nachweise	14 917	

So lebt in der Region eine individuenreiche Population der FFH-Art Alpenbock (*Rosalia alpina*). Hervorzuheben sind zudem die Bestände der typischen Heuschrecken von offenen Wildfluss-Schotterfluren, dem Kiesbank-Grashüpfer (*Chorthippus pullus*) und sogar Türks Dornschröcke (*Tetrix tuerki*) sowie der Gefleckten Schnarrschrecke (*Bryodemella tuberculata*; FISCHER et al. 2000). Von allen drei deutschlandweit vom Aussterben bedrohten Arten wirken die Bestände im Friedergries stabil, sind bayernweit aber in den kurzfristigen Bestandstrends durch fortgesetzte Abnahmen gekennzeichnet (VOITH et al. 2016). Als weitere Wildfluss-Art ist die durch ihre Körpergröße auffällige Flussufer-Wolfspinne (*Arctosa cinerea*) im Bereich der aktiven Umlagerungszone zu finden.

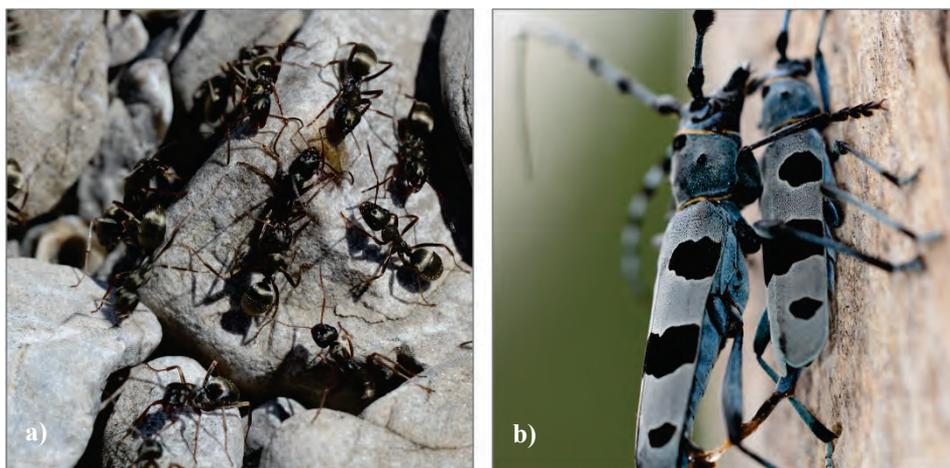


Abb. 14. **a)** *Formica selysi* (Starkbeborstete Sklavenameise) kommt mit einer Superkolonie auf der gesamten offenen Schotterfläche des Friedergrieses vor. **b)** Paarung des Alpenbocks (*Rosalia alpina*) (Fotos: A. Zehm, beide Juli 2013).

Am faunistisch auffälligsten (und für Besucher oftmals sehr lästig) ist die bayernweit seltene, hier alle lichten, seit ein paar Jahren nicht mehr umgelagerten Teilflächen des Gries dicht besiedelnde Superkolonie der Starkbeborsteten Sklavenameise (*Formica selysi*), die zum Teil mit mehreren Nesteingängen pro Quadratmeter vertreten ist. Ebenso wie die Heuschrecken ist diese Sklavenameise typisch für Wildflusslandschaften (LUDE et al. 1999).

Angewiesen auf luftfeuchte Stellen in Reinluftgebieten ist die Lungenflechte *Lobaria pulmonaria* an den Schattenseiten von licht stehenden *Acer pseudoplatanus* mit zum Teil großen Exemplaren zu finden. Die vielfach selten gewordene Flechte gilt aufgrund hoher Lebensraumansprüche als ein Indikator für naturnahe, intakte Wälder mit dicken, alten Laubbäumen.

Neben der hohen Artenvielfalt ist das Friedergries wie wenige andere Gebiete Lebensraum für seltene Arten. So finden sich trotz sehr unvollständiger Erfassung im Gebiet 400 Taxa, die auf den Roten Listen geführt werden, davon mehr als 30 in der höchsten Kategorie „Vom Aussterben bedroht“ (Tab. 2). Dies unterstreicht den naturschutzfachlichen Wert des Gebietes.

Tabelle 2. Rote-Liste-Kategorien der in der Arten-Datenbank dokumentierten Arten-Nachweise Deutschlands und Bayerns (BAYER. LFU 2022c).

Rote Liste Kategorie	RL Bayern	RL Deutschland
1 (Vom Aussterben bedroht)	32	34
2 (Stark gefährdet)	89	114
3 (Gefährdet)	240	220
V (Vorwarnliste)	278	227
R (Extrem selten)	39	32

5. Nutzung, Eingriffe und Naturschutz

Während unverbaute Schwemm- und Schotterfächer in den südlichen und östlichen Alpen noch häufig sind (FONTANA et al. 2014), sind naturnahe größere Schwemmfächer wie das Friedergries in den nördlichen Kalkalpen nur noch vereinzelt anzutreffen. So ist das Friedergries neben dem Wimbachgries einer der letzten aktiven großen Schwemmfächer im Deutschen Alpenraum. Fast alle anderen Schwemmfächer sind grundlegend verändert worden: Die Gewässer nahezu aller gut nutzbaren Schuttfächer sind bereits vor Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten ausgebaut worden und die Fächer seitdem überbaut oder landwirtschaftlich genutzt (z. B. Eschenlohe). Dadurch ist der Lebensraum für Pflanzen- und Tierarten, die auf derartige dynamische Offenstandorte angepasst und oft auch angewiesen sind, massiv zurückgegangen (WÖLLNER et al. 2022).

Trotz der scheinbaren Unberührtheit des Gebiets und der Unterschutzstellung ist das Friedergries von anthropogenen Einflüssen überprägt. Dabei haben vor allem der Bau der Staumauer und die dadurch bedingte Umleitung des Abflusses der Friederlaine die Vegetation im Friedergries nahezu flächendeckend beeinflusst. Bis heute prägt der massive Eingriff durch die ehemalige Staumauer und die damit verbundene kurzzeitige Ableitung der Friederlaine zum Schwarzenbach das Gries und seine Vegetation. Die Bewehrung eines Abschnitts des Westufers durch Flussbausteine verhindert eine Verlagerung des aktiven Bereichs nach Westen und fördert damit immer noch die fortschreitende Eintiefung der Friederlaine, die nach dem Dambruch einsetzte. Dadurch wurde der aktive Fächer eingeschränkt und der Geschiebehaushalt bis zum heutigen Tage massiv beeinflusst. Obwohl weit entfernt, wirken sich möglicherweise bis heute auch deutliche Kies-Entnahmen direkt vor der Mündung in

die Neidernach bis auf das Ablagerungsgeschehen im unteren Teil des Fächers aus. Mangels einer sohlstabilisierenden Schwelle, die ein Eintiefen verhindert, werden kontinuierlich aus dem Abflussarm größere Mengen Kies entzogen, was durch den relativ steilen Geschiebekeil Auswirkungen bis zum Fuss des Fächers haben könnte. Die Kies-Entnahmen sind nicht genehmigt, werden aber trotz der verschiedenen Schutzstati (z. B. Naturschutzgebiet) bislang toleriert.

Das Gebiet um das Friedergries ist Teil eines mit rund 8000 ha sehr großflächigen Freiweidegebietes für Rinder und Pferde (Glatz mündl.). Die Weidetiere können sich zwischen Auf- und Abtrieb auf mehreren hundert Hektar großen Flächen über lange Zeiträume frei bewegen, was zu einem lokal sehr unterschiedlichen Nutzungsmuster führt. Die Beweidung erfolgt bis heute auf Grundlage von im Jahre 1870 festgeschriebenen Weiderechten. Doch insgesamt geht die großflächige Weidehaltung wahrscheinlich deutlich länger zurück, als die erste schriftliche Erwähnung der Weidenutzung im 14. Jahrhundert belegt. Die Besatzzahlen variieren je nach Notwendigkeit; liegen inzwischen aber wieder mit rund 250 Großvieh pro Saison etwa in der Dimension, wie vor dem historischen Tiefstand in den 1960er Jahren. Im Gegensatz zu KORTENHAUS (1987), der die Beweidung durch „Eintrag von Nährstoffen“ und die Häufung von Trittschäden eher negativ sieht, muss aus heutiger Sicht davon ausgegangen werden, dass die inzwischen recht extensive Beweidung, die großflächig auch Waldflächen einschließt, eher dazu beiträgt das flächendeckende Gehölzwachstum zu verlangsamen. Gerade die Vorkommen von *Carex baldensis* im Friedergries und an der Neidernach sind auf die Beweidung angewiesen, die auch dazu beiträgt, die Auswirkungen des Klimawandels (z. B. starkes Aufkommen von Buchen) und der Nährstoffeinträge aus der Luft zu begrenzen. Insgesamt trägt die Beweidung – gerade aufgrund der z. B. im Vergleich zu Schafen nicht so selektiven Nahrungsaufnahme der Rinder – aus Naturschutzsicht wohl wesentlich zum Erhalt der naturschutzfachlichen Wertigkeit bei (KÖNIGER et al. 2005). Lokal wechselnde Weideintensitäten, Trittwirkungen, der Dung als Kleinlebensraum und der kontinuierliche Transport von Samen über die Fläche sind hier die wesentlichen positiven Effekte. Die Auswirkungen des Viehauftriebs treten wohl hinter dem des Rotwild- und Gamsen-Einflusses zurück. Nach Aussagen der Garmischer Weidegenossenschaft ist in den letzten Jahrzehnten trotz der Beweidung ein Zuwachsen des Friedergries und der umliegenden Wälder zu beobachten.

Der Einfluss Erholungssuchender ist bislang aufgrund der fehlenden touristischen Erschließung mäßig, obwohl das Friedergries über Forstwege, Wanderrouten und eine beliebte Mountainbike-Strecke ohne größeren Anstieg leicht erreichbar ist und auf dem Weg zu mehreren Gipfelrouten der Ammergauer Alpen liegt. Der landschaftliche Reiz des Friedergrieses verleitet auch gelegentlich Wanderer zur illegalen Übernachtung, was gelegentlich auch mit illegalem Holzeinschlag und Lagerfeuer verbunden ist. Allerdings ist die Besucherfrequenz im Vergleich zu anderen Punkten der Ammergauer Alpen (oder gar des stark frequentierten nahegelegenen Eibsees) immer noch relativ gering.

6. Schlussfolgerungen

Als einer der wenigen in den nördlichen Alpen erhaltenen größeren Dolomit-Schuttfächer mit natürlicher Dynamik stellt das Friedergries ein außerordentliches Schutzgebiet von nationaler Bedeutung dar. Es zeichnet sich durch hohe Lebensraum- und Artenvielfalt, einige

floristische Besonderheiten (z. B. *Carex baldensis*), dem Schneeheide-Spirkenwald, dem Vorkommen von baumförmigen *Juniperus communis* und natürlich der letzten verbliebenen Population von *Chondrilla chondrilloides* aus.

Danksagung

Wir danken Anton Mayer und Norbert Müller für die fachliche Diskussion sowie für ihre Anregungen und Ergänzungen zur Geologie und Vegetation.

Literatur

- AHNERT, F. (2015): Einführung in die Geomorphologie. – Ulmer, Stuttgart: 393 pp.
- BAYER. LFU (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT) (2021): Gewässerkundlicher Dienst Bayern: Station Garmisch-Partenkirchen-Griesen – URL: www.gkd.bayern.de/de/meteo/niederschlag/bayern/garmisch-partenkirchen-griesen-6307 [Zugriff am 03.01.2022].
- BAYER. LFU (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT) (2022a): NATURA 2000 Gebietsrecherche online – URL: www.lfu.bayern.de/natur/natura2000/browse/info?id=8431-371 [Zugriff am 03.01.2022].
- BAYER. LFU (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT) (2022b): NATURA 2000 Gebietsrecherche online – URL: www.lfu.bayern.de/natur/natura2000/browse/info?id=8330-471 [Zugriff am 03.01.2022].
- BAYER. LFU (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT) (2022c): Rote Liste Tiere – URL: www.lfu.bayern.de/natur/rote_liste_tiere/ [Zugriff am 03.01.2022].
- BIB (BOTANISCHER INFORMATIONSKNOTEN BAYERN) (2022): Checkliste der Gefäßpflanzen Bayerns. – URL: https://daten.bayernflora.de/de/checklist_pflanzen.php [Zugriff am 16.02.2022].
- BFN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2022): Montaner und subalpiner *Pinus uncinata*-Wald. – URL: www.bfn.de/natura-2000-lebensraum/montaner-und-subalpiner-pinus-uncinata-wald-auf-gips-oder-kalksubstrat [Zugriff am 16.02.2022].
- DWD (DEUTSCHER WETTER DIENST) (2021): Open Data Service. – URL: opendata.dwd.de [Zugriff am 03.01.2022].
- EWALD, J. & MÜLLER, C. (2003): Baumwacholder in Südbayern. – LWF Wissen 41: 14–18.
- FISCHER, J., STEINLECHNER, D., ZEHEM, A., PONIATOWSKI, D., FARTMANN, T., BECKMANN, A. & STETTNER, C. (2000): Die Heuschrecken Deutschlands und Nordtirols. – Quelle & Meyer, Wiesbaden: 372 pp.
- FONTANA, A., MOZZI, P. & MARCHETTI, M. (2014): Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps. – Sediment. Geol. 301: 150–171.
- HÖLZEL, N. (1996): Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen. – Laufener Forschungsber. 3: 1–192.
- HORNUNG, T. & HAAS, U. (2017): Geologische Karte von Bayern 1:25.000 – Erläuterungen zu den Blättern 8531/8631 Zugspitze und 8532/8632 Garmisch-Partenkirchen. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg: 154 pp.
- HÖRMANN, K. (1964): Torrenten in Friaul und die Längsentwicklung auf Schottern. – Münchner Geogr. H. 26: 1–81.
- KALNÍKOVÁ, V., CHYTRÝ, K., BITA-NICOLAE, C. ... CHYTRÝ, M. (2021): Vegetation of the European mountain river gravel bars: A formalized classification. – Appl. Veg. Sci. 24.1: e12542.
- KAROPKA, M., CREMER, E. KAVALIAUSSKAS, D. & FORREITER, L. (2019): Die Spirke in süddeutschen Mooren. – AFZ-DerWald 4: 14–17.
- KÖGEL, L. (1920): Beobachtungen an Schuttkegeln aus den Ammergauer Bergen. – Mitt. Geogr. Ges. München 1920: 97–118.
- KÖNIGER, J., SCHLEICHER, A. & MOSANDL, R. (2005): Die Waldweide im Bergwald des nördl. Alpenraums: Interessenkonflikte, wissenschaftliche Erkenntnisse und Konfliktlösungsansätze. – Jahrb. Ver. Schutz Bergwelt 70: 151–175.
- KORTENHAUS, W. (1987): Das Naturwaldreservat „Friedergries“. – Jahrb. Ver. Schutz Bergwelt 52: 7–70.

- KUHNERT, C. (1966): Das Ammergebirge geologisch betrachtet. – Jahrb. Ver. Schutz Alpenpflanz. -Tiere 31: 11–27.
- LEUSCHNER, C. & ELLENBERG, H. (2017): Vegetation of the Alpine and Nival Belts. – In: LEUSCHNER, C. & ELLENBERG, H.: Ecology of Central European Non-Forest Vegetation: Coastal to Alpine, Natural to Man-Made Habitats: 271–431. Springer, Cham.
- LUDE, A., REICH, M. & PLACHTER, H. (1999): Life strategies of ants in unpredictable floodplain habitats of Alpine Rivers (*Hymenoptera: Formicidae*). – Entomol. Gener. 24(2): 75–91.
- MEYER, R.K.F. & SCHMIDT-KALER, H. (2002): Wanderungen in die Erdgeschichte (9) Auf den Spuren der Eiszeit südlich von München. – Friedrich Pfeil, München: 127 pp.
- QUINGER, B. & ZEHEM, A. (2009): Schlauch-Enzian – *Gentiana utriculosa* L. – Merkblatt Artenschutz 21. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg: 4 pp.
- RINGLER, A. (2015): *Erico-Pinion* braucht Natura 2000. Schneeheide-Kiefernwälder der Nordalpen, ihre Zukunft und aktuellen Probleme. – Jahrb. Ver. Schutz Bergwelt 80: 63–124.
- RENNWALD, E. (2000): Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands mit Anmerkungen zur Gefährdung. – Schriftenf. Vegetationskd. 35: 393–592.
- VALACHOVIĆ, M., DIERSSEN, K., DIMOPOULOS, P., HADAČ, E., LOIDI, J., MUCINA, L., ROSSI G., TENDERO F.V. & TOMASELLI, M. (1997): The vegetation on screes – a synopsis of higher syntaxa in Europe. – Folia Geobot. 32(2): 173–192.
- VOITH, J., BECKMANN, A., SCHACHTELEBEN, J., SCHLUMPRECHT, H. & WAEBER, G. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Heuschrecken (Saltatoria). – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg: 14 pp.
- WAGNER, A. & WAGNER, I. (2007): Moorwälder: Kennarten und syntaxonomische Stellung. – Ber. Reinhold-Tüxen-Ges. 19: 163–173.
- WALENTOWSKI, H. & ZEHEM, A. (2010): Reliktische und endemische Gefäßpflanzen im Waldland Bayern – eine vegetationsgeschichtliche Analyse zur Schwerpunktsetzung im botanischen Artenschutz. – Tuexenia 30: 59–81.
- WÖLLNER, R. & WAGNER, T.C. (2019): Saving species, time and money: Application of unmanned aerial vehicles (UAVs) for monitoring of an endangered alpine river specialist in a small nature reserve. – Biol. Conserv. 233: 162–175.
- WÖLLNER, R., KOLLMANN, J., ZEHEM, A. & WAGNER, T.C. (2019a): Gute Aussichten für den Alpen-Knorpellattich in Deutschland? Erste Ergebnisse von Monitoring und Wiederansiedlung lassen hoffen. – ANLiegen Natur 42(1): 139–142.
- WÖLLNER, R., MÜLLER, N., REICH, M., WAGNER, T.C. & KOLLMANN, J. (2019b): Artenhilfsmaßnahmen für gefährdete Wildflussarten – eine Potenzialstudie an den bayerischen Alpenflüssen anhand von vier Beispielarten. – Nat. Landsch. 94(12): 509–516.
- WÖLLNER, R., BRÄUCHLER, C., KOLLMANN, J. & WAGNER, T.C. (2021): Biological Flora of Central Europe: *Chondrilla chondrilloides* (Ard.) H. Karst. – Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst. 54: 125657.
- WÖLLNER, R., WAGNER, T.C., CRABOT, J. & KOLLMANN, J. (2022): Spatio-temporal patterns in degradation and restoration of gravel bars along Alpine rivers. – River Res. Appl. Doi: 10.1002/rra.3933.
- ZEHEM, A. (2017): *Pyrola chlorantha* SW. – neu für die bayerischen Alpen. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 87: 1–228.
- ZEHEM, A., KLOTZ, J., HORN, K. ... WIMMELBÜCKER, A. (2020): Rückgang seltenster Pflanzenarten ist ungebremst – Freilanduntersuchungen zur Bestandsentwicklung vom Aussterben bedrohter Gefäßpflanzenarten Bayerns. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 90: 5–42.

Artenreiche Magerstandorte in Niederbayern zwischen Donau und Abens

Johannes Kollmann

*Lehrstuhl für Renaturierungsökologie, Technische Universität München,
Emil-Ramann-Str. 6, 85354 Freising
E-mail: johannes.kollmann@tum.de*

Zusammenfassung

Intensive Landwirtschaft, Ausweitung von Siedlungen und Gewerbegebieten sowie Aufforstungen haben zu einer Degradation und Verinselung von Magerstandorten in weiten Teilen Süddeutschlands geführt. Auf der Exkursion in den Landkreis Kelheim in Niederbayern werden dazu Beispiele von Sandkiefernwäldern, Magerrasen und Felsvegetation gezeigt. Anhand der *Leucobryo-* und *Peucedano-Pineten* sowie *Corynephoreten* (Wissenschaftliche Namen der Gefäßpflanzen nach JÄGER [2011] sowie der Pflanzengesellschaften nach RENNWALD et al. [2000]) auf Binnendünen bei Siegenburg werden die Herausforderungen und Erfolge der naturschutzfachlichen Nachbildung historischer Waldbewirtschaftung deutlich. Kleinparzellierte, intensive Streunutzung hat in diesen lichten Kiefernwäldern das Überdauern seltener Arten wie *Armeria elongata*, *Chimaphila umbellata* und *Pulsatilla vernalis* gefördert. Nutzungsaufgabe und Stickstoffeinträge haben in den vergangenen Jahren zu stärkerem Kronenschluss und einer dichten Krautschicht geführt, in der Zwergsträucher und pleurokarpe Moose dominieren. Versuche zur Streuentfernung und erfolgreiche Artenhilfsmaßnahmen werden vorgestellt und diskutiert.

Bei Kloster Weltenburg kommt Felsvegetation am Donaudurchbruch vor, die insgesamt in einem sehr guten Zustand ist, und zwar sowohl die Magerrasenfragmente der Felsköpfe als auch die nitrophytischen Schwarznesselsäume des Felsfußes. Problematisch ist das Zuwachsen einiger Felspartien durch Gehölze, das Eindringen von Neophyten, zunehmender Klettersport und Betreten der Felsköpfe sowie die technische Sicherung der Felsen oberhalb von Straßen und Wegen.

Die Sandharlander Heide ist ein Naturschutzgebiet, in dem auf engstem Raum Kalkmagerrasen und bodensaure Magerrasen nebeneinander vorkommen, die sich nach Rodung lichter Kiefer-Eichenwälder und durch jahrhundertelange, extensive Beweidung entwickelt haben. Dies hat zu einer sehr hohen Artenvielfalt von Basi- und Acidophyten geführt (z. B. *Dianthus carthusianorum* neben *D. deltoides*), die auf der Exkursion studiert werden. Die Beweidung des Gebiets funktioniert gut und angrenzende Äcker wurden in den letzten Jahren erfolgreich als Pufferflächen gegen Nährstoffeinträge intensiviert oder in zusätzliche Magerrasen umgewandelt, die den vielfältigen Eindruck einer historischen Kulturlandschaft unterstützen.

Abschließend wird am Zusammenfluss von Donau und Abens das spätrömische Kastell Abusina bei Eining besucht, mit ebenfalls artenreichen Magerrasen und gut entwickelter Vegetation auf den Mauerresten. Das jahrhundertelange Zusammenwirken der natürlichen Gegebenheiten und der Landnutzung in Niederbayern wird hier besonders deutlich. Dies hat eine hohe regionale Biodiversität hervorgebracht, mit entsprechenden Herausforderungen für Naturschutz und Renaturierung der heute meist isolierten Magerstandorte.

1. Geologie, Klima und Böden des Exkursionsgebiets

Die Exkursionsorte im Landkreis Kelheim befinden sich am östlichen Rand der Ingoldstädter Donauaue zwischen dem westlichen Niederbayerischen Tertiärhügelland und den nördlich angrenzenden Ausläufern der Südlichen Frankenalb. Die vier Lokalitäten liegen alle flussaufwärts der Stadt Kelheim und südlich der Donau. Im Nordosten des Exkursionsgebietes bildet der Weißjura (Malm) das Ausgangsgestein, aus dem sich Rendzinen und mehr oder weniger tonreiche Terrae fuscae als Hauptbodentypen entwickelt haben. Naturräumlich befinden wir uns hier noch im Schichtstufenland. Im Bereich der Weltenburger Enge hat die Donau mächtige Riffstöcke aus dem ehemaligen Jurameer freigelegt (MAYER et al. 1994). Das südlich angrenzende, zum Alpenvorland gehörende Tertärhügelland bildete sich zwischen Eozän (Alt-Tertiär) und Miozän (Jung-Tertiär) im zyklischen Wechsel mariner und limnischer Sedimentschichten, wobei die Obere Süßwassermolasse den Abschluss bildet (HENNINGSEN & KATZUNG 2002). Im bayerischen Raum stammen die Schuttsedimente größtenteils aus den südlich anstehenden Alpen, im nördlichen Teil waren auch die Südliche Frankenalb und der Böhmisches Masse an der Sedimentschüttung beteiligt (JERZ 1992). Je nach Strömungsverhältnissen wurden Feinsedimente, Sand oder Kiese abgelagert (DOPPLER et al. 2004). Charakteristisch für die Topographie des nördlichen Tertiärhügellandes sind die sanft geschwungenen Hügelketten, die durch ein verzweigtes Gewässernetz gegliedert werden. Im Spätglazial wurden die tertiären Sedimente durch Löss und Lösslehm überdeckt, was das Tertiärhügelland zu einer fruchtbaren, intensiv ackerbaulich genutzten Landschaft macht. Am Nordrand des Hügellandes bildeten sich während der Eiszeit Flugsanddünen, die bis in die jüngste Zeit umgelagert wurden (VÖLKELE et al. 2011).

Das regionale Klima des Exkursionsgebiets ist subkontinental. Die aktuelle durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 9,9 °C, mit einem mittleren Jahresniederschlag von 723 mm (2008–2021, Station Sandharlanden; Agrarmeteorologie Bayern, www.bienenkunde.rlp.de/). Die Temperaturkurve beschreibt im Jahresverlauf eine Schwankung von circa 20 °C, und die höchsten monatlichen Niederschläge fallen im Sommer.

Der Bodentyp der Exkursionsorte Siegenburg, Sandharlanden und Eining ist in den meisten Fällen eine Braunerde aus äolischen Sedimenten, also Flugsanden. Interessant ist hier die gute K- und mittlere Ca- und Mg-Versorgung der Kiefern. Die Sande sind etwas kalkreicher als die reinen Quarzsande der Oberpfalz (PRIETZEL & KAISER 2005). Bei lokal häufiger Austrocknung des Oberbodens, hoher Jahresmitteltemperatur und schwer zersetzbarer Streu sowie karbonatarmem, aber muskovitreichem Ausgangsmaterial kann eine gewisse Podsolierung einsetzen. Dies führt z. B. in den Sandkiefernwäldern von Siegenburg zu einer sauren Bodenaufgabe, meist Rohhumus oder Moder, die frühzeitig zu einer Tonzerstörung durch intensive Verwitterung im Oberboden führt (BLUME et al. 2010). Die Chronosequenz mit ihren wichtigsten Gliedern verläuft über vier Stufen: Syrosem wird zu Podsol-Ranker, welcher sich durch Anhäufung der Humusaufgabe definiert. Nach intensiver Auswaschung von Fe-, Al-, Mn- und P-Verbindungen aus dem Oberboden und der Wiederausfällung dieser Verbindungen im Unterboden, bildet sich aus Podsol-Braunerde ein Eisen-Humus-Podsol, wobei sich die Unterbodenhorizonte verfestigen und verhärteten. Die Korngrößenverteilung der Sandkiefernwälder ist wie folgt: Sand 84 %, Schluff 13 % und Ton 3 % (BAYER. LFU 2020). Das Grundwasser befindet sich in den Exkursionsgebieten 10–20 m unter der Geländeoberfläche. Stauwassereinfluss ist infolge der geringen Feldkapazität des Sandbodens nicht vorzufinden. Aufgrund des weitgehend karbonatfreien Bodens liegt der pH-Wert bei 3–5. Höhere pH-Werte treten auf Kalkgestein des Oberen Jura in den Kalkmagerrasen innerhalb der Sandharlander Heide und bei Weltenburg auf, mit entsprechend andersartigen Bodentypen.

Die Exkursionsregion im Landkreis Kelheim ist Altsiedlungsgebiet mit langer Bewirtschaftungskontinuität und vielen archäologischen Funden, u.a. der Kelten und Römer (NILLER 1998). Die Vegetation ist auch heute noch durch die frühe und über viele Jahrhunderte extensive Landnutzung geprägt.

2. Sandkiefernwälder auf Binnendünen bei Siegenburg

2.1 Gebietsbeschreibung

Das erste Exkursionsziel liegt südlich der Stadt Abensberg im Naturschutzgebiet „Binnendünen bei Siegenburg und Offenstetten“ (48°45'17.0"N, 11°49'45.3"E). Dieses Naturschutzgebiet befindet sich am östlichen Rand des Landschaftsschutzgebiets „Dürnbucher Forst“ und wurde 1984 von der Regierung von Niederbayern zur Erhaltung des durch die Entstehungsgeschichte bedingten geomorphologischen Erscheinungsbildes ausgewiesen. Des Weiteren dient der Schutzstatus der Bewahrung der durch die Pflanzen- und Tierwelt bestimmten natürlichen Eigenart des Gebietes (REGIERUNG NIEDERBAYERN 2005a). Das südliche Teilgebiet des Naturschutzgebietes hat eine Größe von ca. 18 ha und liegt westlich von Siegenburg (392 m NN), das nördliche Teilgebiet ist ca. 9 ha groß und liegt bei Offenstetten östlich von Abensberg. Die Exkursion befasst sich nur mit dem Teilgebiet bei Siegenburg.

Eine Besonderheit des NSG Siegenburg sind die bis zu 10 m hohen und 300 m langen Sanddünen mit SW–NO-Orientierung (Abb. 1). Diese Dünen entstanden bei spärlicher Vegetationsdeckung im Spät- und frühen Postglazial und sind somit geologisch gesehen jung (VÖLKELE et al. 2011). Teilweise treten die Binnendünen in Sichelform auf, da die weniger



Abb. 1. Re-dynamisierte, südexponierte Düne mit zwei Zielarten offener Sandflächen im aufgelichteten Kiefernwald des NSG Siegenburg (Fotos: J. Kollmann, Mai 2019).

mächtigen Randteile vom Wind stärker verfrachtet wurden als die Mittelteile. Durch die noch heute steil ansteigenden NO-Seiten und die weniger geneigten SW-Seiten, lässt sich die historische Hauptwindrichtung aus Nord-Ost ableiten. Die Dünen entstanden zwischen den Flüssen Donau und Abens durch vom Wind aus den Donauniederungen ausgetragenen, glimmerreichen Sand. Der Sand der Dünen besteht vornehmlich aus fein- bis mittelsandigen Quarzkörnern mit wenig Bindemittel, sodass sie leicht beweglich sind und ohne Hindernisse über weite Strecken unter Windeinfluss wandern können.

Erst nachdem die Dünen durch Bewuchs zur Ruhe gekommen waren, entstand ein Kiefernwald mit mehr oder weniger geschlossener Krautschicht. Die Dynamik des Flugsands wurde im Mittelalter durch intensive anthropogene Waldnutzung gefördert (HAMBERGER & BAUER 2019), die heute noch an den schmalen, senkrecht zu den Dünenketten verlaufenden Parzellen zu erkennen ist. Durch die Streunutzung der historischen Landwirtschaft entwickelte sich ein Standort mit Nährstoff- und Wassermangel (KREUTZER 1972). Seit den 1960er findet die traditionelle Nutzung nicht mehr statt. Ein naturschutzfachlicher Nachteil des zunehmend geschlossenen Kiefernwalds mit immer dichter Krautschicht ist, dass er die Dynamik der Dünen einschränkt und kaum mehr offener Sand auftritt. Seit der Jahrtausendwende wird in dem Naturschutzgebiet mit Streupflege experimentiert (Abb. 2). Das Ziel wäre jedes Jahr in 1–2 Teilbereichen den Rohhumus abzutragen, um so sukzessive ein räumliches Störungsmosaik zu erhalten. Anfangs wurde die Streu händisch entfernt, seit 2009 ist dafür ein Kleinbagger im Einsatz (R. Hierlmeier, pers. Mitteil.). Im Zuge weiterer Landschaftspflegemaßnahmen wurde der Kiefernwald aufgelichtet und *ex-situ* vermehrte Zielarten ausgebracht. Dadurch gibt es wieder offenen Sand, den einige seltene Pflanzen- und Tierarten (z. B. Ameisenlöwe, Sandbienen und Grabwespen) besiedeln.



Abb. 2. Lockerer Kiefernwald mit zwei Zielarten der naturschutzfachlichen Streunutzung, die im NSG Siegenburg unregelmäßig stattfindet (Fotos: J. Kollmann, H. Albrecht und C. Bräuchler, Oktober 2017).

2.2 Waldvegetation der Binnendünen

Natürliche oder naturnahe Kiefernwälder kommen in Süddeutschland meist nur kleinflächig auf nährstoffarmen, trockenen Standorten vor und sind Reliktvorkommen der postglazialen Wärmezeit (HEINKEN 2008, LUBW 2013). Der im Naturschutzgebiet Siegenburg vorkommende Kiefernwald ist ein *Leucobryo-Pinetum*, mit Übergängen zum etwas basi-phytischerem *Peucedano-Pinetum* auf den Dünenkämmen (BEER & EWALD 2005). Die Kiefern sind heute 70–75 Jahre alt, 20–25 m hoch und zeigen eingeschränkte Vitalität aufgrund von Schnee- und Windbruch sowie häufigem Vorkommen der Kiefernnebel. Die Waldgesellschaft gehört zu den Kiefern-Steppenwäldern (FFH-Lebensraumtyp 91U0). Da es in Deutschland nur 277 ha dieses Waldtyps gibt (KROIHER et al. 2017), wird er in Bayern durch Art. 23 Bay-NatSchG in Verbindung mit §30 BNatSchG besonders geschützt.

Da die Artenzusammensetzung dieser Wälder durch Streunutzung und Stickstoffeintrag maßgeblich gesteuert wird und in einem labilen Zustand ist, reicht eine Unterschutzstellung allerdings nicht aus. Die Wälder müssen aktiv in ihrer Form erhalten werden, um das Vorkommen seltener und geschützter Arten wie *Armeria elongata*, *Chimaphila umbellata*, *Diphysastrum complanatum* agg., *Pulsatilla vernalis* und *Pyrola chlorantha* zu gewährleisten. Der labile Zustand beruht auf mehreren Faktoren: So wachsen *Chimaphila umbellata* und *Pyrola chlorantha* nur auf nährstoffarmem Boden (RUFF et al. 2016), der heute auch auf den Binnendünen verändert ist. Diese nährstoffarmen Lebensräume werden durch die anthropogenen Stickstoffemissionen (2003: 16 kg N ha⁻¹) und die dadurch entstehende Düngung und Bodenversauerung gefährdet (RASPE et al. 2018), was zu einer teilweise sehr dichten Krautschicht von *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Rubus ideaeus* und *R. fruticosus* agg. führt. Außerdem befindet sich der Kiefernwald an der Westgrenze des Verbreitungsgebietes z. B. von *Chimaphila umbellata* (OBERDORFER 2001), wo sich der Klimawandel vermutlich besonders ungünstig auf diese Arten auswirkt (BRÄUCHLER & KOLLMANN 2018).

2.3 Re-dynamisierung der Binnendünen

Wegen der raschen Sukzession der Sandkiefernwälder wird die Re-dynamisierung der Binnendünen von Siegenburg und Offenstetten in verschiedenen Kleinversuchen erprobt. An einigen Stellen wird nur die Streu entfernt und der A-Horizont beibehalten. Dadurch sind die optimalen Bedingungen für Sandrasen noch nicht gegeben, da im Oberboden noch zu viel Stickstoff vorhanden ist, der eine Etablierung der Zielarten verhindert; kennzeichnende Arten sind hier *Calluna vulgaris*, *Deschampsia flexuosa* und *Luzula multiflora*. Oberbodenabtrag ist die erfolgreichste Maßnahme zur Etablierung der Sandrasenvegetation, am besten in Kombination mit einer Auflichtung des Kiefernwalds. Durch diese Maßnahme sind die Bedingungen für die Etablierung anspruchsvoller Sandrasenarten gegeben, da hier eine größere Nährstoffarmut vorherrscht und die Kiefern nicht mehr so stark decken. Allerdings ist die Verwendung oder Entsorgung des Oberbodens nicht immer einfach, weshalb dieser zum Teil lokal gelagert wird. Schon nach wenigen Jahren ist auch die Zielart *Corynephorus canescens* mit einer Deckung von 10–20 % vorhanden; weitere Arten sind *Cerastium semidecandrum*, *Hieracium pilosella*, *Hypochaeris radicata*, *Rumex acetosella*, *Spergula morisonii*, *Teesdalia nudicaulis*, *Thymus serpyllum* und *Viola canina*. Problematisch auf diesen Flächen ist eine intensive Verjüngung der Kiefer, die zum Teil händisch entfernt wird, um die Silbergrasrasen zu erhalten.

Um die Veränderung der Vegetation quantitativ zu erfassen und den Wandel wissenschaftlich auszuwerten, sind einige Versuchsflächen des VöF Kelheim, der HSWT und TUM angelegt worden, welche hilfreiche Erkenntnisse zur Verbesserung der Pflegepraxis liefern.

Die ersten Flächen wurden im Jahr 1996 in dem Wald von Siegenburg eingerichtet und 2004 hinsichtlich der Veränderungen der Artenvielfalt und des Deckungsgrades der Pflanzen und Bäume unter Auswirkung der naturschutzfachlichen Streunutzung untersucht (BEER & EWALD 2005, PRIETZEL & KAISER 2005). Die weiteren Veränderungen der Wälder wurden im Sommer 2020 auf insgesamt sieben Dauerflächen studiert (EPE 2020). Dazu gehörte der Vergleich der Vegetation auf nicht-streugenen und streugenen Flächen, letzteres zuletzt vor 20 Jahren behandelt. Außerdem wurde der Einfluss atmosphärisch bedingter Eutrophierung auf die Deckung und das Artenspektrum in den naturschutzfachlich relevanten Beständen evaluiert.

Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass 20–25 Jahre nach Durchführung der Maßnahmen nur in zwei Schichten ein signifikanter Unterschied zwischen den streugenen und den nicht-streugenen Arealen festgestellt werden (EPE 2020). Hinsichtlich der Deckungsprozentage waren in der Strauchschicht und der ersten Baumschicht Abweichungen erkennbar, in Moos-, Kraut- und zweiter Baumschicht waren dagegen keine Auffälligkeiten in Deckung und Artenvielfalt zu erkennen. Die geringen Unterschiede lassen sich durch die fehlende Kontinuität der Streunutzung erklären. Dadurch verschwinden konkurrenzschwache Arten, und die Streuauflage entwickelte sich erneut zu einer Stärke wie vor der letzten Störung des Ökosystems. Effekte atmosphärischer Stickstoffeinträge sind auf der Südseite des Gebiets nahe der Bundesstraße und angrenzender Landwirtschaftsflächen nachweisbar aufgrund verstärkter Vorkommens meso- oder nitrophytischer Arten (*Corylus avellana*, *Rubus fruticosus* agg., *Urtica dioica*) sowie zunehmender Deckung pleurokarper Moose (EPE 2020).

Zusammenfassend ist deutlich, dass die Binnendünen in Siegenburg und Offenstetten noch stärker dynamisiert werden sollten, weil die Streunutzung alle 10–20 Jahre nicht ausreicht, um die Nährstoffeinträge zu kompensieren und die Sukzession Richtung Laubmischwald zu stoppen. Durch diese Entwicklung wird die Bodenvegetation sehr artenarm und die Sandrasenarten verschwinden aufgrund der Dominanz der Gehölze und der damit einhergehenden Schattenwirkung. Die am Südrand des Gebiets bei Siegenburg gefundenen Nitrophyten belegen den negativen Einfluss der Stickstoffeinträge aus Landwirtschaft und Verkehr auf die Waldvegetation sowie den Puffereffekt eines entsprechend breiten Randwalds auf das Schutzgebiet. Interessanterweise befindet sich westlich des NSG ein noch immer gesperrtes militärisches Übungsgebiet (ehem. Bombenabwurfplatz) mit offenen Sandflächen, dessen Zukunft derzeit offen ist.

3. Felsvegetation an der Weltenburger Enge

3.1 Gebietsbeschreibung

Aufgrund einer Verlagerung der Donau zwischen Neuburg und Kelheim vor ca. 80.000 Jahren hat sich der Fluss durch rückschreitende Erosion tief in die Jurakalke eingeschnitten und imposante Felswände geschaffen (Abb. 3). Das felsige Donauufer unterhalb von Weltenburg zählen heute zu den schönsten Geotopen Bayerns. Die Waldgebiete um das Weltenburger Kloster (48°53'55.8"N, 11°49'11.1"E; 347 m NN) sind struktur- und artenreich und seit Februar 2020 als Nationales Naturmonument geschützt (197 ha).

Die an die schmale Straße zum Kloster angrenzenden Felsen bestehen aus (Schwamm-)Kalken des Weißjuras. Da das Hangwasser an vielen Stellen durch den Kalkstein sickert und diesen langsam brüchig macht, versucht man die Felsen zu sichern, um Unfälle vorzubeugen. Die auf den Felsen angebrachten Hangsicherungsmaßnahmen, wie Befestigungsnetze und Ausspritzungen mit Beton wirken sich aber nachteilig auf die dort wachsende Felsvegetation



Abb. 3. Naturnahes und artenreiches Vegetationsmosaik an den Weißjurfelsen des Donaudurchbruchs zwischen Weltenburg und Kelheim (Foto: J. Kollmann, Juli 2019).

aus. Zudem führt die Aufgabe der früher intensiven Waldnutzung zu einer zunehmenden Beschattung der Felsen, die erst vor wenigen Jahren durch naturschutzfachliche Fällung von Bäumen und Gebüsch freigestellt worden sind.

3.2 Vegetation der Felsen

In Mitteleuropa gehören Felsen zu den wenigen von Natur aus waldfreien Standorten außerhalb der Hochgebirge (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010); sie beherbergen bei Weltenburg daher Glazialrelikte wie *Arabidopsis petraea*, *Draba aizoides*, *Erica carnea* und *Primula auricula* (MERGENTHALER 1959); weiter verbreitete typische Arten sind *Bellidiastrum michelii*, *Carduus defloratus* und *Sesleria caerulea*. Felsstandorte bilden kaum Boden, sie sind der Sonneneinstrahlung stark ausgesetzt, meist trocken und windexponiert. Kleine Absätze und Spalten bilden in den Felswänden Lebensräume für eine spezielle Vegetation, und die Felspflanzen ernähren sich daher von akkumuliertem Detritus und Staub. Auf Vorsprüngen und in Nischen kommt das *Allio montani-Melicetum ciliatae* vor mit *Achillea nobilis*, *Allium lusitanicum*, *Artemisia campestris*, *Bromus erectus*, *Campanula rotundifolia*, *Centaurea scabiosa*, *Euphorbia cyparissias*, *Galium glaucum*, *Lactuca perennis*, *Melica ciliata*, *Sedum acre*, *S. album*, *S. sexangulare* und *Stachys recta*; ein Lokalendemit ist *Hieracium spurium* ssp. *tubulatum*. Gehölzgesellschaften sind selten und oft niederwüchsig, so z.B. das *Coronillo-Prunetum mahaleb* mit *Cotoneaster integerrimus*, *Prunus mahaleb* und *Sorbus danubialis*.

Alle Arten sind auf Felsritzen oder -balkone angewiesen und finden auf glatten Betonflächen der durch Baumaßnahmen gesicherten Felspartien keinen passenden Standort. In den zusätzlich angebrachten Stahlnetzen sammelt sich aber Gesteinsmaterial, auf welchem sich Arten der Kalkmagerrasen, thermophytischen Säumen und Gebüsch ansiedeln, die die

eigentliche Felsvegetation verdrängen. Außerdem bieten die Netze Kletterpflanzen guten Halt, u. a. der neophytischen *Parthenocissus quinquefolia*. Für die Felsvegetation wünschenswert wären Verfahren der Hangsicherung, bei denen zwar Spritzbeton ausgebracht wird, aber Unebenheiten und Nischen erhalten bleiben, sodass ausreichend Hangsicherheit gewährleistet ist, aber genügend Lebensraum für die Spezialisten der Felswände erhalten bleibt.

Ganz im Gegensatz zu den unter wasser- und nährstoffarmen Verhältnissen lebenden Pflanzen der Feldwände kommt am Fuß der Felsen eine nitrophytische Staudenvegetation vor (*Lamio albi-Ballotetum foetidae*). Das mit Düngestoffen angereicherte Regenwasser sammelt hier, und vor der Einrichtung der Straße zum Kloster wurde dieser Standort sicher auch durch die Hochwasser der Donau positiv beeinflusst. Dies fördert Arten wie *Artemisia vulgaris*, *Ballota nigra*, *Bromus inermis*, *Campanula trachelium*, *Chelidonium majus*, *Isatis tinctoria*, *Lamium album*, *Malva neglecta*, *Rumex obtusifolius* und *Urtica dioica*. Leider wird ein Großteil dieser Ruderalgesellschaft heute regelmäßig abgemäht.

4. Sandharlander Heide

4.1 Gebietsbeschreibung

Das Naturschutzgebiet ‚Sandharlander Heide‘ (ID NSG-00090) liegt ebenfalls im niederbayerischen Landkreis Kelheim, und zwar ca. 5 km nordwestlich von Abensberg am äußersten Südrand des Fränkisch-Bayerischen Jura (48°50'38.8"N, 11°47'58.6"E; 375 m NN). Das Gebiet befindet sich auf einer langgezogenen Kuppe zwischen Eining und Sandharlanden und umfasst 11 ha (REGIERUNG VON NIEDERBAYERN 2005b). Die Kernfläche ist durchschnittlich ca. 100 m breit und die westöstliche Ausdehnung beträgt ca. 750 m. Im Jahr 1998 wurde die Fläche auf 26 ha erweitert.

Geologisch betrachtet besteht die Sandharlander Heide aus verschiedenen Gesteinsformationen. In einigen Bereichen kam es zu Bodenbildung auf Jurakalk und Sandstein, andere Stellen wurden durch Sand und Löss überweht. Dadurch gibt es ein kleinräumiges Mosaik von kalkreichen, kalkarmen und sandigen Böden. Die unterste (nördliche) Schicht besteht aus Jurakalk. Am Unterhang und in kleinen Abgrabungen ist diese durch Verwitterung freigelegt und trägt einen Kalkmagerrasen (*Brometum*). Über dem Jurakalk befindet sich südlich anschließend eine Schicht mit verkieseltem Sandstein; diese führte zur Bildung eines bodensauren Magerrasens (*Festuco-Genistelletum sagittalis*). Über dem Sandstein befindet sich eine Überdeckung mit Sand und Löss, worauf sich ein Sandmagerrasen entwickelt hat. In der Altheide kommen sowohl kalkreich-lehmige als auch kalkarm-sandige Böden vor. Südlich der Altheide und durch einen Weg getrennt befindet sich als renaturierter Bereich die ‚Neuheide‘ auf sandigen Schichten mit unterschiedlichem Lößanteil.

Durch die jahrhundertelange extensive Nutzung wurden die Böden ausgemagert. Dadurch konnten sich die genannten Halbtrockenrasen und Flügelginster-Heide entwickeln (Abb. 4). Die enge Verzahnung von sauren und basischen Standorten führt zu einem hohen Artenreichtum der Sandharlander Heide mit über 250 Gefäßpflanzenarten, von denen die häufigsten in Tabelle 1 aufgeführt sind. Darüber hinaus treten die Acidophyten *Hypericum maculatum* und *Carlina acaulis* auf sowie die Basiphyten *Chamaecytisus ratisbonensis*, *Cirsium acaule*, *Euphorbia cyparissias*, *Helianthemum nummularium*, *Primula veris* und *Trifolium montanum*.

Über Jahrhunderte wurde die Fläche der heutigen Heide als Teil einer ausgedehnten Allmende der Gemeinde Sandharlanden beweidet. Im Jahr 1945 wurde die Beweidung aufgegeben, und bis 1970 lagen die Flächen brach; dadurch bildete sich ein dichter Grasfilz, und



Abb. 4. Sandharlander Heide mit (gepflanzten) Wacholdern und Weideichen. Altheide mit *Calluna vulgaris* und *Genista sagittalis* im Vordergrund sowie Neuheide oberhalb eines Weges im Hintergrund (Foto: J. Kollmann, Juni 2021).

die Heide verbuschte. Im Jahr 1970 wurde die Sandharlander Heide zum Naturschutzgebiet erklärt. Entsprechend des damaligen Naturschutzgedankens blieben die Flächen weitgehend ungepflegt. In den 1980er Jahren wurden durch den Bund Naturschutz (Eigentümer seit 1962) auf den Flächen Wacholder angepflanzt und die Beweidung wiederaufgenommen, um die Verbuschung zurückzudrängen, möglicherweise auch durch Pflegemahd. Seit den 1990er Jahren pflegt der Landschaftspflegeverband Kelheim VöF e.V. die Sandharlander Heide durch regelmäßige Schafbeweidung. Eine Gefährdung des Magerrasens bestand allerdings weiterhin durch Nährstoffeinträge aus den umliegenden landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen (Erdbeeren, Mais, Spargel). Daher wurden zusammen mit dem Bund Naturschutz und mit finanzieller Unterstützung des Bayerischen Naturschutzfonds im Jahr 2008 die südlich und später auch die östlich angrenzenden Ackerflächen erworben und mittels Mähgutübertragung der Altheide renaturiert. Zudem wurden einige der unmittelbar angrenzenden Flächen in Naturschutzäcker umgewandelt mit einer heute bemerkenswerten Wildkrautvegetation.

4.2 Vergleich der Vegetation der Alt- und Neuheide

Im Rahmen studentischer Übungen des Lehrstuhls für Renaturierungsökologie der TUM wurden in den Jahren 2011–2021 jeweils 15–25 Probeflächen (0,08 m²) an zufälligen Positionen in der Alt- und Neuheide Ende Juni aufgenommen. In der Altheide wurden die Bereiche mit Kalkmagerrasen und unter Gehölzen ausgespart. Es wurden alle Arten notiert, jedoch ohne Deckungsangabe. Zusätzlich wurden die maximale mittlere Vegetationshöhe (in Alt- und Neuheide 20 cm), die Gesamtpflanzendeckung (83 vs. 88 %), die Streudeckung (18 vs. 20 %) sowie der Anteil offenen Bodens aufgenommen (11 vs. 5 %). Diese Zahlen

zeigen eine hohe Ähnlichkeit der Vegetationsstruktur 11 Jahre nach Renaturierung, allerdings gibt es in der Altheide ein stärkeres Mosaik dicht bewachsener und lückiger Kleinstandorte mit Totholz sowie zahlreichen Ameisenhaufen.

Die Aufnahmen aus dem Jahr 2019 belegen aber Unterschiede in der Diversität der beiden Flächen. Der Shannon-Index war in der Altheide etwas höher (3,56) als in der Neuheide (3,46), ebenso die Evenness (0,72 vs. 0,69). Die Bray-Curtis-Dissimilarity (0,47) beschreibt die Verschiedenheit der beiden Flächen und bedeutet, dass der Anteil an gemeinsamen Arten fast genauso hoch ist wie der Anteil an Arten, welche jeweils nur in einem der beiden Heidetypen vorkommt. Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass die beiden Heideflächen in ihrer Artenzusammensetzung Ähnlichkeiten aufweisen, jedoch auch einige Arten vorhanden sind, die ausschließlich auf einer der beiden Flächen vorkommen. Man kann noch immer ein leichtes Artenzahlgefälle von der Altheide zur renaturierten Neuheide beobachten; auf ersterer wurden insgesamt 39 Arten festgestellt, während es auf der renaturierten Fläche 35 Arten wuchsen.

Im Jahr 2019 gab es zudem Unterschiede der Alt- und Neuheide in den durchschnittlichen (gewichteten) Zeigerwerte nach Ellenberg. Die Bodenfeuchte-, Reaktions- und Stickstoffzahl waren in der Altheide (3,8; 4,3; 2,9) durchschnittlich etwas niedriger als in der Neuheide (4,0; 5,4; 3,3). Aufgrund der großen räumlichen Nähe zeigten sich erwartungsgemäß kaum Unterschiede in der Licht-, Temperatur- und Kontinentalitätszahl (7,3–7,4; 5,5; 3,4–3,7). Im Vergleich zu den Erhebungen im Jahr 2015 haben sich Reaktions- und Stickstoffzahlen der Alt- und Neuheide weiter angeglichen, und der Einfluss der ehemaligen Ackernutzung ist immer weniger deutlich. Es handelt sich bei der Alt- und der Neuheide um trockene bis frische (F4), saure bis mäßig saure (R4–5) und stickstoffarme (N3) Standorte.

Tabelle 1. Artenstetigkeit und Renaturierungserfolg des ursprünglichen Naturschutzgebiets (v.a. *Festuco-Genistelletum sagittalis* und etwas *Brometum*) und der südlich angrenzenden Erweiterungsfläche der Sandharlander Heide Anfang Juli 2019, d.h. 11 Jahre nachdem diese Fläche angekauft und in die Beweidung aufgenommen worden war (Altheide und Neuheide jeweils 18 Probestellen [0,8-m²]). Die Stetigkeit beschreibt die relative Anzahl der Aufnahmeflächen, auf der eine bestimmte Art gefunden wurde; Arten nach Stetigkeit in der Altheide geordnet. In der Altheide kamen 18 Arten (hellgrau) exklusiv vor, in der Neuheide 12 Arten (dunkelgrau).

Gefäßpflanzenarten	Stetigkeit (%)		Renaturierungsquotient
	Altheide (A)	Neuheide (N)	[N/(A+1)]
<i>Calluna vulgaris</i>	61	11	0,18
<i>Achillea millefolium</i>	56	67	1,18
<i>Thymus pulegioides</i>	44	56	1,22
<i>Genista sagittalis</i>	39	6	0,14
<i>Luzula multiflora</i>	33	39	1,13
<i>Hieracium pilosella</i>	33	39	1,13
<i>Galium verum</i>	33	28	0,81
<i>Agrostis capillaris</i>	33	22	0,65
<i>Festuca rubra</i>	33	6	0,16
<i>Plantago lanceolata</i>	28	17	0,58
<i>Veronica officinalis</i>	28	11	0,37
<i>Hypochaeris radicata</i>	22	6	0,24
<i>Dianthus deltoides</i>	17	61	3,46
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	17	22	1,26

Gefäßpflanzenarten	Stetigkeit (%)		Renaturierungsquotient
	Altheide (A)	Neuheide (N)	[N/(A+1)]
<i>Potentilla erecta</i>	17	17	0,94
<i>Bromus erectus</i>	17	11	0,63
<i>Viola canina</i>	17	6	0,31
<i>Nardus stricta</i>	17	6	0,31
<i>Deschampsia flexuosa</i>	17	6	0,31
<i>Agrimonia eupatoria</i>	11	39	3,21
<i>Holcus lanatus</i>	11	17	1,38
<i>Potentilla neumanniana</i>	11	11	0,92
<i>Tragopogon pratensis</i>	6	22	3,39
<i>Daucus carota</i>	6	17	2,54
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	6	11	1,69
<i>Fragaria vesca</i>	6	11	1,69
<i>Teucrium montanum</i>	6	6	0,85
<i>Leontodon hispidus</i>	6	6	0,85
<i>Arrhenatherum elatius</i>	6	6	0,85
<i>Rumex acetosella</i>	11	0	0
<i>Ranunculus bulbosus</i>	11	0	0
<i>Centaurea jacea</i> agg.	11	0	0
<i>Carex pilulifera</i>	11	0	0
<i>Vicia sepium</i>	6	0	0
<i>Veronica chamaedrys</i>	6	0	0
<i>Stellaria graminea</i>	6	0	0
<i>Sanguisorba minor</i>	6	0	0
<i>Rumex acetosa</i>	6	0	0
<i>Potentilla argentea</i>	6	0	0
<i>Polygala vulgaris</i>	6	0	0
<i>Poa angustifolia</i>	6	0	0
<i>Knautia arvensis</i>	6	0	0
<i>Genista tinctoria</i>	6	0	0
<i>Dianthus carthusianorum</i>	6	0	0
<i>Danthonia decumbens</i>	6	0	0
<i>Cerastium brachypetalum</i>	6	0	0
<i>Carex muricata</i> agg.	6	0	0
<i>Pimpinella saxifraga</i>	0	56	55,56
<i>Trifolium pratense</i>	0	44	44,44
<i>Trifolium repens</i>	0	44	44,44
<i>Campanula rotundifolia</i>	0	39	38,89
<i>Lotus corniculatus</i>	0	17	16,67
<i>Galium mollugo</i> agg.	0	17	16,67
<i>Lathyrus pratensis</i>	0	11	11,11
<i>Brachypodium pinnatum</i>	0	11	11,11
<i>Trifolium arvense</i>	0	6	5,56
<i>Cynosurus cristatus</i>	0	6	5,56
<i>Crepis capillaris</i>	0	6	5,56
<i>Convolvulus arvensis</i>	0	6	5,56
<i>Cerastium arvense</i>	0	6	5,56

Eine genaue Analyse der Artenverteilung ergab, dass in der Altheide Pflanzen der Zwergstrauchheiden dominierten, darunter *Calluna vulgaris*, *Genista sagittalis* und *Luzula multiflora* sowie seltener *Deschampsia flexuosa*, *Nardus stricta* und *Potentilla erecta*. Diese wurden mit gutem Erfolg auf die Neuheide übertragen (Tab. 1). Eher seltene und bisher nicht übertragene Heidearten waren *Rumex acetosella*, *Carex pilulifera* und *Polygala vulgaris*. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den basiphytischen Arten: häufige und gut übertragene Arten der Altheide waren *Thymus pulegioides*, *Galium verum* und *Bromus erectus*; seltene, gut übertragene Arten waren *Agrimonia eupatoria*, *Potentilla neumanniana* und *Teucrium montanum*, während *Ranunculus bulbosus*, *Genista tinctoria* und *Dianthus carthusianorum* bisher nicht übertragen wurden. Interessanterweise fanden wir auf der Neuheide zudem *Pimpinella saxifraga*, welche typisch für kalkhaltige Magerrasen ist, sowie mehrere Arten des mesophytischen Grünlands, allerdings meist nur noch mit kümmerlichem Wuchs (*Trifolium pratense*, *T. repens* und *Lotus corniculatus*). Auch Arten gestörter Ruderalflächen, wie *Convolvulus arvensis* und *Daucus carota* kamen nur auf der renaturierten Fläche vor. Insgesamt waren nach 11 Jahren fast 45 % der gefundenen Arten solche, die natürlich in Zwergstrauchheiden vorkommen, während es im Bereich der Neuheide es nur rund 27 % waren. Der Anteil an Arten der Kalkmagerrasen war dagegen in beiden Flächen ähnlich (40 % Altheide, 37 % Neuheide).

4.3 Managementempfehlung

Die Entwicklung der Erweiterungsfläche der Sandharlander Heide macht einen guten Eindruck, und die extensive Schafbeweidung sollte in der derzeitigen Form weitergeführt werden. Um eine Angleichung der Artenzusammensetzung der Neuheide an die Altheide weiter zu fördern, sollte darauf geachtet werden, dass die Schafe zuerst auf der Altheide (mit vermutlich geringerer Futterqualität) und anschließend auf der Neuheide weiden und dabei Samen übertragen. Außerdem wird dadurch verhindert, dass heidefremde Arten aus der Neuheide in die Altheide verschleppt werden und unnötige Nährstoffeinträge stattfinden. Da die Reaktions- und Nährstoffzeigerwerte im Jahr 2019 im Vergleich zu 2015 nicht sonderlich gestiegen sind, im Falle der Neuheide sogar abgenommen haben, ist eine Änderung der aktuellen Pflegeintensität nicht erforderlich.

5. Römisches Kastell Abusina bei Eining

5.1 Gebietsbeschreibung

Das Römerkastell Abusina liegt am südlichen Rand des Ortes Eining am Hochufer der Donau (48°51'05.0"N, 11°46'15.7"E; 363 m NN). Es war mit einer Fläche von rund 2 ha eines der großen römischen Truppenlager in Bayern, denn es diente der Sicherung einer wichtigen Straßenkreuzung, der Donauschiffahrt und des Ostabschnittes des Limes, der 4 km nördlich von Westen kommend an die Donau stieß (BONGERS et al. 2012, FISCHER 2016). Die gut erhaltenen Grundmauern der Gebäude verdeutlichen ihre verschiedenen Funktionen und die historische Entwicklung des Lagers sowie die hochkaiserzeitliche und spätantike Nutzung.

Das Römerkastell Abusina wurde im Jahr 80 n. Chr. unter Kaiser Titus zunächst in Holz-Erde-Bauweise errichtet und schützte fast 400 Jahre lang die Nordgrenze des Reiches. Hier war eine Kohorte mit Hilfstruppen stationiert, weshalb das Kastell sowohl als Kohorten- als auch als Auxiliarkastell bezeichnet wurde. Das heißt, es konnte einerseits eine Kohorte von ca. 500 Mann aufnehmen, war andererseits ein Kastell für Hilfstruppen. Damit war Abusina

zunächst Teil einer Kastell-Kette entlang der Donau. In den beiden darauffolgenden Jahrhunderten zählte der Ort zu den Grenzanlagen des obergermanisch-rätischen Limes. Im 4. und frühen 5. Jahrhundert verteidigte Rom seine Grenzen mit kleinen, stark befestigten Kastellen, zu denen auch Abusina zählte. Den Untergang des Kastells markierte eine Brandkatastrophe um 430 n. Chr. Gleichzeitig endete die systematische Überwachung der Donau durch römische Truppen. Die Gebäude und Wehranlagen von Abusina wurden zwischen 1879 und 1920 ausgegraben und konserviert. Die Wehranlage ist Bestandteil des im Jahr 2005 als UNESCO-Weltkulturerbe ausgezeichneten Limes und zugleich eines der wenigen vollständig freigelegten und rekonstruierten Kastelle an diesem Bereich der Nordgrenze des römischen Reichs.

5.2 Vegetation der archäologischen Stätte

Die Vegetation des archäologischen Parks ist vielfältig und interessant. Auf den Mauerresten des Kastells finden sich Moos- und Sedumdecken (*Sedum acre*, *S. album* und *S. sexangulare*) mit *Cerastium brachypetalum*, *Gypsophila muralis* sowie *Potentilla neumanniana* (Abb. 5). An den Mauerseiten wachsen je nach Exposition Farne (*Asplenium ruta-muraria*, *A. trichomanes*) und *Mycelis muralis*. Die Magerrasen zwischen Ruinen sind arten- und blütenreich, wenn nicht gerade gemäht. Ein differenziertes Mahdregime zur Förderung von Blütenbesuchern und anderen Insekten wäre hier wünschenswert.



Abb. 5. Mauervegetation im Römerkastell Abusina mit *Sedum acre* und *Gypsophila muralis* sowie dichten Moosdecken (Foto: J. Kollmann, Juni 2021).

6. Schlussfolgerungen

Umgeben von intensiver Landwirtschaft und unterbrochen von vielen Siedlungen finden sich im südlichen Teil des Landkreises Kelheim wertvolle und recht unterschiedliche Standorte mit Magervegetation. Dabei weisen die Magerrasen von Sandharlanden inklusive der assoziierten Gebüsch- und Extensivwälder den günstigsten Erhaltungszustand auf, der durch Renaturierung und eine passende Pflege in den vergangenen Jahren gefördert wurde. Die Kalkfelsen an der Donau und die Magerrasen der archäologischen Fundstätte Abusina sind ebenfalls in einem guten Zustand, die Sicherung der straßennahen Felsen stellen jedoch eine potentielle Gefahr für diese Vegetation dar. Nach wie vor schwierig ist die Erhaltung der Sandkiefernwälder, da hier die Nährstoffeinträge noch immer zu hoch sind und eine regelmäßige Streunutzung bisher nicht realisiert werden konnte. Einige Zielarten (*Corynephorus canescens*, *Thymus serpyllum*) profitieren von den derzeitigen Pflegeeingriffen, andere sind bisher nur mit gezielten Wiederansiedlungsmaßnahmen (*Armeria elongata*, *Pulsatilla vernalis*) oder noch gar nicht erfolgreich etabliert worden (*Chimaphila umbellata*, *Pyrola chlorantha*). Hier ist weitere Forschungsarbeit nötig.

Literatur

- BAYER. LFU (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT) (2020): Boden. – URL: [https://www.umweltatlas.bayern.de/standortauskunft/rest/reporting/sta_boden/generate?location=707997.6552337831%2C5403859.609832132&extent=706851.0992337831%2C5403325.7446946325%2C709144.211233783%2C5404393.474969632&srs=25832&reportAuthor=Landesamt%20f%C3%BCr%20Umwelt%20Bayern&format=pdf&application=Lfu-WebGIS&reportingParameterClass=de.conterra.reporting.reports.geothermie.ErdwaermesondenReportParameterInitializer&reportTitle=Boden&reportType=Boden&placename=Siegenburg&platform=Win32&userAgent=Mozilla%2F5.0%20\(Windows%20NT%2010.0%3B%20Win6](https://www.umweltatlas.bayern.de/standortauskunft/rest/reporting/sta_boden/generate?location=707997.6552337831%2C5403859.609832132&extent=706851.0992337831%2C5403325.7446946325%2C709144.211233783%2C5404393.474969632&srs=25832&reportAuthor=Landesamt%20f%C3%BCr%20Umwelt%20Bayern&format=pdf&application=Lfu-WebGIS&reportingParameterClass=de.conterra.reporting.reports.geothermie.ErdwaermesondenReportParameterInitializer&reportTitle=Boden&reportType=Boden&placename=Siegenburg&platform=Win32&userAgent=Mozilla%2F5.0%20(Windows%20NT%2010.0%3B%20Win6) [Zugriff am 11.02.2022].
- BEER, A. & EWALD, J. (2005): Vegetationskundliche Untersuchungen rezent streugennutzter Kiefern-wälder auf Binnendünen des niederbayerischen Tertiärhügellandes. – *Tuexenia* 25: 93–109.
- BLUME, H.P., BRÜMMER, G.W., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K. & WILKE, B.M. (2016): Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. – Springer-Verlag, Heidelberg: 750 pp.
- BONGERS, F., JÄHNKE, A., TULLIUS, J., FALCKENTHAL, A., HECK, S. & MATIJEVIC, K. (2012): Salve Abusina! Ein archäologisch-historischer Museumsführer durch das römische Auxiliarkastell von Abusina/Eining und seinen Vicus. – Peter Morsbach Verlag, Regensburg: 144 pp.
- BRÄUCHLER, C. & KOLLMANN, J. (2018): Vorbereitung, Durchführung und Erfolgskontrolle der Aus-bringung von *Chimaphila umbellata* (Dolden-Winterlieb) und *Pyrola media* (Mittleres Wintergrün). – Gutachten im Auftrag des Bayer. LFU, Augsburg: 11 pp.
- DOPPLER, G., GLASER, S. & SCHWERD, K. (2004): GeoBavaria – 600 Millionen Jahre Bayern. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg: 92 pp.
- ELLENBERG, H. & LEUSCHNER, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – Ulmer, Stuttgart: 1333 pp.
- EPE, S. (2020): Streunutzung als landschaftspflegerische Maßnahme zur Revitalisierung von Sand-kiefernwäldern. – Bachelorarbeit, TUM, Freising: 39 pp.
- FISCHER, T. (2016): Das Römerkastell Eining und seine Umgebung: Ein Führer (Archäologie in Bayern). – Pustet, Regensburg: 120 pp.
- HAMBERGER, J. & BAUER, O. (2019): Wald. Mensch. Heimat. Eine Forstgeschichte Bayerns. 2. Aufl. – Laubsänger-Verlag, Freising: 328 pp.
- HEINKEN, T. (2008): *Vaccinio-Piceetea* (H7). Beerstrauch-Nadelwälder. Teil 1: *Dicrano-Pinion*. Sand- und Silikat-Kiefernwälder. – Synop. Pflanzenges. Dtschl. 10: 1–88.
- HENNINGSEN, D. & KATZUNG, G. (2002): Einführung in die Geologie Deutschlands. 6. Aufl. – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 214 pp.

- JÄGER, E.J. (Hrsg.) (2011): Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 20. Aufl. – Springer Spektrum, Heidelberg: 930 pp.
- JERZ, H. (1993): Das Eiszeitalter in Bayern. Erdgeschichte, Gesteine, Wasser, Boden. – Schweizerbart, Stuttgart: 243 pp.
- KREUTZER, K. (1972): Über den Einfluß der Streunutzung auf den Stickstoffhaushalt von Kiefernbeständen (*Pinus silvestris* L.). – Forstw. Cbl. 91: 263–270.
- KROIHER, F., MÜLLER-KROEHLING, S., SCHMITZ, F. & SUKOPP, U. (2017): Methodology for recording and assessing FFH Forest Habitat types in the scope of the 3rd National Forest Inventory (NFI 2012). – Thünen Working Paper 69a: 1–67.
- LUBW (LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG) (Hrsg.) (2013): FFH-Lebensraumtyp 91U0. Steppen-Kiefernwälder. – URL: https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/documents/10184/277202/LRT_91U0.pdf/40c92a96-30e1-427a-a25d-3c830e4f2a12 [Zugriff am 11.02.2022].
- MAYER, R., SCHMIDT-KALER, H., KAULICH, B. & TISCHLINGER, H. (1994): Wanderungen in die Erdgeschichte, Bd. 6: Unteres Altmühltal und Weltenburger Enge. – Pfeil Verlag, München: 152 pp.
- MERGENTHALER, O. (1959): *Primula auricula* L. in der Weltenburger Donauschlucht. – Jahrb. Ver. Schutz Alpenpflanz. -Tiere 24: 136–137.
- NILLER, H.P. (1998): Prähistorische Landschaften im Lößgebiet bei Regensburg-Kolluvien, Auenlehme und Böden als Archive der Paläoumwelt. – Regensburger Geogr. Schr. 31: 1–452.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. – Ulmer, Stuttgart: 1051 pp.
- PRIETZEL, J. & KAISER, K.O. (2005): De-eutrophication of a nitrogen-saturated Scots pine forest by prescribed litter-raking. – J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 461–471.
- RASPE, S., DIETRICH, H.-P., KÖHLER, D., SCHUBERT, A. & STIEGLER, J. (2018): Stickstoff im Überfluss. Waldböden in Bayern reichern Stickstoff weiter an. – LWF aktuell 2.2018: 21–24.
- REGIERUNG VON NIEDERBAYERN (2005a): Verordnung über das Naturschutzgebiet „Binnendünen bei Siegenburg und Offenstetten“ vom 8. November 1984. – (RABl Nr. 25/30.11.1984), Landshut: 3 pp.
- REGIERUNG VON NIEDERBAYERN (2005b): Landesverordnung über das Naturschutzgebiet „Sandharlander Heide“ vom 27. Juli 1970. – (GVBl S. 376), Landshut: 2 pp.
- RENNWALD, E. (Koord.) & Mitarb. (2000): Verzeichnis der Pflanzengesellschaften Deutschlands mit Synonymen und Formationseinteilung. – Schriften. Vegetationskd. 35: 121–391.
- RUFF, M., ULMER, A. & ELSNER, O. (2016): Mittleres Wintergrün *Pyrola media* Sw. Merkblatt Artenschutz 41. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg: 4 pp.
- VÖLKEL, J., LEOPOLD, M., DÖTTERL, S., SCHNEIDER, A., HÜRKAMP, K. & HILGERS, A. (2011): Origin and age of the Lower Bavarian sand dune landscape around Abensberg and Siegenburg. – Z. Geomorphol. 55: 515–536.

Die Jungmoränen-Landschaft bei Andechs mit Kalk- und Silikat-Magerrasen, Mäh- und Streuwiesen, Magerweiden, Hangquellmooren und Buchenwäldern

Burkhard Quinger¹ & Christian Niederbichler²

¹Strittholzstr. 39, 82211 Herrsching;

²Gebietsbetreuung Ammersee, Landsberger Str. 57, 82266 Inning

E-Mails: info@bquinger.de, christian.niederbichler@lbv.de

Zusammenfassung

Das Exkursionsgebiet umfasst unterschiedliche glazialgeomorphologische Formen der Würmeiszeit mit ihrer spezifischen Vegetation. Zu den wichtigsten derartigen Formen gehören Rückzugsendmoränen, Drumlins und als relativ seltene Formbildung die sogenannten „Tumuli“, die als Hinterlassenschaften von „Gletschermühlen“ gedeutet werden. Das Moränenmaterial im Gebiet weist, da aus den Lechtaler Alpen stammend, überwiegend hohe bis sehr hohe Kalkgehalte auf. Auf den Rückzugsendmoränenwällen und auf den Tumuli herrschen kalkreiche, flachgründig-durchlässige Pararendzinen vor.

Charakteristische Vegetationstypen sind Kalk-Buchenwälder in frischen (*Elymo-Fagetum*) und trockenen Ausbildungen (*Carici-* und *Seslerio-Fagetum*), außerdem Mahd-geprägte Kalkmagerrasen in verschiedenen Pflanzen-Gesellschaften (Felsenzwenken-Trespenrasen, Silberdistel-Horstseggenrasen und Graulöwenzahn-Erdseggenrasen). An Schichtquellaustritten sind teils hochwertige Kalk-Hangquellmoore (*Caricion davallianae*) mit den Kopfried-Arten, stellenweise auch der Davalls Segge und Saum-Segge als Bestandsbildner, an Grundwasser-beeinflussten Stellen auch hochwertige Knollenkratzdistel- und Duflauch-Pfeifengraswiesen zu sehen. Insbesondere die Drumlins, aber streckenweise auch die Rückzugsendmoränen weisen Decklehm-Überschichtungen (Bodentyp: lehmige Parabraunerde) auf, so dass im Andechser Raum auch Silikat-Magerrasen wie artenreiche *Nardion*-Gesellschaften (*Polygalo-Nardetum*) entwickelt sein können.

An mehreren Stellen sind exemplarisch schöne Vorkommen des zum Verband *Arrhenatherion* gehörenden Lebensraumtyps „Artenreiche Flachland-Mähwiesen (6510)“, anzutreffen. Bemerkenswert ist eine seit dem frühen 20. Jahrhundert bestehende, besonders artenreiche Rindermagerweide mit Kalkmagerrasen, kleinflächigen Borstgrasrasen und Buchen-Weidewäldchen und schöner Hutbaum-Bestockung (Rotbuche, Stiel-Eiche, etwas Fichte und Kiefer, sogar Weiß-Tanne).

1. Einleitung

Die landschaftliche Umgebung der überregional bekannten, etwa 35 km südwestlich von München und östlich des Ammersees gelegenen Klosteranlage Andechs umfasst auf relativ kleinen Raum von weniger Kilometern Durchmesser einen für die praealpinen Jungmoränenlandschaften weit überdurchschnittlichen Reichtum an glazialgeomorphologischen Formen. Dementsprechend ist eine Vielzahl unterschiedlicher Standorttypen mit ihrer spezifischen Vegetation zu beobachten, die in unterschiedlichem Maße nutzungsabhängig bzw. nutzungsgeprägt sind.

Die räumliche Anbindung des westlichen Andechser Höhenrückens an das in einer (ehemaligen) Pflanzenwanderstraße gelegene Ammerseebecken im Westen sowie über Trockentäler mit der Münchener Ebene im Nordosten ermöglichten die Zuwanderung einer Fülle von Pflanzenarten aus unterschiedlichen Florenregionen. Die Besiedlungs- und Nutzungsgeschichte durch den Menschen hat ebenfalls zur Bereicherung der Biodiversität beigetragen.

Die vorliegende Studie skizziert die Jungmoränen-Landschaft bei Andechs mit ihren Lebensraumtypen „Kalkmagerrasen“ (6210 u. 6210*, *Mesobromion*) und „Artenreichen Borstgrasrasen“ (6230*, *Violion caninae*), „Flachland-Mähwiesen“ (6510, *Arrhenatherion*), Drummlintal-Vermoorungen mit Streuwiesen (*Molinion*, *Caricion davallianae*) und Kopfried-Hangquellmooren insbesondere in den Leitenhängen des Ammerseebeckens südwestlich und westlich von Andechs sowie Kalk-Buchenwäldern (*Hordehymo*-, *Carici*- und *Seslerio-Fagetum*) verschiedener Feuchtestufen. Große Teile der Region östlich, südlich und südwestlich von Andechs liegen innerhalb des 2059 ha großen FFH-Gebiets „Moränenlandschaft zwischen Ammersee und dem Starnberger See (Gebiets-Nr. 8033-371).

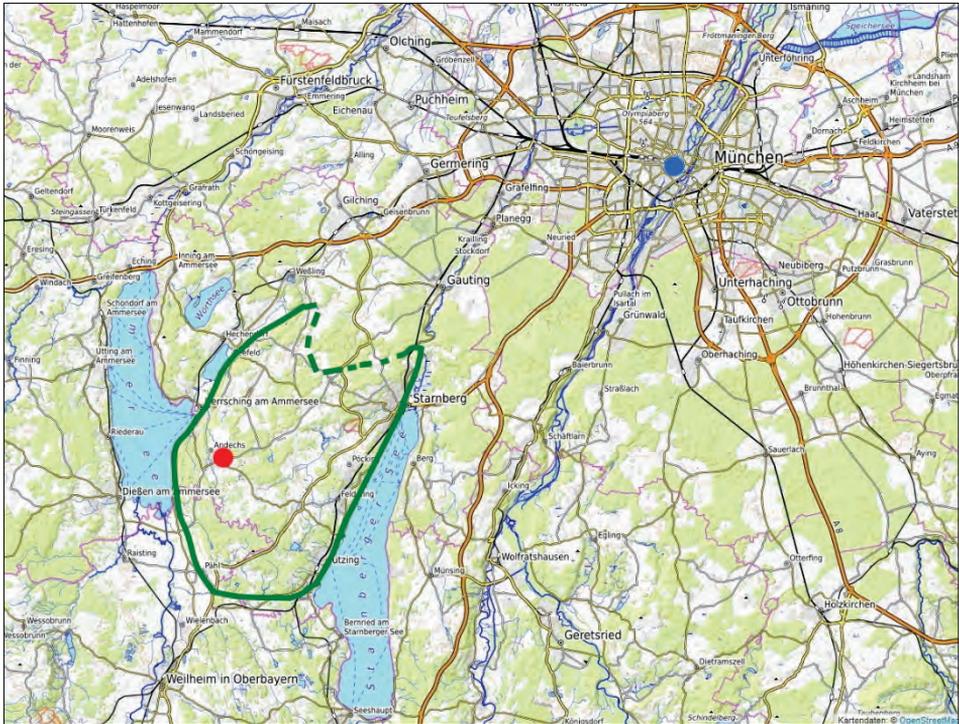


Abb. 1. Lage des Kloster Andechs (roter Punkt) etwa 35 km südwestlich von München (blauer Punkt = Marienplatz). Westlich von Andechs befindet sich der südliche Ammersees, im Norden der Pilsensee in einem Zweigbecken des Ammerseebeckens, etwa 10 km östlich von Andechs der Starnberger See. Grün umrahmt ist der als „Andechser Höhenrücken“ bezeichnete Landschaftsausschnitt. Die unterbrochene Linie im Norden gibt grob die Lage der Endmoränen der Würm-Eiszeit an. Kartengrundlage: www.opentopomap.org.

2. Landschaftskundlicher Überblick

2.1 Geographie und Topographie

Das Kloster Andechs als Ausgangspunkt der Exkursion bildet den wohl bekanntesten Gebäudekomplex auf dem gesamten Höhenrücken zwischen Ammerseebecken im Westen und dem nördlichen Starnberger See im Osten, für welchen sich dementsprechend und passend die Bezeichnung „Andechser Höhenrücken“ (Abb. 1) eingebürgert hat. Der Andechser Höhenrücken gehört zur Gänze dem Naturraum „Ammer-Loisach-Hügelland“ an (Nr. 039; RATHJENS 1953: 92 f. in MEYENEN et al. 1953–1962).

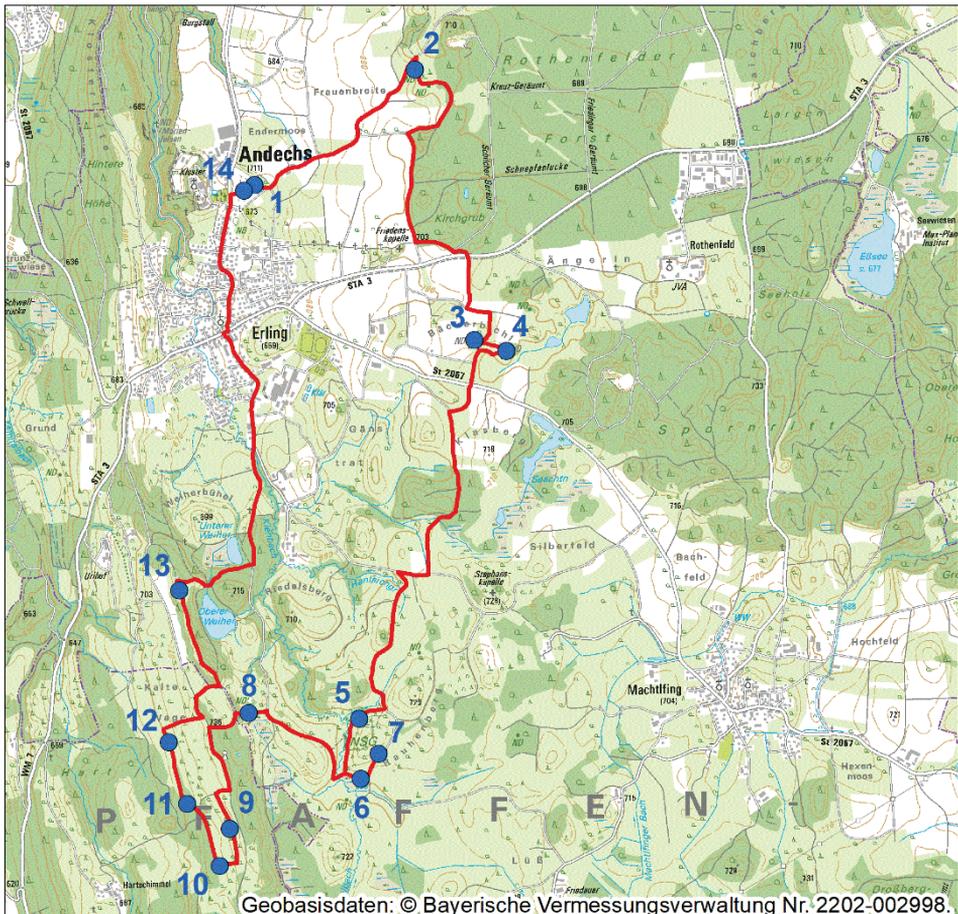


Abb. 2. Route der Exkursion am 25. Juni 2022, beginnend (1) und endend (14) am Parkplatz östlich des Klosters Andechs. Die übrigen Punkte werden in Abschnitt 5 erläutert. Kartengrundlage: TK 25, Blatt 8033 Tutzing.

2.2 Klima

Die drei aus dem Bayerischen Klima-Atlas (BAYFORKLIM 1996) entnommenen Kartenausschnitte (Abb. 3a–c) belegen eine relative Klimagunst in der näheren Umgebung der beiden großen Seen Ammersee und Starnberger See. Die große Wärmekapazität dieser Seen wirkt sich auf die Flankenhänge des Andechser Höhenrückens im Westen und Osten noch erkennbar

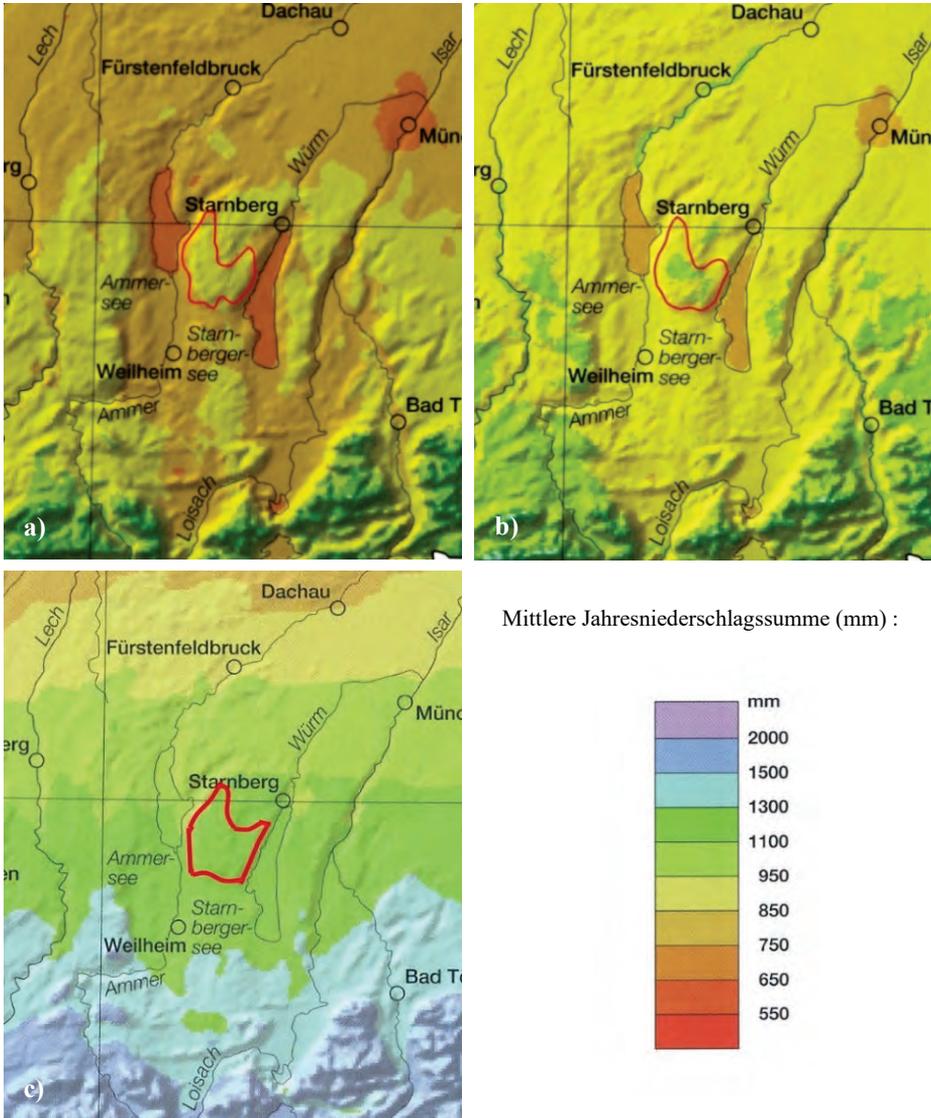


Abb. 3. Regionalklima im bayerischen Alpenvorland südwestlich von München. Die rot gekennzeichneten Bereiche zeigen die Lage des Andechser Höhenrückens. **a)** Mittlere Lufttemperatur im Jahr: rotbraun: 8–9 °C, hellbraun: 7–8 °C, gelb: 6–7 °C. **b)** Andauer der frostfreien Zeit: hellbraun 190–200 Tage, gelb 180–190 Tage, hellgrün 170–180 Tage, dunkelgrün 160–170 Tage. **c)** Mittlere Niederschlagssumme im Jahr. Kartengrundlage: Bayerischer Klima Atlas (BAYFORKLIM 1996: Karten-Nr. 2, 18 und 25).

aus, auf der Hochfläche dieses Höhenrückens tritt dieser Einfluss hingegen schon merklich zurück. Als Jahresmitteltemperaturen werden für das Gebiet um Andechs 6–7 °C bzw. 7–8 °C angegeben. Die niedrigeren Werte sind vor allem im Süden der Hochfläche des Andechser Höhenrückens mit dem Kerschbacher Forst zu beobachten. Die Gesamtdauer der frostfreien Zeit liegt in dem Exkursionsgebiet bei 170–180 Tagen, wie dies für die submontanen Lagen des Alpenvorlands charakteristisch ist.

Die Hochfläche des Andechser Höhenrückens verursacht in dessen Süden (Kerschbacher Forst, Raum Machtlfing) eine klimatisch gesehen auffallende Trennwirkung zwischen den wärme-getönten Becken der beiden großen Seen Ammersee und Starnberger See, deren Seespiegel gut 170 m (Ammersee) und 120 m (Starnberger See) tiefer liegen; Abbildung 3a illustriert diesen Sachverhalt.

Die mittleren Niederschlagssummenwerte bewegen sich im Bereich des Andechser Höhenrückens im Jahres-Mittel zwischen etwas über 950 mm (nordwestliches Ende, westliche Randzone; auch das Regenschattengebiet bei Pähl) und bis maximal etwas über 1100 mm (Kerschbacher Forst). Bei den vorherrschenden Temperaturen auf der südlichen Hochfläche des Andechser Höhenrückens reichen die Niederschlagssummen im Bereich des Kerschbacher Forstes bereits aus, um Moore entstehen zu lassen, deren Vegetation ausschließlich vom Regenwasser gespeist wird und die damit im ökologischen Sinn zu den „Echten Hochmooren“ gehören (DU RIETZ 1954).

2.3 Geologie und Geomorphologie, Böden

Der gesamte Sockel des Andechser Höhenrückens wird aus teilweise zu Nagelfluh verfestigten „Deckenschottern“ der Mindel-Eiszeit gebildet, die als Aufschlüsse vor allem in dem unmittelbar nordwestlich von Andechs eingeschnittenen Kiental bis zum darunterliegenden Tertiär zu beobachten sind (Abb. 4). Weit überwiegend sind die Deckenschotter des Andechser Höhenrückens von würmeiszeitlichen Materialien wie Moränen und von fluvio-glazialen Niederterrassenschottern überdeckt. Solche Ablagerungen finden sich etwas nord-östlich des Exkursionsgebiets ab Rothenfeld; sie erstrecken sich von dort nord- und anschließend nordostwärts bis in die Münchener Ebene hinein.

Zu den wichtigsten und auffälligsten verschiedenen Moränen-Formen des Gebiets gehören die:

- Rückzugs-Endmoränenwälle des Ammerseegletschers, im Südosten des Exkursionsgebiets auch des Würmseegletschers, die nach Einsetzen des Gletscher-Rückzugs entstanden sind;
- Tumulus-Bildungen wie sie im Erling-Rothenfelder Tumulusfeld zu beobachten sind;
- Drumlins als Bestandteile der Grundmoränenlandschaft im Süden des Exkursionsgebiets;
- sowie Grundmoränen und aufliegende Abschmelzmoränen (oder Ablationsmoränen): flachwellig und -kuppig, morphologisch weniger markant als die vorgenannten Moränenformen.

Ausführliche Darstellungen zur Geologie des Andechser Höhenrückens finden sich bei MEYER & SCHMIDT-KALER (1997), nach welcher sich die folgenden Ausführungen im Wesentlichen richten.

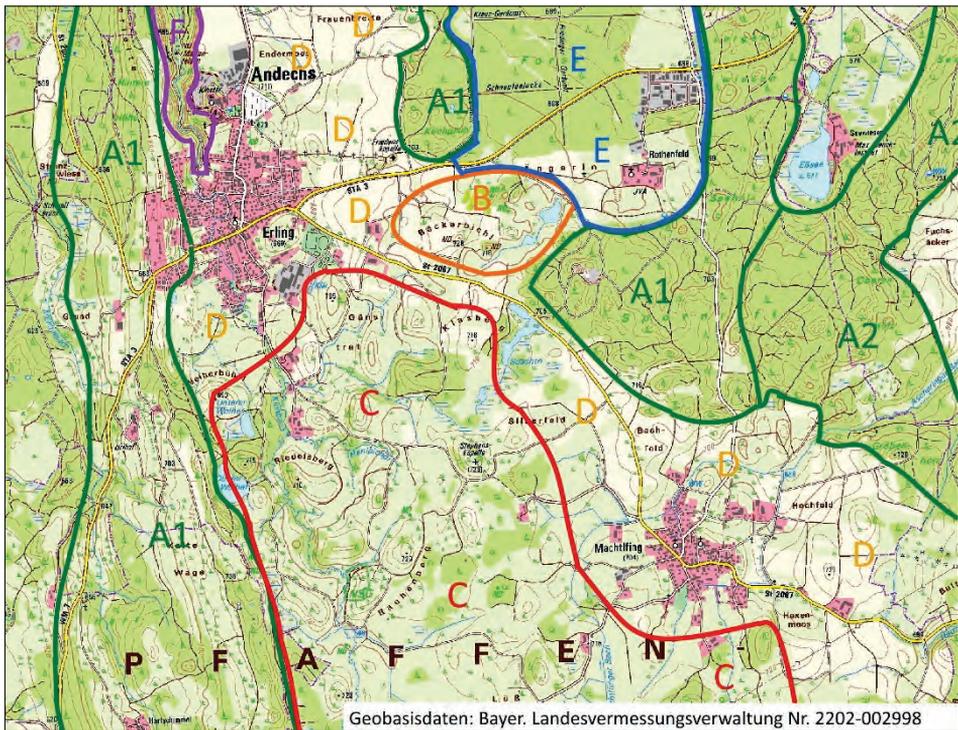


Abb. 4. Vereinfachte Darstellung der räumlichen Verteilung glazialgeomorphologischer Formen im Exkursionsgebiet in der Umgebung von Andechs: **A)** Rückzugs-Endmoränenwälle des Ammersee- (A1) und Würmsee-Gletschers (A2); **B)** Erling-Rothenfelder Tumulusfeld; **C)** Machtlfinger Drumlinfeld mit Drumlins und Grundmoränen; **D)** Grundmoränen, vielfach mit aufliegenden Abschmelzmoränen, wenig markant strukturiert; **E)** Niederterrassenschotter-Ablagerung, bei Rothenfeld beginnend und sich von dort nach Norden und Nordosten bis in die Münchener Ebene erstreckend; **F)** Kiental mit Aufschlüssen des zu Nagelfluh-Gestein verfestigten Deckenschotters und darunter liegenden Tertiärschichten (Obere Süßwassermolasse). Kartengrundlage: TK 25, 8033 Tutzing.

Rückzugsendmoränen

Prägend für das landschaftliche Erscheinungsbild der Andechser Umgebung sind die sich mitunter kilometerweit erstreckenden Rückzugs-Endmoränenwälle (Abb. 5), die an den Gletscherrändern abgelagert wurden. Sie folgen gestaffelt auf die Endmoränen, die den Vereisungs-Höchststand des Würmglazials markieren. Die jüngsten Rückzugsendmoränen umrahmen im Bereich des Andechser Höhenrückens unmittelbar die beiden großen Seen. Die Rückzugsendmoränen in der Umgebung von Andechs wurden vom Ammersee-Gletscher, diejenigen östlich und nordöstlich von Machtlfing vom Würmsee-Gletscher abgelagert. Sie bestehen vorwiegend aus grobkörnigem Material („Schottermoräne“; JERZ 1993: 18).

Böden: Östlich des Ammersees und damit im Raum Andechs herrschen vorwiegend kalkreich-kiesige Moränenzüge mit kalkreichen Pararendzinen vor:

- Flachgründige Pararendzina, meist in Kuppen- und Kammlage; edaphische Unterlage überwiegend sandig-kiesige Jungmoräne (Bodentyp 28a; GROTTENTHALER 1986: 194 f.); Oberboden: humos, kiesig-lehmig, pH ≥ 7 und äußerst durchlässig.



Abb. 5. Rückzugsendmoränenwall nordöstlich von Andechs mit einem orchideenreichen Kalkmager-
rasen innerhalb des Naturdenkmals „Hirtwiese“ (Foto: B. Quinger, 02.05.2017).

- Pararendzina, meist in Mittel- und Unter-Hanglage; edaphische Unterlage schluffig-
kiesige Jungmoräne (Bodentyp 28b; GROTTENTHALER 1986: 196 f); Oberboden,
Bodenart: schwach kiesiger, schluffig-toniger Lehm, $\text{pH} \geq 6,5-7,5$ und durchlässig.

Die Kalkgehalte der Rückzugsendmoränen im Gebiet sind mit 55–85 % ungewöhnlich hoch, was sich durch die Herkunft des Moränenmaterials aus den besonders karbonatreichen Lechtaler Alpen zu erklären lässt (JERZ 1993: 20).

Tumulus-Bildungen

Eine Besonderheit des Exkursionsgebiets stellen die kegelförmigen Tumulus-Bildungen dar, die außerhalb dieses Gebiets ebenso so schön im Bayerischen Alpenvorland nur im unweit entfernten Hirschberg-Gebiet bei Pähl zu beobachten sind. Innerhalb des Exkursionsgebiets befindet sich das „Erling-Rothenfelder Tumulusfeld“ mit dem „Bäckerbichl“ als dem wohl bekanntesten Tumulus des bayerischen Alpenvorlands (Abb. 6).

Bei den Tumuli handelt es sich um aus „Gletschermühlen“ hervorgegangene Formen der Späteiszeit (JERZ 1993: 26), bei welchen sich das Schmelzwasser auf dem abschmelzenden Gletschereis den Weg nach unten durch das Gletschereis gebahnt und dabei in den Abflussbahnen vorwiegend grobes, kiesiges Material in trichterähnlichen Hohlräumen abgelagert hat. Nach Verschwinden des Gletschereises als Gegenlager verblieben „umgeklappte“ kegelförmige Kiesablagerungen, die aufgrund ihrer großen Durchlässigkeit bei südlicher und südwestlicher Exposition die trockensten Standorte in der weiteren Umgebung von Andechs darstellen. Zur floristischen Vielfalt der Tumuli trägt der Umstand bei, dass bei guter Erhaltung die dort vorkommenden Lebensraumtypen sämtliche Expositionen von Süden nach Norden aufweisen können.



Abb. 6. Der zauberhaft schöne Bäckerbichl östlich von Andechs als der wohl eindrucksvollste Tumulus des gesamten bayerischen Alpenvorlands (Foto: B. Quinger, 16.05.2017).

Im Erling-Rothenfelder Tumulusfeld ist in dieser Hinsicht nur noch der Bäckerbichl „komplett“, auf welchem Kalkmagerrasen in allen Expositionen zu beobachten sind.

Böden:

- Flachgründige Pararendzina; edaphische Unterlage kiesige Jungmoräne (=Bodentyp 28a; GROTTENTHALER 1986: 194f.); Oberboden: humos, kiesig-lehmig, $\text{pH} \geq 7$, Kalkgehalte sehr hoch (55–85 %, JERZ 1993: 20), äußerst durchlässig, und daher trocken.

Grundmoränen und aufliegende Abschmelzmoränen (Ablationsmoränen)

Grundmoränen sind an der Gletschersohle entstanden und enthalten mehr aus dem lokalen Untergrund stammendes, schluffig-toniges Feinmaterial als die End- und Rückzugsendmoränen und erst recht als die Tumuli. Das Grundmoränenmaterial ist, da unter den Eismassen zusammengepresst, oft dichtgelagert mit nach JERZ (1993: 18) „Ausbildung von Gefügen“ (gemeint sind wohl Kohärent- u. Aggregat-Gefüge in den Böden unterhalb des A_n -Horizonts), „große Geschiebe sind in Fließrichtung des Gletschers eingeregelt“. Den Grundmoränen liegen häufig die meist sandig-kiesigen Abschmelzmoränen auf, die beim Abtauen des Gletschereises angehäuft wurden. Sie sind weniger dicht und weisen kein Gefüge auf; Böden: mittel- bis tiefgründige Parabraunerden, die zumeist intensiv landwirtschaftlich genutzt werden.

Drumlins

Drumlins sind Bestandteile der Grundmoränen-Landschaften. Südlich von Erling und westlich von Machtlfing befindet sich das „Machtlfing Drumlinfeld“. Die wohl bekannteste Drumlinbildung ist der „Rauhenberg“, der zwei nahe beieinander deponierte Drumlinformen umfasst. Die südwestliche dieser beiden Drumlinformen ist als „Mesnerbichl“ in Naturschutzkreisen seit langem bekannt, auf welchem wegen seines von W. TROLL (1926: 115 f.) erkannten botanischen Werts bereits im Jahr 1941 ein Naturschutzgebiet wegen des einzigen dort angesiedelten außeralpinen Vorkommens des Berghähnchens (*Anemonastrum narcissiflora*) in Bayern ausgewiesen wurde.

Ein in seiner Gestalt besonders typischer Drumlin ist der südliche Nachbar-Drumlin des Mesnerbichls, der von diesem aus fotografiert auf der Abbildung 7 abgebildet ist. Die ähnlich wie „Walfischrücken aus dem Meer“ in die Landschaft emporragenden Drumlinrücken haben zumeist eine oval-lanzettliche Gestalt. Ihre Längsachsen folgen der Richtung der letzten Eisbewegung. Da die Drumlins häufig ältere sedimentäre Ablagerungen enthalten, wird angenommen, dass es sich bei den Drumlins um am Gletschergrund gebildete Körper handelt (JERZ 1993: 24 f.). Darauf deutet auch der Umstand hin, dass sie in der Regel, wie für Grundmoränen bezeichnend, dicht mit Decklehmen überschichtet sind. Als typische Bodenbildung liegen lehmige Parabraunerden vor.

- Parabraunerde aus überwiegend schluffig-kiesiger Jungmoräne mit schluff-reicher Deckschicht (Bodentyp 30; GROTTENTHALER 1986: 206 f.); Oberboden, Bodenart: schluffig-toniger Lehm, häufig entkalkt pH 5,0–6,5.



Abb. 7. Drumlin südlich des Mesnerbichls. Der Drumlin zeigt das für diese glazialgeomorphologische Formbildung typische längliche, „walrücken-artige“ Profil. Das Foto ist auf der Hochfläche des Mesnerbichls aufgenommen, der verglichen mit dem Nachbar-Drumlin etwas höher ist (726 m NN). Zwischen den Drumlins befindet sich ein Tälchen mit Niedermoorbildung mit im Bild frühherbstlich beigebraun gefärbter Niedermoorvegetation. Die Vermoorung zieht sich entlang des Kobelbachs bis in den nordwestlichen Kerschbacher Forst (Foto: B. Quinger, 28.09.2012).

Die Senken und Tälchen zwischen den Drumlins sind i. d. R. mit dichtem stauendem Grundmoränenmaterial ausgekleidet, über welchem sich in der Nacheiszeit Versumpfungs-Moore bilden konnten, wie sie etwa vor allem in der südlichen Umgebung des Mesnerbichls, aber auch zwischen den Drumlins des im Süden benachbarten Kerschbacher Forsts zu beobachten sind. Drumlinfelder sind im Alpenvorland i. d. R. vor eisstauenden Aufragungen entstanden (JERZ 1993: 25). Im Falle des Machtlfinger Drumlinfelds könnte der Zusammenstoß des Ammersee- und des Würmsee-Gletschers südwestlich des Eßsees im Bereich des „Spornritts“ (s. Abb. 2, rechts oben) einen Eisstau im Ammersee-Gletscher südwestlich davon mit daraus resultierender Drumlinbildung verursacht haben.

Nacheiszeitliche Formen

An nacheiszeitlichen (holozänen) Formen sind verschiedene Moortypen wie Versumpfungs-, Verlandungs-, Kessel- und Quellmoore, außerdem auch Tuffbildungen zu beobachten. Bei den Moorbildungen des mittleren und im südlichen Machtlfinger Drumlinfelds handelt es sich größtenteils um Versumpfungsmoore, die sich über stauenden Schichten in denjenigen Senken des Drumlinfelds gebildet haben, die durch einen geringfügigen Wasserabfluss gekennzeichnet sind. Teilweise erfolgten die Vermoorungen in abflusslosen Senken sowie in den Wasserscheide-Bereichen zwischen verschiedenen Bächen.

Schichtquellaustritte mit der Bildung von Kalkquell-Torfen, Kalkquell-Antorfen, Kalk-Strukturuffen und Kalksinterbildungen mit bedeutsamen Vorkommen von Kalk-Hangquellmooren konzentrieren sich auf die Abdachungen an der Westseite zum Ammerseebecken.

3. Landnutzung

3.1 Historische Landnutzung

Hauptnutzungsform der Magerrasen des Exkursionsgebiets war bis in die 1950er Jahre eine einschürige Mahd ab 15. Juli bis Anfang August; vielfach erfolgten Nachbeweidungen dieser Mäher im Spätsommer und Frühherbst mittels Triftweide. Eine eingehende Darstellung hierzu erfolgt bei QUINGER et al. (1994a: 175 f.). Auf Allmende- und an die einzelnen Gemeinden verpachteten Klosterhütungen bildete bis ins 19. Jahrhundert die Rinderbeweidung ohne zusätzliche Mahdnutzung die übliche Nutzungsform dieser Flächen.

Eine ausführliche Beschreibung der Bedeutung des Rindes bei der Bewirtschaftung der Hardtwiesen im Alpenvorland ist bei QUINGER (2000: 85 ff.) enthalten. Zur Rinderhaltung wurde Schafbeweidung als Nebennutzung praktiziert. Schon seit langem spielten die Rinder-Großhütungen kaum noch eine Rolle bei der Landnutzung. Sie verloren ihre ehemals große Bedeutung durch Aufgabe des feudalen Allmendesystems im frühen 19. Jahrhundert. Verbreitet war dagegen lange Zeit noch bis in die frühen 1950er Jahre eine Mischnutzung der Magerrasen als Sommermahd-Wiesen und Herbst-Weiden für Rinder, die mittels eines Hüte-Triftweideverfahrens erfolgte.

Die Eigentumsverhältnisse und die traditionellen Bewirtschaftungsformen trugen wesentlich zum Erscheinungsbild der heute noch erhaltenen Kalkmagerrasen bei. Die mitunter recht dicht mit Solitärbäumen und mit kleinen Hainen bestockten Hardtwiesen entstanden vor allem bei allmendeartiger Weidenutzung; die Mahdnutzung begünstigte dagegen gehölzarme Wiesenareale. Hinsichtlich der Bestockungsverhältnisse noch typische Weide-Hardtwiesen existieren derzeit noch östlich des Hartschimmelhofes („Pähler Hardt“).

Im 19. Jahrhundert gewann die Milchwirtschaft und damit die Grünlandnutzung im Alpenvorland erheblich an Bedeutung (KONOLD & HACKEL 1990: 180). Die Verbesserung der Stallhaltung ließ eine Vergrößerung der Viehbestände zu, die mit einer Erhöhung des Einstreubedarfs in den Ställen verbunden war. Zur Streugewinnung wurden insbesondere die Niedermoore herangezogen und als Streuwiesen genutzt. Die Streuwiesenwirtschaft bildete ab Mitte des 19. Jahrhunderts bis über die Mitte des 20. Jahrhunderts hinaus einen wesentlichen Eckpfeiler der landwirtschaftlichen Nutzung im Raum insbesondere südlich von Andechs.

Bei den Glatthaferwiesen des Gebietes handelte es sich ehemals um zweischürige Wiesen mit erstem Schnitt um Johanni (24. Juni), und zweiten Schnitt im späten August oder September. Diese Wiesen wurden gelegentlich mit Stallmist gedüngt. Diese ehemaligen zweischürigen Wiesen wurden vor allem in hofnaher Lage angelegt, um den dort gegenüber den einschürigen ungedüngten Magerwiesen notwendigen höheren Arbeitsaufwand effizient leisten zu können (J. Pain, mdl. Mitteilung 1994).

3.2 Gegenwärtige Landnutzung

Die Grünlandflächen der Exkursionsgebietes unterliegen heute größtenteils den modernen und allgemein üblichen Nutzungsformen als Vielschnitt-, Silage- und/oder Mähumtriebsweide-Grünland bei hohem Einsatz an mineralischem und organischem Dünger (vorwiegend Gülle).

Im Exkursionsgebiet findet zudem auf einigen Flächen die pflegerische Nutzung einiger naturschutzbedeutsamer Halbkulturformationen wie Streuwiesen, Magerrasen und artenreichen Mähwiesen statt. Im Betriebsgelände Hartschimmelhof, auf welchem die extensive Weidenutzung ohne Düngung niemals abbricht, existieren noch umfangreiche Magerweiden mit einer hohen naturschutzfachlichen und landeskulturellen Bedeutung (QUINGER 2000).

4. Flora und Vegetation

4.1 Nomenklatur

Die Bezeichnung der Gefäßpflanzen-Arten richtet sich nach JÄGER (2016), gelegentlich werden auch deutsche Bezeichnungen aus der Flora von OBERDORFER (2001) benutzt. Die Nomenklatur der Moose folgt CASPARI et al. (2018). Syntaxonomische Bezeichnungen richten sich nach RENNWALD (2000a), in ihrem Bedeutungsinhalt orientieren sie sich an OBERDORFER (1977, 1978, 1983 und 1992).

4.2 Pflanzegeographische Bezüge der Andechser Umgebung

Der Höhenrücken ist vor allem im Westen und Süden floristisch enorm vielfältig. Die Gründe hierfür sind nicht nur in der standörtlichen Diversität zu suchen, sondern sie sind auch mit der günstigen räumlichen Anbindung an (frühere!) Pflanzenwanderstraßen zu erklären. So gehört(e) der den Donauraum mit den Alpen verbindende Isar-Amper-Ammerseebecken-Ammer-Stromtalweg wohl neben der Lech- und der Isar-(Loisach)-Achse zu den bedeutsamsten Pflanzenwanderstraßen der schwäbisch-bayerischen Hochebene. Leider haben diese Pflanzenwanderstraßen ihre ehemalige Bedeutung aufgrund von Biotop-Zerstörungen

und dem damit verbundenen Verlust von Biotopverbindungen seit Mitte des 19. Jahrhunderts weitgehend eingebüßt, wie dies MÜLLER (1990) am Beispiel der den Alpen- mit dem Donau-Raum verbindenden Lech-Achse dargestellt hat.

Ein wichtiger Einwanderungsweg in den Raum-Andechs-Pähl vor allem in der Spät- und eventuell noch in frühen Nacheiszeit dürfte zudem über die fluvioglazialen Schotterfelder bestanden haben. Diese reich(t)en von den spätglazialen Schotterzungen der Münchener Ebene (K. TROLL 1926: 173, z. B. die jeweils im Spätglazial entstandenen „Menzinger“ und „Garchingener Schotterzunge“ im Westen und Norden von München) bis nach Rothenfeld östlich von Andechs. Sie gestatteten in der Späteiszeit, solange die fluvioglazialen Schotterflächen noch schütter bewachsen waren, die Einwanderung von Arten der spätglazialen Trockensteppen aus der Münchner Ebene, von welchen viele östlich des Ammersees im heutigen Raum Andechs-Pähl ihre Arealgrenze in Richtung Alpen erreich(t)en. Nach der spätglazialen bzw. praeborealen Bewaldung zunächst mit der Wald-Kiefer im Raum südwestlich von München (s. KÜSTER 1995: 34 ff.) dürfte dieser Einwanderungsweg sukzessive an Bedeutung verloren haben.

Unterzieht man die floristische Ausstattung des Raumes um Andechs einer biogeographischen und chorologischen Analyse (MEUSEL et al. 1965, WALTER & STRAKA 1970, MEUSEL et al. 1978, MEUSEL & JÄGER 1992) so zeigt sich, dass im Gebiet Pflanzenarten präsent sind, deren europäische Areale sich nur gering überlappen. So treten neben alpinen und circumalpinen Arten auch solche mit einer submediterranen sowie einer vorwiegend östlich (sub)kontinentalen, pontisch-pannonischen-westsibirischen Verbreitung auf. Im Gebiet kommen zudem einige naturschutzbedeutsame Pflanzenarten der Mitteleuropäischen Florenregion mit Vorkommensschwerpunkt in der Region der sommergrünen Laubwälder vor; als Beispiele naturschutz-bedeutsamer Arten lassen sich die Fliegen-Ragwurz (*Ophrys insectifera*) als nördlicher Vertreter einer sonst (sub)mediterran verbreiteten Gattung und die Gewöhnliche Küchenschelle (*Pulsatilla vulgaris*) als westlicher Vertreter einer sonst vorwiegend osteuropäisch verbreiteten Gattung anführen (WELK 2002: 113 u. 119).

Vermutlich sind, wie bereits oben beschrieben, die Pflanzenarten der Pontisch-pannonischen Florenregion (WALTER & STRAKA 1970: 320 ff.) in der Späteiszeit und in der frühen Nacheiszeit von der Münchener Ebene aus in das Gebiet des Andechser Höhenrückens eingewandert. Es handelt sich im Norden der Hochfläche dieses Höhenrückens im Wesentlichen um dieselben kontinentalen Arten, die auch in der Münchner Ebene vorkommen, wobei etliche Vertreter dieser Gruppe, die in dieser Ebene auf der Garchingener Heide anzutreffen sind wie etwa Frühlings-Adonisröschen (*Adonis vernalis*) und Purpur-Schwarz-wurzel (*Scorzonera purpurea*), in den Jungmoränengebieten des Andechser Höhenrückens fehlen.

Trotz der deutlich ärmeren floristischen Ausstattung ist der Andechser Höhenrücken in überregionalem Maßstab für die Erhaltung der (sub)kontinentalen Steppenarten im südlichen Bayern bedeutsam. Die erst Ende der 1990er Jahre als Bestandteil der bundesdeutschen Flora (KARRER & EWALD 2000) entdeckte Kantige Wolfsmilch (*Euphorbia angulata*) weist im Raum Andechs wahrscheinlich deutschlandweit ihre bedeutendsten Vorkommen auf. Bemerkenswert ist das Gebiet zudem wegen seiner zahlreichen Vorkommen des Regensburger Geißklees (*Chamaecytisus ratisbonensis*), der beim Hartschimmelhof in Richtung Alpenrand sein südlichstes Vorkommen hat. An weiteren Steppen-Arten der Jungmoränengebiete östlich des Ammersees im Raum Andechs lassen sich Kalk-Aster (*Aster amellus*), Abbiß-Pippau (*Crepis praemorsa*), Behaarter Alant (*Inula hirta*), Geflecktes Ferkelkraut (*Hypochaeris maculata*) und Weißes Fingerkraut (*Potentilla alba*) anführen.

Auf den Andechser Höhenrücken und insbesondere an seinen westexponierten Abdachungen sind für voralpine Verhältnisse zudem submediterrane Geoelemente (WALTER & STRAKA 1970: 319 f.) auffallend reich repräsentiert. Während es sich bei den (sub)kontinentalen Arten überwiegend um solche der offenen Halbtrockenrasen und Trockenrasen und weniger der Trockensäume handelt, ist es bei den Arten mit submediterraner Herkunft umgekehrt. Hier dominieren Arten der Trockensäume (*Trifolium-geranion*) und lichten Buchenwälder (*Cephalanthero-Fagenion*) im Vergleich zu denen der offenen Halbtrockenrasen (*Mesobromion*). Vermutlich erfolgte die Einwanderung von Arten dieses Geoelements, die gegen strenge Fröste im Winter empfindlich sind, erst in einer postglazialen, schon laubwald-betonten (KÜSTER 1995: 36 ff.) Wärmephase. Zu dieser Annahme passt, dass es sich bei den submediterranen Artengruppe überwiegend um halbschattverträgliche Arten handelt, die locker bewaldetes Gelände besiedeln können.

Beispiele für auf dem Andechser Höhenrücken vorkommende submediterrane Geoelemente sind Elsbeere (*Sorbus torminalis*), Hügel-Meier (*Asperula cynanchica*), Bienen- und Hummel-Ragwurz (*Ophrys apifera* u. *O. holoserica*), Edel- und Berg-Gamander (*Teucrium chamaedrys* u. *T. montanum*) sowie Gewöhnliche Kugelblume (*Globularia bisnagarica*). Zu erwähnen sind darüber hinaus die südbayerischen Schwerpunkt-Vorkommen (SCHÖNFELDER & BRESISNKY 1990: Karten-Nr. 923) des Purpur-Klees (*Trifolium rubens*), der eine vorwiegend submediterran-mitteuropäische Verbreitung vorzuweisen hat; dasselbe gilt auch für Färber-Meier (*Asperula tinctoria*) und Warzen-Wolfsmilch (*Euphorbia verrucosa*).

Pflanzenarten mit subatlantisch-submediterraner Verbreitung finden sich auch in den Kalk-Quellmooren mit fließendem Quell- und Sickerwasser, das im Winter seltener gefriert als stagnierendes Bodenwasser anderer Moortypen. Bemerkenswert sind insbesondere die Vorkommen des Schwarzen Kopfrieds (*Schoenus nigricans*), das in zahlreichen Kalk-Hangquellmooren der Ammersee-Leitenhänge unter Beimischung der Stumpfbliätigen Binse (*Juncus subnodulosus*) bestandsbildend auftritt (*Juncus subnodulosus*-*Schoenetum nigricantis*). Als Seltenheit kommt in einigen dieser Hangquellmoore die subatlantisch-submediterran verbreitete Sommer-Drehwurz (*Spiranthes aestivalis*) vor.

Der Andechser Höhenrücken einschließlich seiner westlichen Abdachung sind reich an Alpenpflanzen der alpinen und subalpinen Stufe, eine Übersicht bietet die Tabelle 1. Auf dem Andechser Höhenrücken ist diese Gruppe vorwiegend in Kalk-Quellmooren vertreten, deren kühl-stenotherme Standorteigenschaften den Ansprüchen dieser Arten entgegenkommen. Etliche Alpenpflanzen besiedeln jedoch auch ungedüngte, offene Kalkmagerrasen wie etwa Gebirgs-Hahnenfuß (*Ranunculus breyninus*), Alpen-Pippau (*Crepis alpestris*) und Frühlings-Enzian (*Gentiana verna*), in geringerem Umfang auch basenreiche Silikatmagerrasen wie der Knöllchen-Knöterich (*Bistorta vivipara*). Bemerkenswert sind die Vorkommen des Alpen-Quendels (*Acinos alpinus*) und der Herzblättrigen Kugelblume (*Globularia cordifolia*), von welchen im Alpenvorland, außer entlang der Isar, nur wenige Wuchsorte bekannt sind. Die Einwanderung der Alpenpflanzen in das Gelände des Andechser Höhenrücken in der Nacheiszeit muss keineswegs ausschließlich von den Alpen aus erfolgt sein. Die Einwanderung zumindest einiger alpiner Arten aus den Periglazialbereichen der Münchener Ebene und von dort sowohl aus den Kältesteppe als auch aus den „Fontanilzonen“ (JERZ 1993: 36) der Schotterfächer dieser Ebene kann mit guten Gründen angenommen werden. Der Zwischenraum zwischen Münchener Ebene und dem Andechser Höhenrücken war wesentlich früher eisfrei als das südliche Alpenvorland, so dass eine Einwanderung von Pflanzenarten in der Späteiszeit von Norden aus wesentlich leichter möglich war als aus dem Alpenraum.

Tabelle 1. Im Raum Andechs vorkommende Alpenpflanzen mit Hauptvorkommen in Mitteleuropa in der subalpinen und alpinen Stufe der Alpen. In der zweiten und dritten Spalte der Tabelle sind die Einstufungen nach der RL Bayern und der RL Bayern für die Region „Moränengürtel“ (SCHEUERER & AHLMER 2003), in der vierten Spalte die Einstufungen nach der RL Deutschland (METZING et al. 2018) angegeben.

Wissenschaftlicher Name	RL Bayern	RL Bayern, Region Moränengürtel	RL BR Deutschland	Deutscher Name
<i>Acinos alpinus</i>	–	2	–	Alpen-Quendel
<i>Anemonastrum narcissiflora</i>	–	R	3	Narzissenblütige Anemone
<i>Bellidiastrum michelii</i>	–	3	–	Alpen-Aster
<i>Bartsia alpina</i>	–	3	–	Alpenhelm
<i>Biscutella laevigata</i>	3	3	–	Brillenschötchen
<i>Bistorta vivipara</i>	V	3	–	Knöllchen-Knöterich
<i>Carduus defloratus</i>	V	V	V	Berg-Distel
<i>Carex sempervirens</i>	–	3	–	Immergrüne Segge
<i>Crepis alpestris</i>	3	3	3	Alpen-Pippau
<i>Gentiana clusii</i>	V	3	V	Stängelloser Enzian
<i>Gentiana lutea</i>	V	2	3	Gelber Enzian
<i>Gentiana utriculosa</i>	2	2	2	Schlauch-Enzian
<i>Gentiana verna</i>	3	3	3	Frühlings-Enzian
<i>Globularia cordifolia</i>	–	2	–	Herzblättrige Kugelblume
<i>Primula farinosa</i>	V	3	3	Mehl-Primel
<i>Ranunculus breyninus</i>	V	3	–	Gebirgs-Hahnenfuß
<i>Sesleria caerulea</i>	–	–	–	Blaugras

Die alpine Horst-Segge (*Carex sempervirens*) kommt (nord)östlich von Andechs als Hauptbestandsbildner in den Naturdenkmälern „Hirtwiese“ und „Gassenholz“ vor; es handelt sich um die nördlichsten aus den Alpen vorgeschobenen bayerischen Wuchsorte, an welchen diese Seggen-Art noch gesellschaftsbildend als Silberdistel-Horstseggenrasen (*Carlino-Caricetum sempervirentis*) auftritt. Der Locus classicus dieser Magerrasen-Gesellschaft befindet sich in den Mittenwalder Buckelwiesen (LUTZ & PAUL 1947).

Etliche „circumalpin“ (zum Begriff s. BRESINSKY 1965) verbreitete Arten (Zusammenstellung in Tab. 2), die ein relativ kleines Areal aufweisen, das sich auf die Alpen, das nördliche Alpenvorland sowie auf Gebirge südlich der Alpen (insb. Dinarische Gebirge der Balkanhalbinsel, auch nördl. Apennin) beschränkt, kommen im Westen des Andechser Höhenrückens vor. Dieser Gruppe gehören etliche Arten an, die in den Schneeheide-Kiefernwäldern (*Erico-Pinion*) ihren Schwerpunkt haben, die im Raum Andechs allenfalls als Fragmente vorkommen. Bemerkenswert in diesem Raum sind die Vorkommen des Klebrigen Leins (*Linum viscosum*), des Traunsteiners Knabenkraut (*Dactylorhiza traunsteineri*) und der Sumpf-Gladiole (*Gladiolus palustris*); die Population der Sumpf-Gladiole im Südwesten des Machtlfinger Drummlinfelds gehört zu den zehn größten in Deutschland.

Arten der borealen Florenregion kommen vor allem im niederschlagsreichsten und kältesten Teil des Andechser Höhenrückens in den mineralstoff- und verhältnismäßig basenreichen Übergangsmooren des Kerschbacher Forstes vor, die im Rahmen der Exkursion nur gestreift werden. Zu den bemerkenswerten dort vorkommenden, vorwiegend boreal verbreiteten Übergangsmoor-Moorpflanzen gehören u. a. Schlamm-Segge (*Carex limosa*), Faden-Segge (*Carex lasiocarpa*), Draht-Segge (*Carex diandra*), Fadenwurzelige Segge (*Carex chordorrhiza*), Blumenbinse (*Scheuchzeria palustris*) und Mittlerer Wasserschlauch

Tabelle 2. Im Gebiet vorkommende, circumalpine Arten mit einem verhältnismäßig kleinen Areal in den Alpen, im nördlichen Alpenvorland sowie in Gebirgen südlich der Alpen (Dinarische Gebirge, Apennin), nur einige davon sind in der subalpinen Stufe der Alpen anzutreffen, in der alpinen Stufe fehlen diese Arten. In dieser Tabelle sind dieselben Roten Listen zitiert wie in Tabelle 1.

Wissenschaftlicher Name	RL Bayern	RL Bayern, Region Moränengürtel	RL BR Deutschland	Deutscher Name
<i>Brachypodium rupestre</i>	–	–	–	Felsen- od. Stein-Zwenke
<i>Coronilla vaginalis</i>	3	2	3	Scheiden-Kronwicke
<i>Festuca amethystina</i>	3	3	–	Amethyst-Schwingel
<i>Dactylorhiza traunsteineri</i>	2	2	2	Traunsteiners Knabenkraut
<i>Gladiolus palustris</i>	2	2	2	Sumpf-Gladiole
<i>Lilium bulbiferum</i>	2	2	3	Feuer-Lilie
<i>Linum viscosum</i>	2	2	2	Klebriger Lein
<i>Thesium rostratum</i>	3	3	3	Geschnäbeltes Leinblatt

(*Utricularia intermedia*). Teilweise handelt es sich bei diesen Arten um Glazialrelikte (WALTER & STRAKA 1970: 375 ff.) wie etwa bei *Carex chorrodorhiza*. Ein derartiger Reliktcharakter kann angenommen werden, wenn zwischen dem (subarktisch)-borealen Hauptareal und dem praelapinen Teilareal eine weiträumige Arealtrennung vorliegt, so dass ein rezent erfolgreicher Populationsaustausch zwischen den nördlichen Populationen und denen des Alpenvorlands unwahrscheinlich ist.

Zu den borealen Geoelementen gehören u. a. zudem Breitblättriges Wollgras (*Eriophorum latifolium*), Langblättriger Sonnentau (*Drosera anglica*), Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*) und Blauer Sumpfstern (*Swertia perennis*), die in den hydrologisch intakten Niedermooren des Andechser Höhenrückens vorkommen. Die Niedermoore und die nassen Streuwiesen des Andechser Raums beherbergen auch einige Pflanzenarten mit mitteleuropäischem Verbreitungsschwerpunkt wie Saum-Segge (*Carex hostiana*) und Duft-Lauch (*Allium suaveolens*), für welche Deutschland eine hohe Erhaltungsverantwortung zufällt (WELK 2002: 84 u. 90).

4.3 Biotoptypen mit Nennung der Pflanzengesellschaften

Besonders prägende Biotoptypen der Andechser Umgebung werden nachstehend beschrieben.

A) Kalkmagerrasen

Lebensraumtypen nach der FFH-RL: 6210, 6210*

Beschreibung und gebietsspezifische Eigenschaften: Nicht düngungsbeeinflusste Magerrasen auf kalkreichen, mineralstoffreichen, aber nährstoffarmen (an den Nährlementen NPK), nicht gedüngten und nicht grundwasser-beeinflussten, frischen bis zu deutlich trockenen Standorten. Entsprechend des Vorkommens kalkreicher und flachgründiger Pararendzinen an den Rückzugsendmoränenwällen und den Tumulus-Bildungen gibt es an unbewaldeten und weder düngungs- noch grundwasser-beeinflussten Stellen etliche Kalkmagerrasen-Vorkommen.

Pflanzengesellschaften:

- Felsenzwenken-Trespen-Halbtrockenrasen (praealpine *Brachypodium rupestre*-Ausbildung des *Mesobrometum*, RL-D 2 nach RENNWALD 2000b: 490). *Brachypodium rupestre*, nur in den Alpen und im südlichen Bayern vorkommend, ist den

Trespenrasen höchstet beigemischt. Nicht selten kommen Felsenzwenken-Trespenrasen-Halbtrockenrasen auf ehemals beackerten Standorten vor. Recht bezeichnend für die praealpin getönten Trespenrasen ist außer der Felsen-Zwenke das Ochsenauge (*Buphthalmum salicifolium*).

- Silberdistel-Horstseggenrasen (*Carlino-Caricetum sempervirentis*), RL-D 2 (RENNWALD 2000b: 491). *Carex sempervirens* tritt matrixbildend auf, beigemischt sind Alpenpflanzen wie *Aster bellidiastrum*, *Carduus defloratus*, *Crepis alpestris*, *Gentiana clusii*, *G. verna* und *Ranunculus breyninus*. In der voralpinen Form mit Arten des pontisch-pannonischen Florenelements wie etwa Behaarter Alant (*Inula hirta*), die den Mittenwalder Buckelwiesen fehlen.
- Graulöwenzahl-Erdseggenrasen (*Pulsatillo-Caricetum humilis*), RL-D 3 (RENNWALD 2000b: 491), im Alpenvorland mindestens mit RD-L 2 zu bewerten. Die ertragsärmste und zugleich trockenste Kalkmagerrasen-Gesellschaft des Gebiets. Sie kommt vor allem in den Tumulus-Feldern östlich von Erling-Andechs und im Hirschberg-Gebiet östlich von Pähl vor. *Carex humilis* tritt matrixbildend auf. Ihren Schwerpunkt in dieser Gesellschaft im Gebiet haben *Globularia bisnagarica*, *Leontodon incanus*, *Pulsatilla vulgaris*, *Teucrium montanum*, *Thesium rostratum* und die Moos-Art *Rhytidium rugosum*.

Die Kalkmagerrasen des Gebiets können reich an Orchideen sein (prioritärer LRT 6210*).

Nutzungsabhängigkeit: Die Kalkmagerrasen des Gebiets bedürfen zu ihrem Erhalt der Fortführung der bestandserhaltenden Nutzung bzw. einer Pflege, die sich an die bestands-erhaltenden traditionellen Nutzungsformen anlehnt (Umfassende Hinweise s. QUINGER et al. 1994b: 479 ff.). Im Exkursionsgebiet handelt es sich überwiegend um Mahd-geprägte Kalkmagerrasen, die einmal im Jahr in der Zeit von der beginnenden zweiten Julihälfte an bis in den zeitigen August hinein (Stichtag 25. Juli; GRADMANN 1950: 219) gemäht wurden. Im Betriebsgelände Hartschimmelhof existieren bemerkenswerte weidegeprägte Kalkmagerrasen.

B) Artenreiche Borstgrasrasen

Lebensraumtyp nach der FFH-RL: 6230*

Beschreibung und gebietspezifische Eigenschaften: Über den teilweise kalkarmen, jedoch stets mineralstoff- und basenreichen Decklehmschichten der Drumlins des Machtlfinger Drumlinfelds sind artenreiche Magerrasen ausgebildet, in welchen kalkmeidende Gräser, Zwergsträucher, krautige Pflanzen und Moose deutlich gegenüber Arten der Kalkmagerrasen dominieren. Derartige Decklehmschichten im Oberboden sind nur an solchen Drumlins erhalten, die niemals beackert wurden. Edaphisch unveränderte Decklehme der Drumlins verfügen über eine relativ große Wasserkapazität, es handelt sich daher um frische, eher feuchte als trockene Standorte; gut erhalten v. a. im Bereich des Mesnerbichls und einiger Rindermagerweiden.

Pflanzengesellschaft: Kreuzblumen-Borstgrasrasen (*Polygalo-Nardetum*, RL-D 2 nach RENNWALD 2000b: 519). Als artenschutzbedeutsame Pflanzenarten der Artenreichen Borstgrasrasen des Gebiets lassen sich benennen: Gräser u. Grasartige: *Festuca ovina* cf. s. str. (im Alpenvorland selten!), *Helictotrichon pratensis*, *Carex pulicaris* und *C. sempervirens*; Kräuter u. Zwergsträucher: *Antennaria dioica*, *Arnica montana*, *Genista germanica*, *G. tinctoria*, *Hypochaeris maculata*, *Scorzonera humilis*, *Thesium pyrenaicum*, *Viola canina* sowie *Bistorta vivipara* als eine zu den Alpenpflanzen gehörende Art.

Nutzungsabhängigkeit: Ausnahmslos nutzungsabhängig. Im Gebiet gemähte und rinderbeweidete Rasen. Sommerliche Mahd begünstigt die Niedergräser und erzeugt eine lückenreiche Grasmatrix. Wird erst ab September gemäht, erfolgt eine starke Förderung des Rohr-Pfeifengrases (*Molinia arundinacea*), welches das für krautige Pflanzen und Niedergräser nutzbare Lückenangebot stark einschränkt.

C) Pfeifengraswiesen (*Molinion*)

Lebensraumtyp nach der FFH-RL: 6410

Beschreibung und gebietsspezifische Eigenschaften: Pfeifengraswiesen auf grundwasserbeeinflussten, kalkreichen und lehmigen Böden sowie auf mineralstoffreichen, basenreichen Niedermoortorfen. Die Pfeifengraswiesen im Raum Andechs sind sehr artenreich, repräsentative Vorkommen gibt es in den Drumlintälern südlich des Mesnerbichls. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, wie etwa einige Stromtalpflanzen der Tieflagen, kommen nahezu sämtliche Gefäßpflanzenarten vor, die zum charakteristischen Arteninventar der Pfeifengraswiesen gehören.

Pflanzengesellschaften:

- Duftlauch-Pfeifengraswiesen (*Allio suaveolentis-Molinietum*, RL-D 2 nach RENNWALD 2000b: 476). Auf kalkreichen, relativ nassen mineralischen bis moorigen Böden. Sie markieren den nassen Flügel des Verbands der Pfeifengraswiesen (*Molinion*) und sind oft in direktem Kontakt zu Kopfried-Beständen angesiedelt. Bezeichnend sind Nässezeiger wie *Allium suaveolens*, *Epipactis palustris* und *Gentiana pneumonanthe*. In der Regel sind etliche Arten der kalkreichen Niedermoore eingestreut.
- Knollenkratzdistel-Pfeifengraswiesen (*Cirsio tuberosi-Molinietum*, RL-D 1 nach RENNWALD 2000b: 476). Auf ebenfalls kalkreichen, wechsel-frischen bis -feuchten und damit deutlich trockeneren Mineral-Böden. Häufig in Kontakt zu den trockeneren Kalkmagerrasen. Charakteristisch sind *Molinia arundinacea*, *Carex tomentosa*, *Cirsium tuberosum*, *Inula salicina*, *Lotus maritimus*, *Galium boreale* und *Allium carinatum*.
- Flohseggen-Pfeifengraswiesen, zuordenbar dem *Molinietum caeruleae* RLD 2 (s. RENNWALD 2000b: 476). auf eher kalkarmen, jedoch mineralstoffreichen, lehmigen Böden mit Arten wie *Carex pulicaris* sowie mineralstoff-, aber nicht kalkbedürftigen krautigen Pflanzen wie *Gentiana asclepiadea*, *G. pneumonanthe*, *Parnassia palustris*, *Scorzonera humilis*, *Euphrasia rostkoviana* und *Succisa pratensis*; im Kerschbacher Forst auch *Swertia perennis*.

In den beiden kalkreichen Ausprägungen kommen zudem im Gebiet häufig die für Pfeifengraswiesen typischen Hochscharfpflanzen *Serratula tinctoria*, *Selinum carvifolia* und *Sanguisorba officinalis* vor, an einigen Stellen auch die seltenen Arten *Tephrosia helenites*, *Dianthus superbus*, sehr selten auch *Laserpitium prutenicum* sowie vor allem in der Umgebung des Mesnerbichls einschließlich des flächenhaften Naturdenkmals „Obere Weiherwiese“ *Gladiolus palustris*.

Nutzungsabhängigkeit: Ausnahmslos nutzungsabhängig. Ihre charakteristischen Struktureigenschaften erhalten die Pfeifengraswiesen bei einschüriger spätsommerlicher bzw. herbstlicher Mahdnutzung. Etliche Arten der Pfeifengraswiesen vertragen den Mahd-Schnitt bereits ab Anfang August wie etwa *Cirsium tuberosum*, andere spät ihren Entwicklungszyklus

abschließende Arten wie *Gentiana asclepiadea* lassen sich bei regelmäßig-alljährlicher Mahd auf Dauer nur erhalten, wenn erst nach Mitte September gemäht wird.

D) Artenreiche Flachland-Mähwiesen in magerer Ausprägung

Lebensraumtyp nach der FFH-RL: 6510

Beschreibung und gebietsspezifische Eigenschaften: Im Gebiet kommt der Lebensraumtyp „Artenreiche Flachland-Mähwiese“ in mageren Ausbildungen vor, in welchen das Angebot an verfügbaren Nährstoffen verhältnismäßig gering bemessen ist. Nur sie werden im Folgenden beschrieben. Es lassen sich relativ trockene von frisch-feuchten Ausbildungen unterscheiden:

- Relativ trockene Salbei-Flaumhafer-Glatthaferwiesen auf flachgründigen Böden (Pararendzinen);
- Sowie vergleichsweise frische bis mäßig feuchte Frauenmantel-Wiesenschwingelwiesen auf lehmigen Böden (Parabraunerden).

Es handelt jeweils um deutlich montan getönte Bestände wie das Vorkommen von Arten wie diverse Kleinarten von *Alchemilla* sowie *Crepis mollis* und *Phyteuma orbiculare* verdeutlicht. Allgemein verbreitete Tieflagenarten wie etwa *Geranium pratense* fehlen hingegen auf der Hochfläche des Andechser Höhenrückens und erreichen über den Isar-Amper-Ammer-Stromtalweg nur bis zur Sohle des Ammerseebeckens.

Als für hochwertige Ausprägungen der Artenreichen-Flachland-Mähwiesen besonders kennzeichnende Grasart lässt sich *Helictotrichon pubescens* hervorheben, die sowohl gegen die eigentlichen Magerrasen der Verbände *Mesobromion* und *Violion caninae* als auch gegenüber intensiv genutztem Grünland gut abgrenzt. In eher trockenen Wiesen gehören *Arrhenatherum elatius* und *Poa pratensis*, in eher frischen Wiesen *Festuca pratensis*, in beiden Ausprägungen *Trisetum flavescens* zu den Bestandsbildnern. Als Magerzeiger sind in den trockenen kalkreichen Ausbildungen *Bromus erectus*, *Brachypodium rupestre* und *Briza media*, in den frischen Ausbildungen auf lehmigen Böden *Festuca rubra*, *Anthoxanthum odoratum* und *Luzula campestris* beigemischt.

Unter den krautigen Pflanzenarten finden sich Vertreter der „Grundartengarnitur“ der Artenreichen Flachland-Mähwiesen, zu welchen u. a. *Achillea millefolium*, *Leucanthemum vulgare*, *Centaurea jacea*, *Campanula patula*, *Knautia arvensis*, *Rumex acetosa*, *Veronica chamaedrys*, *Trifolium pratense*, *T. dubium*, *Medicago lupulina* und *Vicia cracca* zählen; im frischen Bereich zudem *Crepis biennis*, *Pimpinella major*, *Carum carvi* und *Cardamine pratensis*.

Hochwertigen Ausprägungen der „Mageren Flachland-Mähwiesen“ sind im Gebiet folgende wertgebende krautige Arten beigemischt. Zu ihnen gehören im trockenen Flügel *Salvia pratensis*, *Centaurea scabiosa* und *Tragopogon pratensis* subsp. *orientalis*, an einigen Stellen im Gebiet auch *Dianthus carthusianorum* und *Campanula glomerata*. Im feuchten Flügel fällt auf lehmigen Böden im Gebiet Arten wie *Sanguisorba officinalis*, *Geum rivale*, *Silene flos-cuculi* und *Colchicum autumnale* eine derartige Rolle zu. Als Magerzeiger sind *Leontodon hispidus* und *Lotus corniculatus* anzutreffen.

Pflanzengesellschaft: *Arrhenatheretum elatioris*, Ausbildungen von Standorten niedriger Trophie-Stufe; RL-D 3 (RENNWALD 2000b: 478).

Nutzungsabhängigkeit, Reaktionen auf Mahd-Nutzung: Die „Magere Flachland-Mähwiese“ kommt zur optimalen kraut- und blütenreichen Entfaltung, wenn in der Vegetationsperiode zwei Mahd-Schnitte erfolgen. Durch zwei Schnitte wird die Grasschicht soweit aufgelockert,

dass sich eine blüten- und krautreiche Wiesenstruktur einstellen kann. Wird hingegen nur einmal gemäht, so fördert dies einige dichte Grasbestände bildende Hochgrasarten wie Glatthafer und Knäuelgras, wie sie häufig auch in unternutzten Altgrasstreifen etwa an Straßenböschungen zu beobachten sind.

E) Kalkreiche Niedermoore

Lebensraumtyp nach der FFH-RL: 7230

Beschreibung und gebietsspezifische Eigenschaften: Der Lebensraumtyp „Kalkreiche Niedermoore“ weist in intaktem Zustand generell kontinuierlich hohe Bodenwasserstände mit einem geringen Schwankungsverhalten auf. Im Gebiet werden diese Niedermoore zumeist aus Schichtquellhorizonten der Rückzugs-Endmoränenzüge gespeist. Kalkreiche Niedermoore sind infolgedessen durch hohe Mineralstoffgehalte und durch hohe Gehalte an Kalziumhydrogenkarbonat [chemische Formel: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$] geprägt. Die Versorgung mit Nährstoffen wie N und P hingegen kann sehr gering ausfallen und sich auf einem ähnlich niedrigen Niveau wie in den Hochmooren bewegen (WARNKE-GRÜTTNER 1990: 110).

Insbesondere in Kopfried-Beständen sind als Substrate vorwiegend Quellkalk-Antorfe, bisweilen auch bis über einen Meter mächtige Quellkalk-Torfe (zur Definition dieser Substrat-Typen siehe STEGMANN & SUCCOW 2001: 65) an Stellen mit langsam perkolierenden Sickerwasseraustritten anzutreffen. An rasch fließenden Quellaustritten treten dagegen Kalktuffbildungen an ihre Stelle. Vorherrschender und charakteristischer Bodentyp der Kopfbinsenrieder des Gebiets sind „Kalk-Moorgleye“ und „Kalk-Anmoorgleye“. Davallseggenrieder sind hingegen stärker an Mineralböden gebunden, die basenreich, aber nicht unbedingt kalkreich sein müssen. Davallseggenrieder vertragen zudem besser Überstauungen als Kopfbinsenrieder. Bestände der Stumpfblütigen Sumpfbirse sind auf mineralstoffreichen Böden angesiedelt. Ihr Nährstoffbedarf (NPK) ist anscheinend wesentlich höher als derjenige der Kopfbinsen- und der Davallseggenrieder, auf Eutrophierung reagieren sie weniger empfindlich. Hydrologisch intakte „Kalkreiche Niedermoore“ lassen sich zu fast allen Jahreszeiten am Zustand ihrer Moos-Synusien erkennen. Im Gebiet gehören *Scorpidium cossoni* und *Campylium stellatum* zu den als Indikatoren wichtigen Moos-Arten.

Pflanzengesellschaften:

- Mehlprimel-Kopfbinsenried (*Schoenetum ferruginei*, RL-D 3 nach RENNWALD 2000b: 461); die RL-Einstufung ist verglichen mit den anderen Kalkniedermoor-Gesellschaften zu niedrig angesetzt und müsste zu RL-D 2 korrigiert werden. Bezeichnend für intakte Kopfried-Bestände sind kontinuierlich hohe Bodenwasserstände, die nur ausnahmsweise tiefer als 2 dm unter Flur absinken (KLÖTZLI 1969: 61 f.). Nur solange Entwässerung bzw. das Nachlassen der Quellspeisung in einem geringen Rahmen verbleiben, können die Kopfried-Arten ihre Dominanz gegenüber dem Pfeifengras behaupten.

Entsprechend ihres kühl-stenothermen Standortcharakters zeichnen sich die vom Rostroten Kopfried geprägten Kopfbinsenrieder im Gebiet durch einen besonderen Reichtum an Alpenpflanzen aus: Es sind dort *Primula farinosa*, *Gentiana clusii*, *Ranunculus montanus*, *Bartsia alpina* und *Aster bellidiastrum* anzutreffen. An besonders nassen Stellen kann als weitere Alpenpflanze *Pinguicula alpina* hinzutreten, an natürlich trockeneren Hangrippen gilt dies für *Carex sempervirens*. Als seltenere Arten lassen sich *Gentiana utriculosa*, *Dactylorhiza traunsteineri* und *Gladiolus palustris* beobachten.

- Gesellschaft des Schwarzen Kopfrieds (*Junco subnodulosi-Schoenetum nigricantis*, RL-D 1 nach RENNWALD 2000b: 461); deutlich wärmebedürftiger als das *Schoenetum ferruginei*; im Gebiet vorwiegend in den west- und südwestexponierten Hängen der Westabdachung des Andechser Höhenrückens. Als floristische Gebietsbesonderheit sind Vorkommen von *Spiranthes aestivalis* hervorheben. An kontinuierlich sehr nassen Stellen kommen *Drosera anglica* und *Eleocharis quinqueflora* vor (mit kleinflächigen Vorkommen des *Eleocharitetum quinqueflorae*). *Orchis palustris* als Kenn-Art dieser Gesellschaft fehlt im Gebiet (im Bayer. Alpenvorland nur im Inn-Chiemsee-Vorland präsent).
- Davallseggenried (*Caricetum davallianae*, RL-D 2 nach RENNWALD 2000b: 461); im Raum um Andechs wesentlich seltener als Bestände des Rostroten Kopfrieds. Ein Vorkommen existiert in einer quellig beeinflussten, vergleichsweise mineralstoffreichen lehmigen Streuwiese im Naturdenkmal „Obere Weiherwiese“. Bemerkenswerte Begleitpflanzen sind *Carex hostiana*, *Tephrosieris helenites*, *Epipactis palustris*, *Dactylorhiza incarnata*, *Primula farinosa* und *Gladiolus palustris*.
- *Juncus subnodulosus*-Gesellschaft, RL-D 2 nach RENNWALD (2000b: 461), kann unseres Erachtens auf den Gefährdungsgrad RL-D 3 zurückgestuft werden, da diese Gesellschaft auf Eutrophierung weitaus weniger empfindlich reagiert als die übrigen Kalkniedermoor-Gesellschaften; *Juncus subnodulosus* bildet eine dichte Matrix, die sich zur Besiedlung für Rosettenpflanzen schlecht eignet. Floristisch daher bei weitem nicht so reichhaltig wie die übrigen *Caricion davallianae*-Gesellschaften.

Nutzungsabhängigkeit: Es ist davon auszugehen, dass nur an den nässesten Kernbereichen der Quellmoore primär offene Vorkommen des Lebensraumtyps „Kalkreiche Niedermoores“ existierten. Vor allem unter den heutigen anthropogen beeinflussten standörtlichen Eigenschaften sind die Vorkommen fast alle baumfähig, die überwiegende Mehrzahl der Flächen sogar potenziell waldfähig in Richtung Quellnischen-Erleneschwälder. Zu ihrem langfristigen Erhalt sind sie auf die Durchführung von Pflegemaßnahmen angewiesen, die sich an die traditionelle Bewirtschaftung anlehnen.

F) Waldgersten- und Waldmeister-Buchenwälder

Lebensraumtyp nach der FFH-RL: 9130

Beschreibung und gebietsspezifische Eigenschaften: Der Waldmeister- und der Waldgersten-Buchenwald können als die potentielle natürliche Vegetation im Sinne von TÜXEN (1956) der frischen und mineralstoffreichen Standorte in der Umgebung des Ammersees gelten. Auf ausgesprochen kalkreichen Böden gedeiht in der Regel der Waldgersten-Buchenwald, auf Böden mit niedrigeren Kalkgehalten, jedoch meist hoher Basenversorgung und daher neutralen Verhältnissen (pH knapp unter 7) der Waldmeister-Buchenwald. Die Baumschicht wird häufig nahezu ausschließlich von der Buche gestellt; gelegentlich sind Weiß-Tannen oder Fichten beigemischt, an den Waldrändern tritt die Vogelkirsche (*Prunus avium*) hinzu.

In der Arten-Ausstattung sind sich Waldgersten- und Waldmeister-Buchenwald recht ähnlich; typische Arten der Krautschicht mittlerer basenreicher Buchenwälder sind als namengebende Art *Galium odoratum*, außerdem u. a. *Carex sylvatica*, *Milium effusum*, *Viola reichenbachiana*, *Phyteuma spicatum* und *Anemone nemorosa*.

Im artenreicheren kalkreichen Waldgersten-Buchenwald, wie er am Ammersee auf den Moränen der gesamten Ostseite vorherrscht, treten ergänzend noch einige calciophile Arten wie die namengebende Art *Hordelymus europaeus*, außerdem *Carex digitata*, *Mercurialis*

perennis, *Lilium martagon*, *Daphne mezereum*, *Hepatica nobilis* und *Neottia nidus-avis* hinzu. Für die kalkreichen Ausprägungen des Buchenwaldes im Umgebungsbereich des Ammersees ist zudem *Aposeris foetida* bemerkenswert. Diese Art ist in Deutschland weitgehend auf die Buchenwälder der Alpen (mit Ausnahme des westlichen Allgäus) sowie auf das vorgelagerte Alpenvorland beschränkt (HÄUPLER & SCHÖNFELDER 1988: Karten-Nr. 1812, SCHÖNFELDER & BRESINSKY 1990: Karten-Nr. 1861).

Pflanzengesellschaften: *Galio odorati-Fagetum*, *Hordelymo-Fagetum*; RL-D: beide nicht gefährdet (RENNWALD 2000b: 546).

Natürlichkeit, Nutzungseinflüsse: Buchenwälder können bei bestimmten Verfahren der Hochwaldwirtschaft wie Femelschlagverfahren gezielt gefördert werden. Im Allgemeinen erfolgt durch die forstliche Nutzung der Buchenwälder die Beimischung anderer Baumarten wie insbesondere der Fichte.

G) Naturnahe trockene Kalk-Buchenwälder, Seggen- und Blaugras-Buchenwald

Lebensraumtyp nach der FFH-RL: 9150

Beschreibung und gebietsspezifische Eigenschaften: die trockenen Kalk-Buchenwälder in der Umgebung des Ammersees lassen sich vielfach weder eindeutig dem mehr in den Tieflagen vorkommenden Seggen-Buchenwald (*Carici-Fagetum*) noch dem dealpin geprägten Blaugras-Buchenwald (*Seslerio-Fagetum*) der Montanregionen der Alpen und des Alpenvorlands zuordnen. Sie spiegeln oft Zwischenformen dieser beiden Gesellschaften wider und stocken auf kalkreichen, mäßig frischen bis trockenen, flachgründigen Böden. Im Umfeld des Ammersees handelt es sich vorwiegend um Pararendzinen über vorwiegend kiesig-sandigen Jungmoränen. Darüber hinaus besiedeln Seggen- und Blaugras-Buchenwälder gerne trockene Oberhangbereiche und Hangrippen in steilen Leitenhängen. Insbesondere bei Vorliegen einer süd(west)lichen Exposition sind im Gebiet Buchenwälder mit dominanter *Carex alba* anzutreffen.

Im Unterschied zu den auf frischeren Standorten angesiedelten Waldmeister- und Waldgersten-Buchenwäldern treten in der Bodenvegetation der Seggen- und Blaugras-Buchenwälder *Carex alba* und *C. montana* bestandsprägend hervor, höchstet beigemischt sind zudem *C. flacca* und *Sesleria caerulea*. Insbesondere in den Waldrandbereichen treten zudem *Convallaria majalis*, *Polygonatum odoratum*, *Primula veris*, *Cephalanthera damasonium* und seltener auch *C. rubra*, sowie einige *Erico-Pinion*-Arten wie *Polygala chamaebuxus* und *Calamagrostis varia* auf; dealpine Einflüsse in den Waldrandbereichen indizieren *Buphthalmum salicifolium* und bisweilen *Bellidiastrum michelii*, im Waldesinneren außerdem *Aposeris foetida* und *Lonicera alpigena*.

Für süd- und westexponierte trockene Kalk-Buchenwälder sind vorgelagerte *Trifolio-Geranietae*-Trockensäume mit *Laserpitium latifolium* und *Thesium bavarum* bezeichnend, als floristische Besonderheiten *Euphorbia angulata* und *Ranunculus breyninus*.

Pflanzengesellschaften: *Carici-Fagetum*, RL-D 3 (RENNWALD 2000b: 547); *Seslerio-Fagetum*, RL-D: nicht gefährdet (RENNWALD 2000b: 548).

Natürlichkeit, Nutzungseinflüsse: Ähnlich Waldmeister- und bei Waldgersten-Buchenwald. Die von Natur aus wesentlich selteneren Weißseggen- und Blaugras-Buchenwälder stocken häufig in der Umgebung des Ammersees in forstwirtschaftlich schwer nutzbaren Hanglagen, so dass in der östlichen Ammersee-Umgebung noch einige repräsentative, forstlich wenig überprägte Bestände erhalten sind.

5. Kurzbeschreibungen der Exkursionspunkte

Punkt 1: Parkplatz des Kloster Andechs, Startpunkt der Exkursion.

Punkt 2, Flächenhaftes Naturdenkmal Hirtwiese: Orchideenreicher Kalkmagerrasen an der Westflanke der Rückzugsendmoräne östlich von Andechs auf lehmig-kiesiger Pararendzina.

Pflanzengesellschaft: Silberdistel-Horstseggenrasen (*Carlino-Caricetum sempervirentis*) mit *Carex sempervirens* und relativ häufig auch *Sesleria caerulea* als Matrixbildner.

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Gräser und Grasartige: *Carex sempervirens*, *Brachypodium rupestre* und *Helictotrichon pratensis*; Kräuter: *Asperula tinctoria*, *Anthericum ramosum*, *Carduus defloratus*, *Chamaecytisus ratisbonensis*, *Crepis alpestre*, *Euphorbia angulata*, *Gentiana verna*, *Inula hirta*, *Gentiana verna*, *Lilium bulbiferum*, *Linum viscosum*, *Ophrys apifera*, *O. holoserica*, *Pulsatilla vulgaris*, *Ranunculus breyninus* und *Thesium rostratum*.

Punkt 3, Flächenhaftes Naturdenkmal Bäckerbichl: Mit Abstand der bedeutsamste Tumulus des Erling-Rothenfelder Tumulusfelds. An Süd- und Südwestseite trockenmöglicher Standort des Exkursionsgebiets auf flachgründiger Pararendzina auf hochdurchlässiger edaphischer Unterlage.

Pflanzengesellschaften: Graulöwenzahn-Erdseggenrasen (*Pulsatillo-Caricetum humilis*) an Süd(west)seite, Silberdistel-Horstseggenrasen an Nord(ost)seite.

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Grasartige: *Carex humilis* und *C. sempervirens*; Kräuter: *Acinos alpinus*, *Allium lusitanicum*, *Asperula tinctoria*, *Aster amellus*, *Carduus defloratus*, *Crepis praemorsa*, *Gentiana clusii*, *G. lutea*, *G. verna*, *Globularia bisnarica*, *G. cordifolia*, *Gymnadenia odoratissima*, *Inula hirta*, *Leontodon incanus*, *Lilium bulbiferum*, *Ophrys apifera*, *Pulsatilla vulgaris*, *Ranunculus breyninus*, *Teucrium montanum*, *Trifolium rubens* und *Gladiolus palustris* (angesalbt).

Punkt 4, Tumulus östlich des Bäckerbichl: Zweitgrößter Tumulus der Erling-Rothenfelder Tumulusfelds. Bodenprofil und edaphische Unterlage analog ND Bäckerbichl. Zu etwa 90 % seiner Fläche mit trockenen und frischen Kalk-Buchenwäldern bestockt; kleiner Trespenrasen an Südseite.

Pflanzengesellschaften: Seggen-Buchenwald (*Carici-Fagetum*) an Süd(west)seite, Waldgersten-Buchenwald (*Elymo-Fagetum*) an Nord(ost)seite.

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Gräser und Grasartige: *Carex alba* und *Elymus europaeus*; Kräuter: *Aposeris foetida* und *Symphytum tuberosum*.

Punkt 5: West- und Nordseite des Drumlins Mesnerbichl einschl. NSG Mesnerbichl: Der vegetationskundlich wertvollste Drumlin der Machtlfinger Drumlinfelds. An dessen Nordwestseite befindet sich das NSG Mesnerbichl.

Vorherrschender Bodentyp: Parabraunerde aus überwiegend schluffig-kiesiger Jungmoräne mit schluff-reicher Deckschicht (Bodentyp 30; GROTTENTHALER 1986: 206f.), zur Entkalkung neigend. Unterhang Westseite: infolge Tiefenerosion des benachbarten Kienbachs angeschnittener Schichtquellhorizont. Quellspeisung mit $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -haltigem Wasser, dort Bildung von Hang-Quellen-Gleyen und von Quelltorf-Bildung.



Abb. 8. Kreuzblumen-Borstgrasrasen über kalkarmen Decklehmschichten des Mesnerbichl-Westhangs (Biotop-Nr. 8033-1337-003). Auf dem Foto sind *Genista germanica*, *Polygala vulgaris*, außerdem Horste von *Nardus stricta* und *Festuca ovina* s. str. zu erkennen (Foto B. Quinger, 29.05.2017).



Abb. 9. Knollenkratzdistel-Pfeifengraswiese an der Nordseite des Mesnerbichls (Foto: B. Quinger, 13.06.2008).



Abb. 10. Sumpf-Gladiole (*Gladiolus palustris*) südlich des Mesnerbichls zur Blütezeit Ende Juni/Anfang Juli (Foto: B. Quinger, 26.06.2011).

Pflanzengesellschaften: im Ober- u. Mittelhang Kreuzblumen-Borstgrasrasen (*Polygalo-Nardetum*; Abb. 8), Mittelhang und Unterhang: Knollenkratzdistel- und Duftlauch-Pfeifengraswiese (*Cirsio tuberosi-Molinietum* und *Allio suaveolentis-Molinietum*; Abb. 9) sowie Mehlprimel-Kopfbinsenried (*Schoenetum ferruginei*).

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Gräser und Grasartige: *Festuca ovina* cf. s. str., *Helictotrichon pratensis*, *Carex hostiana*, *C. pulicaris*, *C. sempervirens* und *Schoenus nigricans*; Kräuter: *Anemonastrum narcissiflora*, *Arnica montana*, *Bistorta vivipara*, *Chamaecytisus ratisbonensis*, *Cirsium tuberosum*, *Crepis praemorsa*, *Euphorbia angulata*, *Gladiolus palustris* (Abb. 10), *Genista germanica*, *G. tinctoria*, *Gentiana lutea*, *G. utriculosa*, *Gymnadenia odoratissima*, *Hypochaeris maculata*, *Inula hirta*, *Pinguicula vulgaris*, *Polygala vulgaris*, *Scorzonera humilis* und *Thesium pyrenaicum*.

Punkt 6: Südwest- und Südseite des Drumlins Mesnerbichl: Bodensubstrate kalkreicher als an der West- und Nordseite, daher Vorkommen von Kalkmagerrasen; hochwertige Ökotope von Kalkmagerrasen in Oberhanglage über Pfeifengraswiesen zu Kopfried-Beständen in Unterhanglage.

Pflanzengesellschaften: im Oberhang Felsenzwenken-Trespen-Halbtrockenrasen (*Mesobrometum praealpinum*), Mittel- und Unterhang: Knollenkratzdistel- und Duftlauch-Pfeifengraswiese (*Cirsio tuberosi-Molinietum* und *Allio suaveolentis-Molinietum*) sowie Mehlprimel-Kopfbinsenried (*Schoenetum ferruginei*).

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Gräser und Grasartige: *Bromus racemosus* agg., *Helictotrichon pratensis*, *Carex hostiana* und *Schoenus nigricans*; Kräuter: *Dactylorhiza traunsteineri*, *Gladiolus palustris*, *Gentiana utriculosa*, *Gymnadenia odoratissima*, *Hypochaeris maculata*, *Inula hirta*, *Linum viscosum*, *Ophrys apifera*, *O. morio*, *Orobanche gracilis*, *Tephrosia helenites*, *Lotus maritimus*, *Trifolium alpestre* und *T. rubens*.

Punkt 7: Osthang des Drumlins Mesnerbichl: Ein kleines verbliebenes Naturdenkmal mit praealpinen Trespenrasen, auf Lehmböden sonst frische Artenreiche Mähwiesen.

Pflanzengesellschaften: praealpiner Trespen-Halbtrockenrasen (*Mesobrometum*, praealpine *Brachypodium rupestre*-Ausbildung). Wichtigster Matrixbildner: *Bromus erectus*. Außerdem Artenreiche Flachland-Mähwiesen (*Arrhenatherum*).

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Gräser: *Bromus racemosus* und *Helictotrichon pubescens*; Kräuter, in Halbtrockenrasen: *Crepis alpestris*, *C. praemorsa*, *Euphorbia angulata*, *E. verrucosa*, *Linum viscosum* und *Orchis morio*, sowie in Artenreicher Flachland-Mähwiese: *Filipendula vulgaris*.

Punkt 8: Naturdenkmal Obere Weiherwiese: Naturdenkmal mit Ökotonen aus praealpinen Trespenrasen, Pfeifengraswiesen und Kalkreichen Niedermooren sowie Vorkommen von praealpinen *Trifolio-Geranietea*-Säumen. Östlich des Naturdenkmals hochwertige Artenreiche Flachland-Mähwiesen in mäßig feuchter und trockener, jeweils in relativ nährstoffarmer Ausbildung (Abb. 11).

Pflanzengesellschaften: Oberhang mit Felsenzwenken-Trespen-Halbtrockenrasen (*Mesobrometum praealpinum*), Mittelhang und Unterhang mit Knollenkratzdistel- und Duftlauch-Pfeifengraswiese (*Cirsio tuberosi-Molinietum* und *Allio suaveolentis-Molinietum*), Davallseggenried (*Caricetum davallianae*); magere Flachland-Mähwiese (*Arrhenatheretum elatioris*).



Abb. 11. Magere Flachland-Mähwiese in trockenerer Ausprägung mit den auf dem Bild erkennbaren Magerzeigern Flaumhafer und Wiesen-Salbei sowie kennzeichnende Arten der Glatthaferwiesen wie Margerite und Acker-Witwenblume östlich des Naturdenkmals Obere Weiherwiese (Foto: B. Quinger, 27.05.2017).

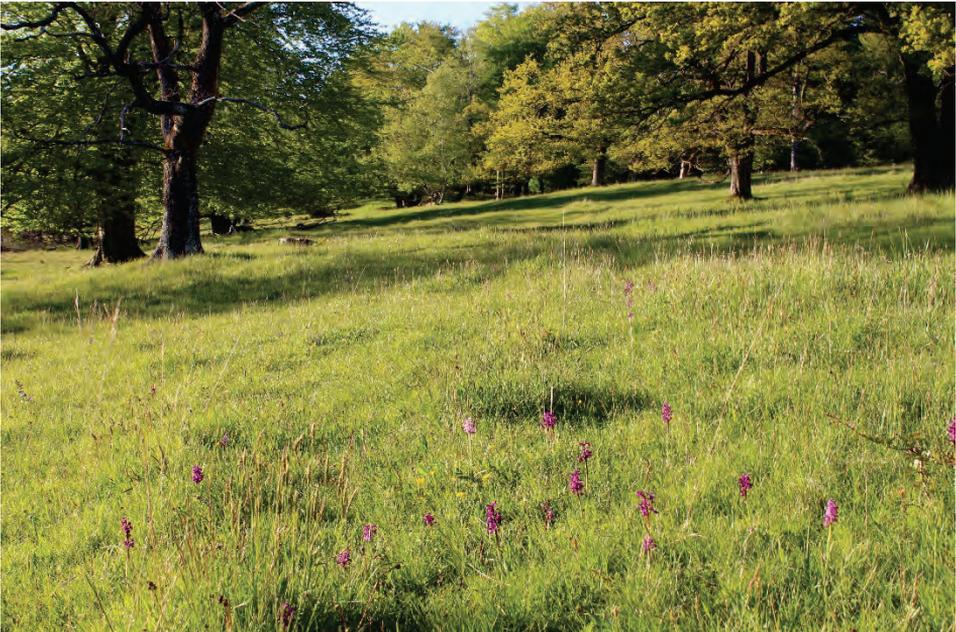


Abb. 12. Magere Rinderhutweide mit Kalkmagerrasen in den oberen Ammersee-Leitenhängen der „Pähler Hardt“ im Frühling mit Kleinem Knabenkraut (*Orchis morio*) (Foto: B. Quinger, 23.05.2021).

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Gräser und Grasartige: *Carex davalliana*, *Carex hostiana*, *C. sempervirens*, *Helictotrichon pratensis* und *H. pubescens*; Kräuter: *Euphorbia angulata*, *Gladiolus palustris*, *Gymnadenia odoratissima*, *Hypochaeris maculata*, *Inula hirta*, *Laserpitium latifolium*, *Lilium bulbiferum*, *Orobanche gracilis*, *Tephrosieris helenites*, *Lotus maritimus* und *Trifolium rubens*.

Punkt 9: Magere Rinderhutweiden im Betriebsgelände Hartschimmelhof mit besonderer Berücksichtigung der „Goaßlweide“: Durch Rinder beweidetes hängiges, west-exponiertes Gelände mit hochwertigen, Hutbaum-bestockten Magerrasen von über 3 ha auf kalkreicher Rückzugsendmoräne mit eingestreuten entkalkten Lehmlinsen (Abb. 12). Eine der Koppeln wurde seit Ende des Ersten Weltkriegs ununterbrochen mit einem gleichbleibenden Weideregime beweidet (erste drei bis vierwöchige Weideperiode ab etwa 15–20. Juni, zweite Periode etwa eineinhalbwöchig Ende September bis Anfang Oktober, jeweils mit relativ vielen Tieren und eher kurzen Weidezeiträumen). Auch im 19. Jahrhundert stets als Weidefläche, anscheinend nie oder nur sehr kurz als Mähwiese genutzt. Daher in langen Zeiträumen entwickelte weideangepasste Bodenvegetation. Es liegt eine genaue Beschreibung dieses Weidegeländes von QUINGER (2000) vor.

Pflanzengesellschaften: Felsenzwenken-Trespen-Halbtrockenrasen (*Mesobrometum praealpinum*), eingestreut Kreuzblumen-Borstgrasrasen (*Polygalo-Nardetum*) und stellenweise kalkreiche Weide-Buchenwälder (*Elymo-Fagetum*). Am Unterrand der Koppel infolge eines Schichtquellenaustritts den Verbänden *Molinion* und *Caricion davallianae* zuordenbare Bodenvegetation.

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Gräser und Grasartige: *Danthonia decumbens*, *Helictotrichon pratensis*, *Carex alba*, *C. hostiana*, *C. sempervirens* und *C. tomentosa*; Kräuter: *Antennaria dioica*, *Aposeris foetida*, *Arnica montana*, *Bistorta vivipara*, *Carduus defloratus*, *Chamaecytisus ratisbonensis*, *Cirsium tuberosum*, *Crepis alpestris*, *C. praemorsa*, *Euphorbia angulata*, *Genista germanica*, *G. tinctoria*, *Gentiana clusii*, *G. verna*, *Gymnadenia odoratissima*, *Hypochaeris maculata*, *Ophrys apifera*, *O. insectifera*, *Orchis mascula*, *O. morio*, *O. ustulata*, *Phyteuma orbiculare*, *Polygala vulgaris*, *Potentilla alba*, *Scorzonera humilis*, *Spiranthes spiralis*, *Lotus maritimus* und *Thesium pyrenaicum*.

Punkt 10: Quellstreuweise unmittelbar unterhalb der „Goaßlweide“: Quellige Hangstreuweise unterhalb des Schichtquellhorizonts am Unterrand der Goaßlweide; abschnittsweise hydrologisch verändert, teilweise aber noch hydrologisch intakt und ohne erkennbare Entwässerungsauswirkungen. Quellkalk-Torfe und Quellkalk-Antorfe (STEGMANN & SUCCOW 2001: 65) als Bodensubstrate im Wurzelhorizont der Vegetation.

Pflanzengesellschaften: Knollenkratzdistel- und Duftlauch-Pfeifengraswiesen (*Cirsio tuberosi*- und *Allio suaveolentis*-*Molinietum*), Kopfbinsenrieder mit Schwarzem und Rostrotem Kopfried (*Schoenetum nigricantis* und *Schoenetum ferruginei*), außerdem kleine Magerrasen-Fragmente.

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Grasartige: *Carex hostiana*, *C. lepidocarpa*, *C. sempervirens*, *Eleocharis quinqueflora*, *Schoenus nigricans*, *S. × intermedius* und *S. ferrugineus*; Kräuter: *Allium suaveolens*, *Bartsia alpina*, *Cirsium tuberosum*, *Gentiana clusii*, *G. pneumonanthe*, *G. utriculosa*, *G. verna*, *Gymnadenia odoratissima*, *Linum viscosum*, *Orchis mascula*, *O. morio*, *O. ustulata*, *Parnassia palustris*, *Pinguicula alpina*, *P. vulgaris*, *Primula farinosa*, *Ranunculus montanus*, *Scorzonera humilis*, *Serratula tinctoria*, *Silaum silaus*, *Spiranthes aestivalis*, *Lotus maritimus* und *Tofieldia calyculata*.

Punkt 11: Frischer Kalk-Buchenwald mit Weiß-Tanne unterhalb des Weidegeländes des Hartschimmelhofs: Naturnaher frischer Kalk-Buchenwald zwischen der Quellstreuwiese (s. Punkt 10) unterhalb der Goaßlweide und dem Großen Hangquellmoor im Nordosten des Betriebsgeländes Hartschimmelhof.

Pflanzengesellschaft: Waldgersten-Buchenwald (*Elymo-Fagetum*) mit eingestreuter Weiß-Tanne auf lehmig-kiesiger Pararendzina.

Bemerkenswerte Arten: *Abies alba*.

Punkt 12: Kalk-Hangquellmoor im Norden unterhalb des Weidegeländes des Hartschimmelhofs: Hydrologisch ungestörtes, ca. 380 m langes und bis zu 90 m breites Kalk-Hangquellmoor mit Quellkalk-Torfen und Quellkalk-Antorfen, stellenweise an Stellen mit rasch fließendem Wasser auch Kalktuff-Ausfällungen als Bodensubstrate im Wurzelhorizont der Vegetation (Abb. 13). Im Norden einige trockenere Hangrippen.

Pflanzengesellschaften: Quellmoor mit Dominanzbestände des Schwarzen Kopfrieds (*Juncus subnodulosi-Schoenetum nigricantis*), in geringerem Umfang auch des Rostroten Kopfrieds (*Schoenetum ferruginei*), vor allem in seinem südlichen Teil auch der Stumpfbültigen Binse (*Juncus subnodulosus-Gesellschaft*), kleinflächig auch Vorkommen der Gesellschaft der seltenen Armblütigen Sumpfbirse (*Eleocharitetum quinqueflorae*).

Bemerkenswerte Pflanzenarten: Grasartige: *Carex hostiana*, *C. davalliana*, *Eleocharis quinqueflora*, *Schoenus ferrugineus*, *S. nigricans* und *S. × intermedius*; Kräuter: *Bartsia alpina*, *Dactylorhiza ochroleuca*, *D. traunsteineri*, *Drosera anglica*, *Epipactis palustris*, *Gentiana clusii*, *G. utriculosa*, *Gymnadenia odoratissima*, *Liparis loeselii*, *Orchis ustulata*, *Pinguicula alpina*, *Primula farinosa*, *Spiranthes aestivalis* und *Tofieldia calyculata*.



Abb. 13. Großes Hangquellmoor in den oberen Ammerseeleiten-Hängen mit Brachestreifen. Frühlings-Aspekt mit Stängellosem Enzian (Foto: B. Quinger, 23.04.2020).

Punkt 13: Artenreiche Flachland-Mähwiese in den Oberhängen der Ammerseeleite westlich und südwestlich des Oberen Erlinger Weihers: Weiträumige vergleichsweise trockene Artenreiche Flachland-Mähwiesen mit niedriger Trophiestufe auf kiesig-lehmigen Pararendzinen der mehrere Kilometer langen Rückzugsendmoräne, deren Kammlinie die westliche Abdachung des Andechser Höhenrückens ins Ammerseebecken von seiner Hochfläche trennt.

Pflanzengesellschaften: Magere Artenreiche Flachland-Mähwiesen (*Arrhenatheretum elatioris*, Ausbildungen von Standorten niedriger Trophiestufe), in geringem Maße auch Trespe-Halbtrockenrasen (*Mesobrometum*) und *Laserpitium latifolium*-Trockensäume.

Bemerkenswerte Pflanzenarten in den Arrhenatherion-Wiesen: Gräser und Grasartige: *Briza media*, *Bromus erectus*, *Carex caryophylla*, *Festuca rubra* und *Helictotrichon pubescens*; Kräuter: *Ajuga genevensis*, *Campanula patula*, *C. rotundifolia*, *Centaurea jacea*, *C. scabiosa*, *Crepis mollis*, *Filipendula vulgaris*, *Knautia arvensis*, *Leucanthemum vulgare* agg., *Peucedanum oreoselinum*, *Phyteuma orbiculare*, *Ranunculus bulbosus*, *Salvia pratensis*, *Sanguisorba minor* und *S. officinalis*.

Bemerkenswerte Pflanzenarten der Trockensäume: Gräser und Grasartige: *Brachypodium rupestre*, *Calamagrostis varia*, *Carex humilis* und *C. tomentosa*; Kräuter: *Allium carinatum* subsp. *carinatum*, *Anthericum ramosum*, *Asperula tinctoria*, *Carlina acaulis*, *Chamaecytisus ratisbonensis*, *Epipactis atrorubens*, *Euphorbia angulata*, *E. verrucosa*, *Laserpitium latifolium* und *Tanacetum corymbosum*.

Punkt 14: Parkplatz des Kloster Andechs, Endpunkt der Exkursion.

Literatur

- BAYFORKLIM (1996): Klimaatlas von Bayern. – Bayerischer Klimaforschungsverbund c/o Meteorologisches Institut der LMU München (Hrsg.), München: 47 pp.
- BRESINSKY, A. (1965): Zur Kenntnis des circumalpinen Elements im Vorland nördlich der Alpen. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 38: 5–64.
- CASPARI, S., DÜRHAMMER, O., SAUER, M. & SCHMIDT, C. (Hrsg.) (2018): Rote Liste der Moose (*Anthocerotophyta*, *Marchantiophyta* und *Bryophyta*) Deutschlands. – Naturschutz Biol. Vielfalt 70(7): 361–489.
- DU RIETZ, E. (1954): Die Mineralbodenwasserzeigergerne als Grundlage einer natürlichen Zweigliederung der Nord- und Mitteleuropäischen Moore. – Vegetatio 5/6: 571–585.
- GRADMANN, R. (1950): Pflanzenleben der Schwäbischen Alb. Band 1. 4. Aufl. – Schwäb. Albverein, Stuttgart: 449 pp.
- GROTTENTHALER, W. (1986): Böden aus Jungmoränen. – In: FETZER, K.D., GROTTENTHALER, W., HOFMANN, B., JERZ, H., RÜCKERT, G., SCHMIDT, F. & WITTMANN, O.: Standortkundliche Bodenkarte von Bayern 1:50000. München – Augsburg und Umgebung: 194–225. – Bayer. Geol. Landesamt, München (Hrsg.).
- HÄUPLER, H. & SCHÖNFELDER, P. (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. – Ulmer-Verlag, Stuttgart: 768 pp.
- JÄGER, E.J. (Hrsg.) (2016): Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 21. Aufl. – Springer Spektrum, Heidelberg: 930 pp.
- JERZ, H. (1993): Geologie von Bayern II. Das Eiszeitalter in Bayern. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 243 pp.
- KARRER, G & EWALD, J. (2000): *Euphorbia angulata* Jacq. – eine übersehene Art in den Magerrasen des Ammer-Loisach-Hügellandes. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 69/70: 133–145.
- KLÖTZLI, F. (1969): Die Grundwasserbeziehungen der Streu- und Moorwiesen im nördlichen Schweizer Mittelland. – Beitr. zur Geobot. Landesaufnahme der Schweiz 52. – Verlag Hans Huber, Bern: 296 pp.

- KONOLD, W. & HACKEL, A. (1990): Beitrag zur Geschichte der Streuwiesen und der Streuwiesenkultur im Alpenvorland. – Zeitschr. f. Agrargeschichte u. Agrarsoziologie 38 (2): 176–191.
- KÜSTER, H. (1995): Postglaziale Vegetationsgeschichte Südbayerns, geobotanische Studien zur prähistorischen Landschaftskunde. – Akademie-Verlag, Erfurt: 372 pp.
- LUTZ, J.L. & PAUL, H. (1947): Die Buckelwiesen bei Mittenwald. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 27: 98–138.
- METZING, D., GARVE, E. & MATZKE-HAJEK, G. (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Tracheophyta) Deutschlands. – Naturschutz Biol. Vielfalt 70(7): 13–358.
- MEUSEL, H. & JÄGER, E.J. (1992): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, Band III. – Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart: 687 pp.
- MEUSEL, H., JÄGER, E., RAUSCHERT, S. & WEINERT, E. (1978): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, Band II. – Gustav-Fischer-Verlag, Jena: 421 pp.
- MEUSEL, H., JÄGER, E. & WEINERT, E. (1965): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, Kartenband zu Band I. – Gustav-Fischer-Verlag, Jena: 258 pp.
- MEYER, R. & SCHMIDT-KALER, H. (1997): Wanderungen in der Erdgeschichte (9): Auf den Spuren der Eiszeit südlich von München, westlicher Teil. – Pfeil-Verlag, München: 126 pp.
- MEYNEN, E., SCHMITHÜSEN, J., GELLERT, J., NEEF, E., MÜLLER-MINY, H. & SCHULZE, J.H. (1953–1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands, 1. Lieferung: 77–96. – Bad Godesberg.
- MÜLLER, N. (1990): Das Lechtal – Zerfall einer übernationalen Pflanzenbrücke. – Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben 89(1): 26–39.
- OBERDORFER, E. (1977): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil I. 2. Aufl. – Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart: 311 pp.
- OBERDORFER, E. (1978): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil II. 2. Aufl. – Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart: 355 pp.
- OBERDORFER, E. (1983): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil III: Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften. 2. Aufl. – Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart: 455 pp.
- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil IV: Wälder und Gebüsche. 2. Aufl. – Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart: 282 pp.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 8. Aufl. – Ulmer-Verlag, Stuttgart: 1051 pp.
- QUINGER, B. (2000): Magerrasen-artige Rinderhutweiden des mittleren Bayerischen Alpenvorlandes mit besonderer Berücksichtigung der Weideflächen des Hartschimmelhofes im südöstlichen Ammerseeraum zwischen Andechs und Pähl. – Laufener Seminarbeitr. 4/00: 83–136.
- QUINGER, B., BRÄU, M. & KORNPÖBST, M. (1994a) Lebensraumtyp Kalkmagerrasen. – Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.1. – Bayer. Staatsministerium f. Landesentwicklung und Umweltfragen und Bayer. Akad. f. Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg.): 266 pp.
- QUINGER, B., BRÄU, M. & KORNPÖBST, M. (1994b) Lebensraumtyp Kalkmagerrasen. – Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.1. – Bayer. Staatsministerium f. Landesentwicklung und Umweltfragen und Bayer. Akad. f. Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg.): 267–518 pp.
- RENNWALD, E. (2000a): Verzeichnis der Pflanzengesellschaften Deutschlands mit Synonymen und Formationseinteilung. – Schriftenr. Vegetationskd. 35: 121–391.
- RENNWALD, E. (2000b): Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands mit Anmerkungen zur Gefährdung. – Schriftenr. Vegetationskd. 35: 393–592.
- SCHUEERER, M. & AHLMER, W. (2003): Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. – Schriftenr. Bayer. Landesamt Umweltschutz 165: 1–372.
- SCHÖNFELDER, P. & BRESINSKY, A. (1990): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. – Ulmer Verlag, Stuttgart: 752 pp.
- STEGMANN, H. & SUCCOW, M. (2001): Ablagerungen in Quellmooren. – In: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H.: Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 621 pp.
- TROLL, K. (1926): Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der Deutschen Alpen, Oberflächengestalt, ihre Vegetation und ihr Landschaftscharakter. – Forsch. Dtsch. Landes- u. Volkskd. 24: 161–251.
- TROLL, W. (1926): Die natürlichen Wälder im Gebiete des Isarvorland-Gletschers. – Mitt. Geogr. Ges. München 19.

- TÜXEN, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. – *Angew. Pflanzensoz.* 13: 5–42.
- WALTER, H. & STRAKA, H. (1970): *Arealkunde, Floristisch-historische Geobotanik*. 2. Aufl. – Ulmer-Verlag, Stuttgart: 478 pp.
- WARNKE-GRÜTTNER, R. (1990): *Ökologische Untersuchungen zum Nährstoff- und Wasserhaushalt in Niedermooren des westlichen Bodenseegebiets*. – *Diss. Bot.* 148: 1–213.
- WELK, E. (2002): *Arealkundliche Analyse und Bewertung der Schutzrelevanz seltener und gefährdeter Gefäßpflanzen Deutschlands*. – *Schriftenr. Vegetationskd.* 37: 1–337.

Artenreiche Wälder des bayerischen Alpen-Nordrandes oberhalb von Benediktbeuern

Anton Fischer^{1,2}

¹*Weierweg 1, 85617 Aßling;*

²*Fachgebiet Geobotanik, TUM School of Life Sciences,*

Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising

E-mail: antonf@t-online.de

Zusammenfassung

Der Nordrand der Bayerischen Alpen wird zum einen (oft) von Flysch-Gesteinen gebildet mit abgerundeten Bergen von Mittelgebirgscharakter sowie nach Süden folgend von Kalkalpin, oft Wettersteinkalk mit markanten, scharf geformten Bergen (z. B. Benediktenwand, 1800 m NN). Im Gegensatz zum vorgelagerten Flachland sind die Niederschläge ganzjährig hoch, an der Benediktenwand bis deutlich über 2000 mm. Des kleinräumigen geologischen Wechsels und des ausgeprägten Reliefs wegen ändert sich das vielseitige Standortmosaik oft auf kurze Distanz grundlegend. Hinzu kommen glaziale Geländestrukturen. Die Nordflanke der Benediktenwand einschließlich der Vorbergzone ermöglicht auf kurzer Wanderstrecke einen Einblick in die vielseitigen Waldgesellschaften des Nordrandes der Bayerischen Alpen. Zum Abschluss der Exkursion Diskussion der möglichen Änderungen des Vegetationsmosaiks im Zuge des Klimawandels auf Basis aktueller Modellierungen.

Geologische Merkmale: Reissenbildung in glazialen Staubeckensedimenten, ehemalige Fernmoräne, ehemalige Lokalmoräne, Kössener Schichten des Flysch, Wettersteinkalk, Hochmoor.

Folgende Waldgesellschaften werden im Rahmen der Exkursion vorgestellt:

- Karbonat-Bergmischwald (*Lonicero alpigenae-Fagetum*) in verschiedenen Ausbildungen (incl. früherem *Aceri-Fagetum*)
- Labkraut-Tannenwald (*Galio rotundifolii-Abietetum equisetetosum*)
- Moor-Fichtenwald (*Bazzanio-Piceetum*)
- Spirken-Hochmoor (*Pino-Sphagnetum*)
- *Carex remota*-*Alnus incana*-Gesellschaft (*Alno-Ulmion*)
- Bergmischwald auf saurem Substrat (*Luzulo-Abietetum*)
- Bei Tutzingener Hütte: *Seslerio-Caricetum sempervirentis*, *Rumicetum alpini*

1. Einführung in das Exkursionsgebiet

Exkursionsgebiet: Nördlich der Benediktenwand oberhalb von Benediktbeuern

Vegetationstypen: Waldgesellschaften des Alpennordrandes, 1000–1325 m NN

1.1 Lage und Geographie

Deutschland hat nur einen sehr kleinen Anteil an den Alpen, aber immerhin gehört der südlichste Teil Bayerns zu den Alpen. Die markanten Berge der von Norden aus gesehen ersten Bergreihe wie Kampenwand, Wendelstein und Benediktenwand werden von



Abb. 1. Die markante Wettersteinkalk-Steilwand der Benediktenwand (1800 m NN), gesehen von der Eibelsfleckalm aus (Foto: A. Fischer, 1989).



Abb. 2. Blick von der Benediktenwand nach Süden über die Hauptdolomitzone zum Karwendelgebirge (erneut Wettersteinkalk) (Foto: A. Fischer, 1989).

Wettersteinkalk (oft zusammen mit Hauptdolomit) gebildet. Südlich daran anschließend, meist schon zu Österreich gehörend, folgt großflächig der Hauptdolomit, der im Gegensatz zum Wettersteinkalk meist weniger schroffe Berge bildet (Abb. 1 und 2).

Diesen Bergen aus kalkalpinem Material vorgelagert ist eine sog. Vorbergzone, gebildet aus Gesteinen des Flysch; sie bleibt deutlich niedriger und vermittelt den Charakter kleiner, abgerundeter Berge eines Mittelgebirges, z. B. der Dandelberg südlich von Rosenheim oder der Blomberg westlich von Bad Tölz.

Weiter nördlich schließt der Molasse-Trog an, der bis zur Schwäbischen und Fränkischen Alb reicht. In der Nähe der Alpen ist davon aber nur an wenigen Stellen etwas unmittelbar sichtbar, denn in den Eiszeiten reichten die Gletscher bis weit ins Alpenvorland hinaus und hinterließen mächtige Grundmoränen, die der Molasse aufliegen. Die Endmoränen der letzten (Würm-)Eiszeit sind im Gelände noch heute deutlich als langgestreckte Hügelketten zu erkennen, so zwischen Starnberg und Gauting (ehemaliger Isar-Loisach-Gletscher) sowie bei Aying oder Eglharting (ehemaliger Inn-Gletscher). In der vorletzten Eiszeit (Riss) reichten die Gletscher noch etwas weiter nach Norden; diese aus lockerem Moränenmaterial bestehenden ehemaligen Hügelketten sind mittlerweile weitgehend abgetragen, so dass sich nur noch leichte Stufen im Gelände finden, z. B. bei Zorneding.

Beim Aufschieben südlicher Gesteinsmassen nach Norden wurde die nahe gelegene Molasse faltenartig aufgeworfen und wird als Faltenmolasse bezeichnet. Ein solches Band der Faltenmolasse beginnt am Kochelsee und erstreckt sich von dort Richtung Osten bis Bad Tölz.

Wo beginnen also die Alpen? – Das hängt von der Definition ab! Geologisch könnte man die Alpen mit den kalkalpinen Gesteinen Hauptdolomit und Wettersteinkalk beginnen lassen, geomorphologisch mit dem Anstieg der Berge aus dem Alpenvorland (wobei die Vorbergzone einbezogen wäre), oder dynamisch mit den ersten sichtbaren Folgen der Alpenauffaltung, also mit der Faltenmolasse.

Im Bereich der Benediktenwand (1800 m NN) bei Benediktbeuern ist die gesamte Abfolge von Faltenmolasse über Flysch bis zum Kalkalpin auf kurzer Distanz beieinander. Das auf der Exkursion zu Fuß zu erkundende Gebiet reicht von 1025 m NN auf Flysch bis auf 1325 m NN auf Wettersteinkalk und bezieht zahlreiche glaziale Formen mit ein.

Das Gebiet wird forstlich genutzt (Forstbetrieb Bad Tölz). Ziel ist es, wertvolles Holz zu erzeugen, dabei aber stets die natürlichen Grenzen zu beachten, also nachhaltig zu wirtschaften. Dazu gehört auch, die Wildbestände so zu regulieren, dass sie die spontane Waldregeneration nach Holzernte nicht stören. Das scheint, wie die Exkursion zeigen wird, auch tatsächlich zu funktionieren.

1.2 Geologie

Die komplizierte Geologie der Alpen und des Alpenvorlandes ist in der „Geologischen Karte von Bayern 1:500.000“ (BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT 1981) dargestellt und erläutert; darauf bezieht sich die stark vereinfachte und schematisierte Darstellung in Abbildung 3.

Molasse

Beim nordwärts Schieben der Afrikanischen auf die Europäische Kontinentalplatte wurde letztere im Eozän und Oligozän (Tertiär) abgesenkt. Der sich bildende Trog wurde sukzessive mit Erosionsmaterial der sich auftürmenden Alpen verfüllt. Der geologische Sedimenttrog erstreckt sich von den Alpen bis nördlich an die Schwäbische und Fränkische Alb und vom

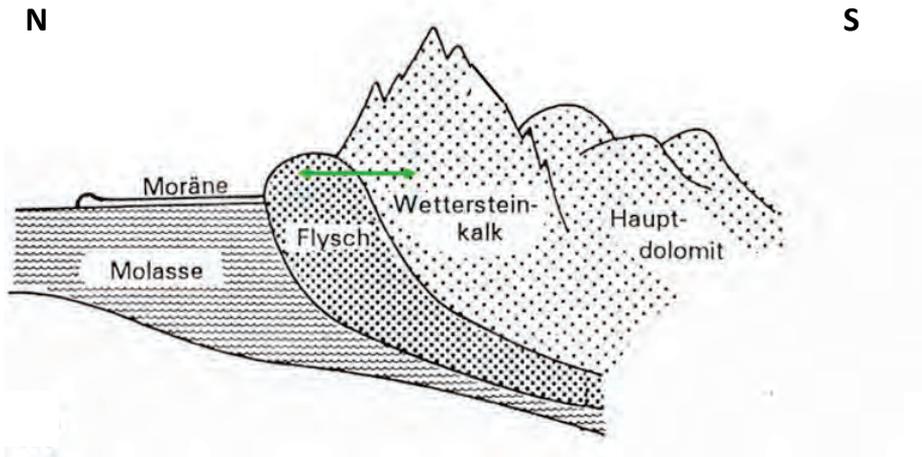


Abb. 3. Schematisierter Überblick über die Geologie und Geomorphologie des Alpennordrandes (verändert nach BAYERISCHES GEOLOGISCHE LANDESAMT 1981). Grün markiert: Exkursionsbereich.

Bodensee bis nach Passau. Teils wurden die Sedimente in Süßwasser abgelagert, teils war der Trog Teil eines Meeres (Süßwasser- bzw. Meeresmolasse). Die Molasse-Sedimente sind deshalb sehr vielgestaltig mit Schottern, Sanden und Lehmen verschiedenster Ausdehnung, unterschiedlicher Verdichtung und chemischer Zusammensetzung. Die älteren Molasse-Ablagerungen nahe des damaligen Alpenrandes wurden von den von Süden her nordwärts drängenden Gesteinspaketen überfahren, so dass sie in Bohrungen unter(!) dem Kalkalpin nachweisbar sind. Im Prozess des nordwärts Schiebens wurde die Molasse nahe des Alpenrandes gestaucht und gefaltet, aufgeschlossen z. B. am Einschnitt der Autobahn A95 wenig nördlich von Sindelsdorf. Im Tertärhügelland, z. B. bei Freising, bildet die Molasse die aktuelle Hügellandschaft.

Flysch

Als Flysch bezeichnet man Ablagerungen in einem Trog, der sich bereits zu Beginn der Kreidezeit einzusenken begann. Flysch-Material wurde von der Kreide bis ins Alttertiär abgelagert. Es ist einerseits stärker gesteinsartig verfestigt als die Molasse, andererseits vielgestaltiger. Oft karbonatreich, gibt es aber auch schiefrig-silikatische sowie mergelige Bereiche. Einige Ablagerungen verwittern leicht zu schwerem Ton (Kössener Schichten). Der Begriff „Flysch“ stammt aus der Schweiz und bezeichnet schiefrig zerbröckelndes, leicht verwitterbares Material. Entsprechend dieser Charakteristik sind Flysch-Berge stets abgerundet.

Kalkalpin

Noch älter ist das Kalkalpin, also Ablagerung ab Trias (ältester Abschnitt des Erdmittelalters) über Jura bis beginnende Kreide. In den Bayerischen Alpen flächig bedeutsam sind Wettersteinkalk und Hauptdolomit. Wettersteinkalk (benannt nach dem Wettersteingebirge, wo er besonders mächtig ansteht) besteht überwiegend aus Kalziumcarbonat und zeigt deshalb Verkarstungsmerkmale. Im Exkursionsgebiet besteht die markante Nordwand der Benediktenwand aus Wettersteinkalk. Beim Hauptdolomit ist Kalziums teilweise durch Magnesium

ersetzt; das Gestein ist ausgesprochen spröde und hart, erosionsbeständig und wegen geringerer Löslichkeit weniger zur Verkarstung neigend. Im erweiterten Exkursionsgebiet schließt der Hauptdolomit südlich an den Wettersteinkalk an; er hat dort eher Mittelgebirgscharakter. Vom Gipfel der Benediktenwand aus blickt man nach Süden über diese Hauptdolomit-Zone, an die sich am Horizont das Profil des Karwendelgebirges anschließt, welches wiederum aus Wettersteinkalk besteht (Abb. 2).

Glaziale Strukturen und Materialien

Die Bayerischen Alpen sowie deren Vorland waren in den Eiszeiten zu erheblichen Teilen vergletschert. Auch im Exkursionsgebiet sind die Lagen unter gut 1000 m NN glazial geprägt, und in der Mulde der heutigen Tutzinger Hütte nördlich der Benediktenwand-Steilwand lag ein Lokalgletscher.

Die landschaftsprägende glaziale Erscheinung im Exkursionsgebiet war der Isar-Loisach-Gletscher, der über das Walchenseebecken, die Kesselbergstufe und das Kochelseebecken nach Norden ins Alpenvorland austrat und sich dabei östlich weit ausbreitete. Er reichte im Exkursionsgebiet bis in eine Höhe von gut 1000 m NN. Die Eis- und Geröllmassen des Gletschers „plombierten“ den Talzug nördlich der Benediktenwand auch noch während des Abschmelzens. Alle Sedimente, die an der Benediktenwand-Nordseite entstanden, blieben hinter diesem Gletscherpfropfen gefangen und lagerten sich als Staubeckensedimente ab. Das heutige Lainbachtal hat sich in dieses lockere Schuttmaterial eingefressen. Mit Beginn der Landnutzung nach der Gründung des Klosters Benediktbeuern (Holznutzung, Waldweide) kam es zu massiver Erosion in diese Staubeckensedimente, sogenannte „Reissenbildung“. Der Gurnberg zwischen Gurnmoos und Eibelsfleckalm ist ein Teil der Seitenmoräne des Gletschers.

An zwei Stellen sind die heutigen Pässe zwischen Isar-Loisach-Tal einerseits und Inntal andererseits so niedrig, dass der Inngletscher am Fernpass und Seefelder Sattel über sie hinüberreichen konnte (letzterer maßgeblich für das Exkursionsgebiet). Auf den Isar-Loisach-Gletscher (der kalkige Sedimente transportierte) legte sich also Gletschermaterial, das aus den Zentralalpen stammte und Sedimente aus den Zentralalpen mitbrachte: Gneise und Granite.

Die Benediktenwand (wie weitere Berge der bayerischen Nördlichen Kalkalpen) oberhalb gut 1000 m NN ragte aus diesem überregionalen Gletschernetz heraus. Es gab oberhalb dieses „Ferneismeres“ lokale Gletscher, die des geringen Einzugsgebiets wegen nur kurze Gletscherzungen bildeten und z. T. nicht einmal den Ferngletscher erreichten. Im Alpenvorland waren mächtige Gletscherloben entwickelt, die zum Beispiel bis nördlich von Starnberg reichten. Das anstehende Material ist deshalb dort Grundmoräne.

1.3 Klima

Zur Veranschaulichung der klimatischen Situation Bayerns und insbesondere des bayerischen Alpenrandes siehe BAYFORKLIM (1996).

Niederschlag

Vom Norden Bayerns nach Süden steigen die Niederschläge schrittweise an: Würzburg 560 mm, Nürnberg 743 mm, München 935 mm, Benediktbeuern 1581 mm (CLIMATE-DATA.ORG o. J.). Grund ist die Alpenkette, die sich den oft aus nordwestlicher Richtung kommenden Luftmassen als Hindernis entgegenstellt: die Luftmassen müssen aufsteigen, kühlen dabei ab und regnen aus. An der Eibelsfleckhütte (1035 m NN) gibt es etwa 2200 mm

Jahresniederschlag (EWALD & FISCHER 1993), unmittelbar an der Steilwand der Benediktenwand können es bis zu 2900 mm sein (Geographisches Institut LMU, mündliche Mitteilung). Selbst in Benediktbeuern in 640 m Meereshöhe fallen von März bis September monatlich über 100 mm Niederschlag, in den Sommermonaten Mai bis August sogar über 175 mm (CLIMATE-DATA.ORG o. J.). Dabei kann es zu lokalen Extremniederschlägen kommen. Am 3. Juni 1990 fielen im Bereich der Nordseite der Benediktenwand über dem Einzugsgebiet des kleinen Lainbachs in 15 bis 30 min etwa 100 mm Niederschlag; im Lainbachtal wurden daraufhin Blöcke von 200 Zentnern transportiert (mündliche Mitteilung des Geographischen Instituts LMU, das damals dort Erosionsstudien durchführte).

Temperatur

In jedem Gebirge sinken die Temperaturen mit zunehmender Höhe. Die feucht-adiabatische Temperatursenkung beträgt 0,5 bis 0,6 °C pro 100 Höhenmeter. Benediktbeuern (rund 640 m NN) hat eine Jahresmitteltemperatur von 7,3 °C; daraus ergibt sich für die Eibelsfleckhütte (rund 1040 m NN) eine Jahresmitteltemperatur von 5,1 °C und für die Tutzingener Hütte (rund 1340 m NN) von 3,8 °C (das entspricht Joensuu in Südostfinland).

Konsequenzen für die Vegetation

Für die Vegetation bedeutet das:

- (1) Mit zunehmender Höhe wird es im Exkursionsgebiet (wie in allen Gebirgen) kälter. Der von Buche dominierte Wald Mitteleuropas außerhalb der Alpen wird am Alpenrand deshalb zunächst durch Tanne bereichert und dann zunehmend auch durch Fichte. Ebenso ist der Berg-Ahorn ein regelmäßiger Begleiter dieses aus vier Hauptbaumarten bestehenden Bergmischwaldes.
- (2) In der Vegetationsperiode regnet es häufig, und zwar je höher, desto mehr. Selbst in den Tieflagen des Exkursionsgebietes (bei Benediktbeuern) ist im Jahresverlauf nie mit einer längeren Trockenperiode zu rechnen, mit zunehmender Meereshöhe noch viel weniger. Trockenheit ist also für die Pflanzen des Bergmischwaldes kein Thema, und sie entwickeln daher relativ große und dünne Blätter, z. B. *Veronica urticifolia* und *Salvia glutinosa*.
- (3) Wo es bei niedrigen Temperaturen (= geringe Evapotranspiration) viel und häufig regnet, können sich an geeigneten Geländestrukturen (Mulden) Hochmoore bilden.
- (4) Im Exkursionsgebiet ist oberhalb des Bergmischwald-Gürtels mit einem Fichtenwald-Gürtel zu rechnen. Die Waldgrenze liegt im Westen der bayerischen Alpen bei 1600 bis 1700 m NN und steigt im kontinentaleren Osten Bayerns auf 1900 m NN (BAYERISCHE STAATSFORSTEN 2018); an der Benediktenwand dürfte sie um die 1800 m NN und damit gerade im Gipfelbereich liegen.

1.4 Böden

Wegen der Vielzahl an geologischen Substraten bei großer Variabilität an Exposition und Inklination auf kurzer Strecke und des steilen Höhengradienten kommt am Alpenrand eine Vielzahl verschiedener Bodentypen vor, oft räumlich unmittelbar benachbart. Sie reichen von verbraunten Rendzinen, Syrosemrendzinen und stellenweise Tangelrendzinen über Braunerden bis zu Hang- und Anmoorgleyen sowie Niedermoor und Hochmoor.

1.5 Waldgesellschaften im Landschaftsgefüge

Die Vegetation des Exkursionsgebiets ist Ausdruck der genannten abiotischen Standortfaktoren. Einige (wenigstens potentiell) flächig im bayerischen Alpenvorland und in den bayerischen Kalkalpen vorkommenden Waldgesellschaften, die für das Exkursionsgebiet und seine weitere Umgebung kennzeichnend sind, werden in Abbildung 4 zusammengestellt erläutert. Eine ausführliche Darstellung der Vegetation des Exkursionsgebietes geben EWALD & FISCHER (1993; hierauf beziehen sich auch einige der Darstellungen der Exkursionspunkte), eine ausführliche Darstellung der Bergmischwälder der Bayerischen Alpen EWALD (1997) und eine systematisierte Übersicht über die natürlichen Waldgesellschaften Bayerns WALENTOWSKI et al. (2004).

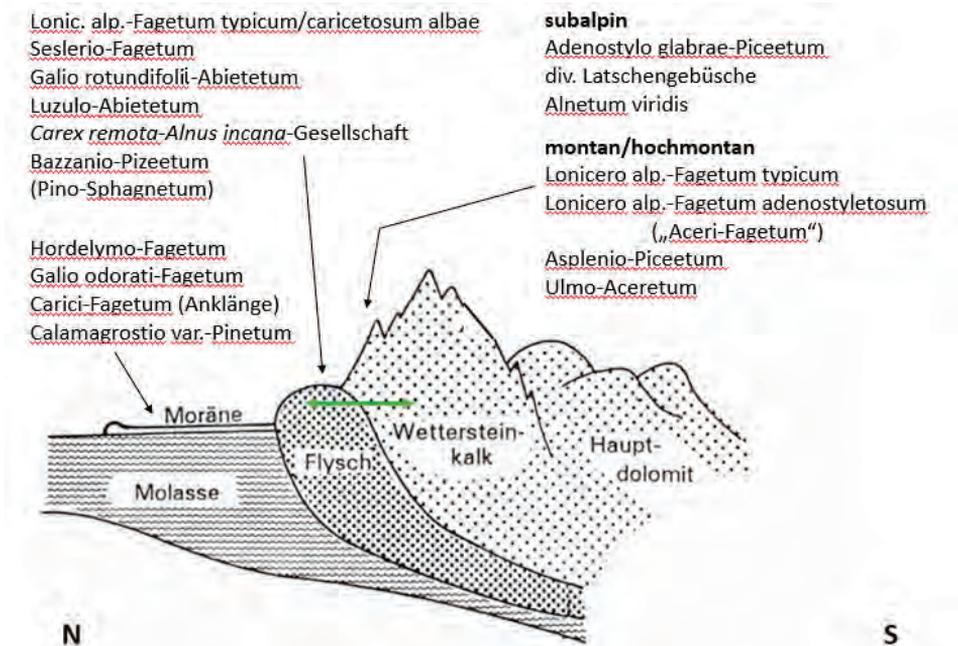


Abb. 4. Die wichtigsten Waldgesellschaften des bayerischen Alpennordrandes im geologisch-geomorphologischen Kontext.

Vegetation der Moränenlandschaft des Alpenvorlandes

Die End- und Seitenmoränen des Isar-Loisach-Gletschers repräsentieren, des basischen Substrats wegen, überwiegend *Hordelymo-Fagetum*-, stellenweise auch *Galio odorati-Fagetum*-Standort. Wälder nehmen dort aber nur einen Teil der aktuellen Kulturlandschaft ein und werden, falls vorhanden, mit Ausnahme einzelner Naturwaldreservate durchgehend forstlich genutzt. An Stellen, an denen sich Flüsse (z.B. die Isar) in die Moränenwälle eingeschnitten und dabei steile Hänge aus basischem Moränenmaterial geschaffen haben, kommt kleinflächig das *Carici-Fagetum* vor, allerdings nur an südexponierten steilen Hängen und wegen der überdurchschnittlich hohen Niederschläge und des Moränenmaterials nur ansatzweise. Entlang der Isar haben sich nacheiszeitlich ausgedehnte Umlagerungsbereiche gebildet; sofern nicht von Hochwässern tangiert, entstanden dort mehr oder weniger

ausgedehnte Kiefernwälder des Verbandes *Erico-Pinion*. Bekanntes Beispiel sind die Schneehede-Kiefernwälder im Naturschutzgebiet Pupplinger Au bei Wolfratshausen (SEIBERT 1958). Die heutige Bezeichnung dieser Waldgesellschaft ist *Calamagrostio variaie-Pinetum sylvestris* (Randalpischer Buntreitgras-Kiefernwald; HÖLZEL et al. 1996). Die Exkursion schließt diese Landschaft nicht mit ein.

Vegetation des Flysch

Die Flysch-Zone ist, wie oben erwähnt, hinsichtlich Geologie und Geomorphologie besonders vielseitig, was nicht nur an den verschiedenen Gesteinsmaterialien liegt, sondern zusätzlich noch durch glaziale Überformung verstärkt wird.

Das für Kalksubstrat in montaner Lage eigentlich kennzeichnende *Hordelymo-Fagetum* wird hier ersetzt durch das *Lonicero alpigenae-Fagetum*. Dieses kann als *Hordelymo-Fagetum* angesehen werden, das in der Kraut- und Strauchschicht – zusätzlich zu den Waldbodenpflanzen des *Hordelymo-Fagetum* – Arten besitzt, die wegen des sehr ausgeglichenen Wasserhaushalts hier gedeihen können (*Lonicera alpigena*, *Salvia glutinosa*, *Veronica urticifolia*). Zudem besteht die Baumschicht nicht (fast) nur aus Buche, sondern aus Buche, Tanne, Fichte und Berg-Ahorn. Auf Felsrippen mit flachgründigen Böden tritt die Subassoziation *Lonicero alpigenae-Fagetum caricetosum albae* (mit *Carex alba*) auf, auf tiefergründigen Böden die Subassoziation *typicum*. Ab etwa 1000 m NN gibt es eine hochmontane Ausbildung mit *Saxifraga rotundifolia* und *Streptopus amplexifolius*.

An steilen Flysch-Felsen fast ohne Bodenauflage tritt kleinflächig das *Seslerio variaie-Fagetum* (mit *Sesleria varia*, *Dryas octopetala* und weiteren Arten der alpinen Stufe) auf, korrespondierend zum *Carici-Fagetum* außerhalb der Alpen.

Kennzeichnend für die schweren Tonböden der Kössener Schichten ist das *Galio rotundifolii-Abietetum* in der wechselfeuchten Ausbildung mit *Equisetum sylvaticum* (*G.-A. equisetetosum*). Die Artenkombination umfasst sowohl *Galio odorati-Fagion*-, *Fagetalia*- und *Quercu-Fagetea*-Arten als auch *Vaccinio-Piceetea*-Arten und zusätzlich Feuchte- bis Nässezeiger. Die Tanne wächst hier sehr gut, auch aus forstlicher Sicht.

In Muldenlagen haben sich nach der Eiszeit Moore entwickelt. Zum einen werden sie beherrscht von Moor-Fichtenwäldern (*Bazzanio-Piceetum*), zum anderen von Spirken-Moorvegetation (*Pino rotundatae-Sphagnetum*). Im Übergangsbereich vom Moor zur Umgebung gibt es an sicherfrischen Stellen Bestände des Verbandes *Alno-Ulmion*.

Ungewöhnlich in der von Kalk geprägten Landschaft sind Vorkommen des *Luzulo-Abietetum*, das sauren Untergrund anzeigt. In der Tat kommt diese Gesellschaft auf der höchsten Seitenmoräne des Isar-Loisach-Gletschers vor, also der bereits beschriebenen „Fernmoräne“.

Vegetation des Kalkalpin auf Wettersteinkalk

In der montanen Stufe am Fuße der ersten Wettersteinfelsen kommt erneut das *Lonicero alpigenae-Fagetum typicum* (Höhenausbildung) vor. In geschützten Muldenlagen (Pfad beim Aufstieg zur Tutzinger Hütte) werden im Winterhalbjahr größere Schneemengen abgelagert. Diese verbessern zum einen den Wasserhaushalt, führen aber auch zu Schneerutschen. Fichte und selbst Buche treten hier zurück; der Berg-Ahorn kann sich den Schneebewegungen am besten anpassen (Säbelwuchs), tritt hier also besonders häufig auf. Mit dem Wind wird auch Laub und andere organische Masse eingeweht, so dass nicht nur der Wasser-, sondern auch der Nährstoffhaushalt (insbesondere Stickstoff) sehr günstig ist. Zu den Arten des *Lonicero*

alpigenae-Fagetum treten deshalb zahlreiche Hochstauden (z.B. *Anthriscus nitida*, *Heracleum sphondylium* ssp. *elegans*). Solche hochstaudenreichen Ahorn-(Buchen-)Wälder wurden früher als „*Aceri-Fagetum*“ bezeichnet, egal auf welchem Standort (sauer oder basisch) sie auftreten und welche Arten neben Ahorn und Hochstauden sonst noch vorkommen. Heute werden die hochstaudenreichen Bestände der jeweiligen floristisch korrespondierenden Assoziation (jeweils als Subassoziation *adenostyletosum*) zugeordnet, auf Kalk am Alpenrand in Exkursionsgebiet also dem *Lonicero alpigenae-Fagetum*. Auf grobblockigen Kalk-Felssturzmateriale an Nordseiten kommt vereinzelt kleinflächig das *Asplenio viridis-Piceetum* vor, auf Kalk-Schutthängen das *Ulmo-Aceretum (Tilio-Acerion)*; wegen schwerer Zugänglichkeit können beide auf der Exkursion aber nicht aufgesucht werden. Etwa ab Höhe der Tutzinger Hütte geht der Bergmischwald sukzessive in reinen Fichtenwald vom Typ des *Adenostylo glabrae-Piceetum* (mit *Adenostyles glabra*) über.

Die charakteristische Pflanzengesellschaft auf Kalk oberhalb der Waldgrenze ist das *Seslerio variae-Caricetum sempervirentis*. In der nordexponierten Steilwand der Benediktenwand ist es auch unterhalb der Waldgrenze natürlich und konnte sich im Zuge der Almwirtschaft stark ausbreiten, kommt heute schon ab etwa 1300 m NN vor. Auf Hangschutt am Fuße der Steilwand kommen Latschen- und Grünerlen-Gebüsche vor. Die heutigen Bestände stocken meistens auf potentiell Waldland, kleine Bestände können den Schuttkegel am Fuß der Benediktenwand aber bereits kurz nach dem Abschmelzen des Lokalgletschers besiedelt haben.

2. Exkursionsbeschreibung

2.1 Die Exkursionsroute im Überblick

Anfahrt vom Alpenworb Bad Benediktbeuern über eine Forststraße zur Eibelsfleckhütte (1035 m NN). Ein Stopp an einem Aussichtspunkt (840 m NN), einer zur Erkundung eines Bergmischwaldes (gut 950 m NN). Ab der Eibelsfleckhütte durchgehend zu Fuß (die Eibelsfleckhütte ist Start und Ziel der Fußwanderung). Zunächst zu einem Aussichtspunkt in 1025 m NN mit Blick über Lainbachtal und Benediktbeuern zum Alpenvorland, dann auf dem Weg zur Tutzinger Hütte (1325 m NN) mehrere Stopps zur Erkundung verschiedener Waldgesellschaften, z.T. verschiedene Ausbildungen davon. An der Hütte auch Alpenampfer-Lägerflur und Blaugras-Horstseggenrasen. Zum Abschluss Abstieg zur Eibelsfleckhütte (Abb. 5).

2.2 Aussichtspunkt 1

Der erste Aussichtspunkt liegt an der Forststraße vom Alpenworb Bad Benediktbeuern zur Eibelsfleckhütte in etwa 840 m NN. Von hier aus geht der Blick in den nördlichen Teil des Kochelsee-Beckens. Rechts und links (östlich und westlich) sind die abgerundeten Berge der Flysch-Zone zu sehen, unterbrochen durch die Kochelsee-Lücke. Wenig nördlich des Beckens zieht der lange, schmale Hügelzug der Faltenmolasse von Ost nach West. Nach dem Abschmelzen der Gletscher ermöglichte er die Bildung des Kochelsees und der angrenzenden Moore.

Zu sehen ist auch der Ort und das Kloster Benediktbeuern, gegründet 739. Das Kloster war zunächst dem Apostel Jacobus d.Ä. gewidmet. Um 800 erhielt es von Karl dem Großen die Speiche des rechten Unterarms des heiligen Benedikt als Reliquie geschenkt, die

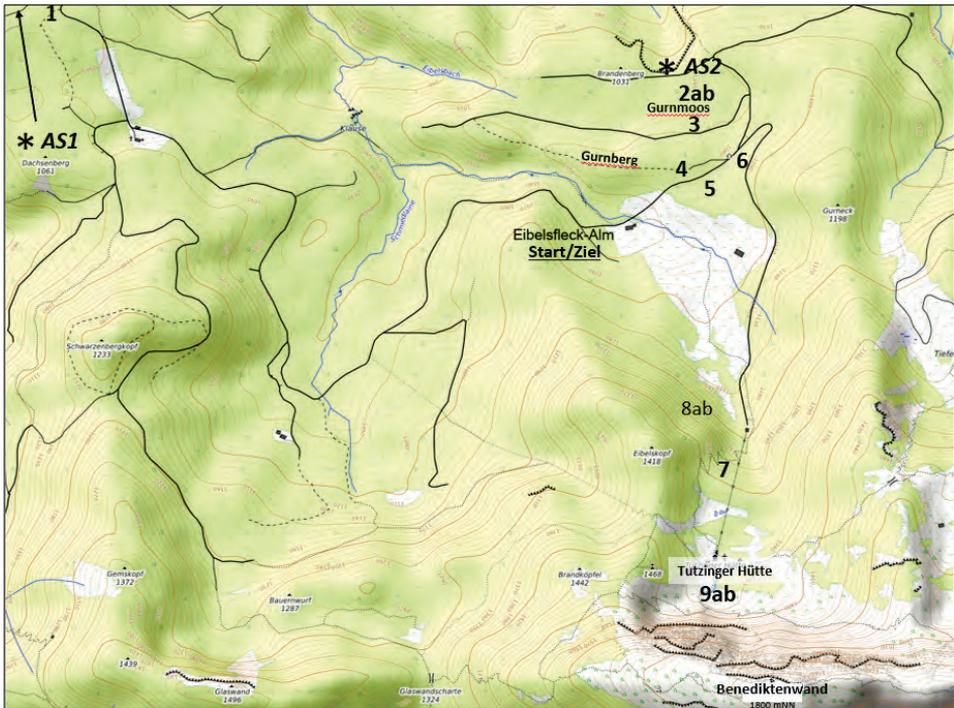


Abb. 5. Die Exkursionsroute ab/bis Eibelsfleckhütte in 1035 m NN. An der Kartenbasis (Süden) der Gipfel der Benediktenwand (1800 m NN). „*AS“ kennzeichnet einen Aussichtspunkt; die Ziffern bezeichnen die einzelnen Exkursionspunkte. Der Aussichtspunkt 1 liegt knapp nördlich des Kartenrandes, Exkursionspunkt 1 auf dem Kartenrand. Kartengrundlage: URL: <https://opentopomap.org> (Zugriff am 17.11.2021).

bedeutendste Reliquie der heiligen Benedikt im deutschsprachigen Raum, was die Bedeutung des Klosters steigerte. Schon um 1300 wird der Berg oberhalb des Klosters Benediktbeuern als „Berg des heiligen Benedikt“ urkundlich erwähnt. Die heutigen Klostergebäude gehen auf die Zeit nach dem Dreißigjährigen Krieg zurück; die Klosterkirche ist die erste hochbarocke Kirche in Oberbayern außerhalb von München (WEBER 1986). Als das Kloster gegründet wurde, war die Gegend noch sehr waldreich und weitgehend unbesiedelt, danach erfolgten landschaftsprägend Holznutzung und Waldweide.

2.3 Aussichtspunkt 2

Der zweite Aussichtspunkt bei 1025 m NN liegt am Oberrand der Reissen des Lainbachtals nördlich des Gurnmooses. Die Reissen entstanden, als sich nach der Eiszeit der Lainbach in die vom Ferngletscher gefangenen Sedimente einschneidete. Wann genau die Bildung offener, vegetationsarmer Flächen begann ist unbekannt. Vieles spricht dafür, dass das heutige Ausmaß der Erosion erst nach der Öffnung des Waldes durch Nutzung ausgehend vom Kloster Benediktbeuern einsetzte. Abbildung 6 zeigt einen Blick über die Reissen des Lainbachtals; im Hintergrund Benediktbeuern. Die feine dunkle Linie dahinter markiert den Verlauf der Faltenmolasse.



Abb. 6. Blick von etwa 1000 m NN Richtung Norden auf das Lainbachtal und die Reissen. Im Hintergrund Benediktbeuern und das Kloster (helle Gebäude). Das dunkle schmale Band ist der Zug der (bewaldeten) Faltenmolasse (Foto: A. Fischer, 1988).

Auch wenn viele Reissenflächen auf den ersten Blick sehr vegetationsarm erscheinen, tragen sie doch eine erhebliche Zahl von Pflanzengesellschaften (HÖLZEL 1990): *Tussilago*-Stadium, grasreiches Stadium der Entwicklung Richtung *Sesleria*-Rasen, *Pinus rotundata*-Stadium (*Erico-Pinion*), *Anthyllido-Leontodontetum hyoseroides*, *Schoenetum nigricantis*, *Caricetum davallianae* und *Caricetum paniculatae*.

Bemühungen der Wasserwirtschaft zur Stabilisierung der Reissen mit *Alnus incana* waren nur teilweise erfolgreich; wegen der Wechsell Trockenheit des Standorts (mit bei Trockenheit zementartig verbackendem Substrat) bleibt *Alnus incana* meist schlechtwüchsig.

2.4 Vegetationsbestand 1

An der Forststraße vom Alpenwarmbad Benediktbeuern zur Eibelsfleckhütte, ca. 950 m NN, noch im Flysch-Bereich, aber mit dünnem Grundmoränen-Überzug.

Karbonat-Bergmischwald: *Lonicero alpigenae-Fagetum* (entspr. *Aposerido-Fagetum*)

Wie fast alle Waldbestände im Bereich der Nordseite der Benediktenwand (mit Ausnahme kleiner, schwer zugänglicher Bereiche) unterliegt der besuchte Waldbestand der forstlichen Nutzung. Immerhin wurde dafür ja die Forststraße angelegt. Die Bäume haben noch längst nicht das arttypische Alter erreicht; im Umfeld sind überall frisch beerntete und damit stark aufgelichtete Waldbestände zu sehen. Die Gehölzverjüngung ist stellenweise gut, was an der strengen Kontrolle der Wildbestände durch den langjährigen Revierförster liegt. Wenn die Altersstruktur und damit Bestandsstruktur auch völlig durch den Menschen geprägt ist



Abb. 7. Die charakteristischen Arten des Karbonat-Bergmischwaldes: **a)** *Lonicera alpigena*, **b)** *Veronica urticifolia*, **c)** *Salvia glutinosa*, **d)** *Lamiastrum flavidum* (Fotos: A. Fischer, a) 1988, b) 1988, c) 1995 und d) 1988).

(so gibt es keine nennenswerten Mengen von Totholz) entspricht die Artenzusammensetzung – in der Baum- wie in der Krautschicht – doch durchaus der Zusammensetzung, die für diese Standortsituation als natürlich anzusehen ist. In dieser Hinsicht kann der Bestand (wie sehr viele Bestände im Exkursionsgebiet) also als naturnah bezeichnet werden.

Die Baumschicht besteht aus Buche, Tanne, Fichte und Berg-Ahorn, vereinzelt ist auch Berg-Ulme vorhanden. Die artenreiche Krautschicht enthält Arten, die in dieser Kombination auch im *Hordelymo-Fagetum* vorkommen. Hinzu treten großblättrige Arten, was den sehr ausgeglichenen Wasserhaushalt widerspiegelt; diese Arten sind zugleich Charakterarten (oder zumindest charakteristische Arten) des *Lonicero alpigenae-Fagetum* (Abb. 7a–d). Zunächst ist es erstaunlich, dass in Beständen des *Lonicero alpigenae-Fagetum* regelmäßig (wenn auch nie mengenmäßig bedeutsam) Säurezeiger wie Blaubeere und Haarmützenmoos auftreten; diese besiedeln vermodernde Nadelpolster der im Bestand vorhandenen Tannen und Fichten.

Als Lehm- und Tonzeiger weist der Hain-Gelbweiderich auf Ablagerungen und Lehm- und Tonbänder im Boden.

Artenzusammensetzung auszugsweise:

BS: *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Picea abies*, *Acer pseudoplatanus*, vereinzelt *Ulmus glabra*

KS: Charakter-/Differentialarten der Assoziation: *Lonicera alpigena*, *Veronica urticifolia*, *Lamium flavidum*, *Salvia glutinosa*

Charakterarten Verband/Ordnung/Klasse: *Galium odoratum*, *Polystichum aculeatum*, *Carex sylvatica*, *Sanicula europaea*, *Bromus benekenii*, *Mercurialis perennis*, *Lamium montanum*, *Anemone nemorosa*, *Melica nutans*, *Carex digitata*, *Viola reichenbachiana*

Großwedelige Farne: *Dryopteris filix-mas*, *Dryopteris carthusiana/dilatata*, *Athyrium filix-femina*

Vereinzelt auf Nadelstreu: *Vaccinium myrtillus*, *Polytrichum formosum*

Lehm- und Tonzeiger: *Lysimachia nemorum*

Weiterhin: *Aposeris foetida*, *Oxalis acetosella*, *Mycelis muralis*

2.5 Vegetationsbestand 2a

Gurnmoos, ca. 1000 m NN, unterhalb des Gurnberges bei Eibelsfleckhütte.

Hochmoor-Fichtenwald: *Bazzanio-Piceetum*

Die Seitenmoräne eines Vorstoßstadiums des sich insgesamt zurückziehenden Isar-Walchensee-Gletscherarms hatte an der Benediktenwand-Nordseite eine Mulde geschaffen, in der sich Wasser und Feinmaterial sammeln konnten, was zur Vernässung und zur Ansiedlung von Torfmoosen führte; es bildete sich Hochmoortorf (mehrere weitere kleine Moore dieses Entstehungstyps in der Umgebung). Das Hochmoor war vermutlich für viele Jahrhunderte eine offene Moorfläche mit einzelnen Spirken (s. Vegetationsbestand 2b), umgeben von einem schmalen Fichtenwaldgürtel. Durch fortschreitendes Einschneiden eines kleinen Baches in das Sedimentpaket wurde das Moor ohne Zutun des Menschen teilweise drainiert; der Fichtenwald konnte sich deshalb auf der Moorfläche weiter ausbreiten (Abb. 8). Bis vor wenigen Jahren war der Waldbestand gekennzeichnet durch Fichten-Individuen verschiedenster Größe (und deshalb wohl auch mit einer sehr großen Altersspanne), insgesamt mit plenterartiger Struktur, die für sehr lichte Waldbestände (wie es Moor-Fichtenwälder oft sind) als Merkmal der Naturnähe gesehen werden kann. Der zentrale Teil dieses Waldbestandes wurde vor wenigen Jahren im Zuge von Renaturierungsmaßnahmen abgeholzt.

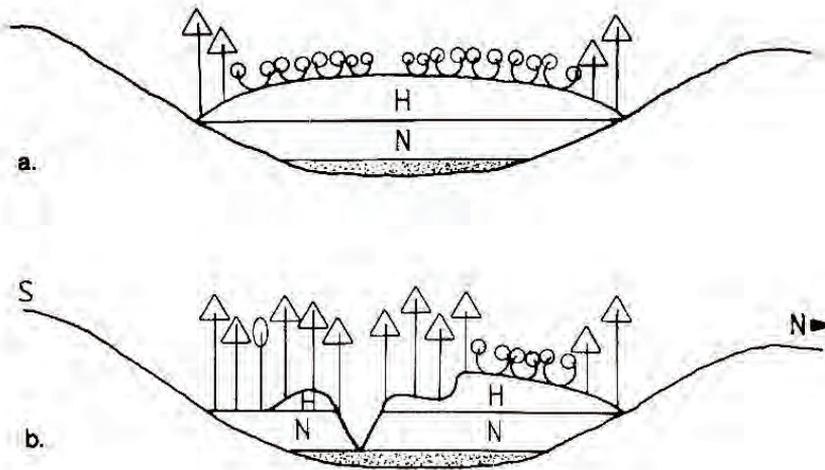


Abb. 8. Entwicklung des Gurnmooses nach natürlicher Teil-Drainage, schematisiert. Aus EWALD & FISCHER (1993).

- a) postglaziales Maximum: offenes Moor + *Pinus rotundata*-Busch, umgeben von Moor-Fichtenwald.
 b) heutige Situation nach natürlicher Drainage: Reduktion der offenen Moorflächen, Ausweitung des Fichtenwaldes. Gepunktet: Seeton, N = Niedermoor-, H = Hochmoortorf.

Artenzusammensetzung auszugsweise:

BS: *Picea abies* (fast ausschließlich), zum Rand hin etwas *Abies alba*

KS: *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Lycopodium annotinum*, *Listera cordata* (ob noch vorhanden?), *Blechnum spicant*, *Molinia arundinacea*

MS: *Sphagnum russowii*, *Sphagnum girgensohnii*, *Bazzania trilobata*, *Plagiothecium undulatum*, *Rhytidiadelphus loreus*, *Dicranum majus*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*

2.6 Vegetationsbestand 2b

Gurnmoos, ca. 1000 m NN, unterhalb des Gurnberges bei Eibelsfleckhütte. Weitgehend offene Hochmoor-Restfläche im Zentrum des oben benannten Fichtenbestandes.

Hochmoor-Spirkenbusch: *Pino-Sphagnetum magellanici* (*Sphagnion magellanici*)

Die Höhe der Fichten des *Bazzanio-Piceetum* fällt zum offenen Hochmoorbereich hin auf wenigen Metern Distanz rasch ab. Der wassergesättigte Torf erlaubt keinen Sauerstoff im Wurzelraum der Fichten. Der offene Hochmoorbereich sitzt gleichsam im Zentrum einer von Fichten umrahmten Lichtung. Der offene Bereich ist sehr klein und wird gebildet von Torfmoos-Rasen, auf denen typische Hochmoorpflanzen wie Sonnentau, Rosmarinheide und Moosbeere wachsen. Gleichzeitig gibt es Individuen der sogenannten Berg-Kiefer.

Dieses *Pinus mugo*-Aggregat (Berg-Kiefer; vergl. OBERDORFER 2001) umfasst ein breites Formenspektrum. Die Eckpunkte des Formenspektrums sind klar: (1) Die Echte Legföhre oder Latsche (*P. mugo* s. str. oder *P. mugo* ssp. *mugo*) mit niedrigliegend-buschigem Wuchs, wobei die Äste stets zum Boden hin, also nach unten orientiert sind; Zapfen symmetrisch, alle

Schuppenschilder der Zapfen flach; Vorkommen in den Ostalpen. (2) Die Haken-Kiefer (oder auch Haken-Berg-Kiefer) (*P. uncinata* oder *P. mugo* ssp. *uncinata*), Baum mit gerade-aufwärts gerichtetem Stamm und ebenfalls aufwärts wachsenden Ästen (Erscheinungsbild pyramidenpappelartig). Zapfen extrem unsymmetrisch, Schuppenschilder auf der einen Seite stark hakenartig vorgewölbt, Zapfenansatz weit außerhalb des Zentrums der Zapfenbasis; Vorkommen in den Pyrenäen und in den Westalpen. Zwischen diesen beiden regional und morphologisch klar getrennten Sippen gibt es – sowohl regional als auch morphologisch – ein breites Übergangsfeld: Moor-Berg-Kiefer oder Spirke (*P. rotundata* oder *P. mugo* ssp. *rotundata* oder *P. × rotundata*; manchmal wird auch nur die mehr oder weniger aufrecht wachsende Übergangsform als Spirke bezeichnet); morphologisch buschförmig, aber dann bereits mit aufsteigenden Seitenästen bis schräg-baumförmig, aber dann wenigstens noch mit abwärtswachsenden Seitenästen; Zapfenschilder auf der einen Seite etwas vorgewölbt, aber nicht hakenförmig; Zapfenansatz schwach exzentrisch. Verbreitungsgebiet zwischen den beiden erstgenannten Sippen. Die Spirken im Gurnmoos gehören der Übergangssippe an.

Artenzusammensetzung auszugsweise:

SS: *Pinus rotundata*

KS: *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium oxycoccus*, *Andromeda polifolia*, *Drosera rotundifolia*, *Trichophorum caespitosum*

MS: *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum angustifolium*

2.7 Vegetationsbestand 3

N-Fuß Gurnberg, ca. 1020 m NN, hochanstehendes Grundwasser, sickern, minerotroph.

***Carex remota*-*Alnus incana*-Gesellschaft** (vergl. *Pruno-Fraxinetum*, Höhenausbildung mit *Aconitum vulparia*, z. T. ehemaliges *Piceo-Alnetum*); *Alno-Ulmion*

Auf der kurzen Strecke vom Gurnmoos zum Gurnberg ändert sich die Standortsituation grundlegend: der Hochmoorcharakter geht rasch verloren, damit auch die Fichtenwald-Artenzusammensetzung; stattdessen steht mineralisches Lockersubstrat an, welches fast ganz-jährig stark durchsickert wird. Gleichzeitig zum Zurücktreten der Fichtenwaldarten treten Arten der *Fagetalia* und *Quercu-Fagetea* hinzu. Die Bestände können dem Verband *Alno-Ulmion* zugerechnet werden.

Artenzusammensetzung auszugsweise:

BS: *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, *Picea abies*, *Abies alba*

KS: Zahlreiche *Fagetalia*- und *Quercu-Fagetea*-Arten, u. a. *Anemone nemorosa*, *Paris quadrifolia*, *Carex sylvatica*

Zusätzlich Nässezeiger, u. a. *Caltha palustris*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Crepis paludosa*, *Ranunculus aconitifolius*, *Carex paniculata*, *Scirpus sylvestris*

Vereinzelt noch *Piceetea*-Arten/Säurezeiger: *Vaccinium myrtillus*, *Homogyne alpina*

2.8 Vegetationsbestand 4

Gurnberg nördlich der Eibelsfleckhütte und südlich des Gurnmooses in etwa 1040 m NN.

Luzulo-Abietetum (alternativ: *Luzulo-Fagetum*), auf Fernmoräne

In der Baumschicht dominiert optimal gedeihende Fichte neben Tanne; Buche kommt fast nur im Unterstand vor. Die Bestände sind aus forstwirtschaftlicher Sicht mit das Beste, was in dieser Höhenlage zu erwarten ist; entsprechend sind die Bestände stark nutzungsgeprägt.

Erstaunlich für einen Waldbestand in einer durch Kalk geprägten Landschaft ist, dass Kalk- und Basenzeiger fast vollständig fehlen und stattdessen flächig Säurezeiger (und Fichtenwaldarten) vorhanden sind. Auffällig auch größere Gesteinsbrocken aus Gneis oder Granit; beim Graben in den Boden werden zahlreiche weitere derartige Gesteinsbrocken gefunden. Der Bodentyp lässt sich als meist tiefgründige, verlehnte Braunerde mit einem pH-Wert um 4 ansprechen. Erklärung: Der Gurnberg ist Teil eines Seitenmoränenbandes, das sich in west-östlicher Richtung in gut 1000 m NN entlang der Nordseite der Benediktenwand zieht (vergl. Kap. 1.2). Die am Seefelder Sattel auf diesen Gletscher aufgelagerten Eismassen des Inn-gletschers lagerten mit dem Inn-gletscher transportiertes silikatisches Gestein aus den Zentralalpen auf den Isar-Loisachgletscher, welches deshalb in den Seitenmoränen oben liegt. Die Gneis- und Granitbrocken an der Benediktenwand stammen also aus den Zentralalpen.

Die Artenzusammensetzung erinnert an ein montanes *Luzulo-Fagetum* (mit Nadelholzdominanz). Allerdings treten *Quercus-Fagetum*-Arten sehr spärlich auf, *Vaccinio-Piceetea*-Arten dagegen regelmäßig, was eine Zugehörigkeit zu den *Vaccinio-Piceetea* nahelegt (die standörtliche Aussage – saurer Boden – bleibt dabei bestehen!).

Artenzusammensetzung auszugsweise:

BS: *Picea abies* (optimal wachsend, Nadelhölzer forstlich stark gefördert), *Abies alba*, *Fagus sylvatica* nur in der Unterschicht

KS: Indikatoren sauren Bodens dominierend: *Vaccinium myrtillus*, *Blechnum spicant*, *Luzula sieberi*, *Luzula pilosa*, *Lycopodium annotinum*, *Polytrichum attenuatum*
Fagetalia/Quercus-Fagetum-Arten vereinzelt: *Phyteuma spicatum*, *Anemone nemorosa*, *Viola reichenbachiana*

Höhenzeiger: *Thelypteris limbosperma* (Sori randständig), *Prenanthes purpurea*

2.9 Vegetationsbestand 5

Etwa 100 m westlich der Eibelsfleckhütte, direkt oberhalb der Forststraße.

Karbonat-Bergmischwald: *Lonicera alpigenae-Fagetum* auf Lokalmoräne

Der Vegetationsbestand liegt auf einem kurzen, dammartigen Hügelzug unmittelbar südlich des Gurnberges, von diesem nur durch ein Bachtälchen getrennt. Die Baumschicht entspricht der auf dem Gurnberg, die Krautschicht dagegen ist grundsätzlich verschieden davon: sehr viele Arten der *Fagetalia/Quercus-Fagetum* einschließlich Basenzeigern und der kennzeichnenden Arten des *Lonicera alpigenae-Fagetum*; Säurezeiger nur vereinzelt (auf Nestern zersetzter Nadelstreu). Der Geländewall stellt die Endmoräne eines Lokalgletschers der Benediktenwand dar, der demnach ausschließlich Karbonatgestein antransportieren konnte und die Seitenmoräne des nahen Ferngletschers knapp nicht erreicht hat.

Artenzusammensetzung auszugsweise:

BS: *Picea abies*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica*

KS: *Veronica urticifolia*, *Salvia glutinosa*, *Lonicera alpigena*, *Lamium flavidum*, *Galium odoratum*, *Petasites albus*, *Sanicula europaea*, *Mercurialis perennis*, *Lamium montanum*, *Carex sylvatica*, *Hedera helix*, *Anemone nemorosa*, *Viola reichenbachiana*, *Ranunculus lanuginosus*, *Dentaria enneaphyllos*, *Lonicera nigra*

Höhendifferentialarten: *Streptopus amplexifolius*, *Saxifraga rotundifolia*, *Adenostyles alliariae*

Vereinzelt Säurezeiger: *Vaccinium myrtillus*, *Blechnum spicant*

2.10 Vegetationsbestand 6

Etwa 200 m westlich der Eibelfleckhütte. Auf Tonboden (Kössener Schichten; wasserstauende Mergel), Hanggley auf tonigem Verwitterungsmaterial.

Tannenwald: *Galio rotundifolii-Abietetum equisetetosum*

Auf schweren Tonböden kann das (reichliche) Niederschlagswasser nicht rasch versickern; es bilden sich Hanggleye. Unter diesen Bedingungen ist die Tanne besonders konkurrenzkräftig, wenngleich sie (wie ebenfalls die Fichte) wegen geringer Wurzeltiefe durchaus windwurfgefährdet ist. Die Arten des *Galio odorati-Fagion*, der *Fagetalia* und der *Quercu-Fagetea* sind *noch* vorhanden, die Arten der *Vaccinio-Piceetea* wegen der sauren verwitternden Nadelstreu *schon*. Der nasse Boden wird durch zahlreiche Feuchte- und Nässezeiger angezeigt; namensgebend für die Subassoziaton ist der Wald-Schachtelhalm. Das Rundblättrige Labkraut prägt zwar den Namen der Assoziaton, ist aber auch in anderen Waldgesellschaften des Alpenrandes vertreten. Die Tannen sind forstlich wertvoll; die Bestände werden deshalb intensiv genutzt.

Artenzusammensetzung auszugsweise:

BS: *Abies alba* (optimal), etwas *Picea abies* und wenig *Fagus sylvatica*

KS: Charakterarten des *Galio odorati-Fagion*/Karbonat-Bergmischwaldes: ähnlich

Bestand 5 und zusätzlich *Galium rotundifolium*

Charakterarten des Hochlagen-Fichtenwaldes/sauren Bodens: *Vaccinium myrtillus*,
Homogyne alpina, *Polytrichum attenuatum*

Indikatoren nassen Bodens: *Equisetum sylvaticum*, *Carex remota*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Crepis paludosa*, *Ranunculus aconitifolius*

2.11 Vegetationsbestand 7

Am Wanderweg von der Talstation der Materialbahn der Tutzingen zur Hütte, etwa 1200 m NN, auf Wettersteinkalk.

Karbonat-Bergmischwald mit Hochstauden: *Lonicero alpigenae-Fagetum adenostyletosum*

Trichterartige Talmulden sind nicht nur Fänger für zusätzlichen Schnee von den Bergflanken, sondern auch für zusätzliche organische Substanz, z. B. Blatt-/Nadelstreu. An solchen Stellen sind der Wasser- und der Nährstoff-(Stickstoff-)haushalt der Bestände optimal. Deshalb wachsen dort zahlreiche Hochstauden.

Der viele Schnee am Hang führt zu Schneegleiten. Am besten können junge Berg-Ahorn-Pflanzen damit umgehen, ein wenig auch junge Buchen. Die Bäume bilden einen säbelartigen Stammfuß aus („Säbelwuchs“); Fichte und Tanne können das nicht. Derartige Bestände sind deshalb beherrscht von Berg-Ahorn und ggf. etwas Buche; Fichte und Tanne kommen nur selten und dann an Kleinstandorten mit geringem Schneegleiten vor.

Die Artenkombination „Berg-Ahorn plus Hochstauden“ wurde als „*Aceri-Fagetum*“ beschrieben, unabhängig von den weiteren Arten (vergl. Tab. 338 in OBERDORFER 1992). Derartige hochstaudenreiche Bestände lassen sich besser den verschiedenen Assoziationen jeweils als „hochstaudenreiche Subassoziaton *adenostyletosum*“ angliedern, im Fall der Kalkalpen dem *Lonicero alpigenae-Fagetum* (im Fall des Schwarzwaldes dem *Luzulo-Fagetum*).

Artenzusammensetzung auszugsweise:

BS: *Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica*

KS: *Lonicera alpigena*, *Veronica urticifolia*, *Lamium flavidum*, *Salvia glutinosa*, *Galium odoratum*, *Carex sylvatica*, *Allium ursinum* u. a.

Hochstauden (optimal): *Anthriscus nitida*, *Streptopus amplexifolius*, *Adenostyles alliariae*, *A. glabra*, *Heracleum sphondylium* ssp. *elegans*, *Lunaria rediviva*, *Cicerbita alpina*, *Aconitum vulpura*, *Rumex arifolius*, *Saxifraga rotundifolia*

2.12 Vegetationsbestand 8

Fuß des Eibelskopfs, 1200 m NN, Geröllhalde aus Wettersteinkalk.

Am Fuß des Eibelskopfs existieren ausgedehnte Geröllhalden sowie einige Felsblöcke aus Bergsturzmaterial. Hier gibt es Vorkommen des Ulmen-Ahornwaldes und des Blockhalden-Fichtenwaldes. Die Bestände sind schwer zugänglich und können auf der Exkursion voraussichtlich nicht aufgesucht werden.

Ulmo-Aceretum (Tilio-Acerion)

BS: *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus glabra* = *montana*

KS: *Lunaria rediviva*, *Campanula latifolia*, *Phyllitis scolopendrium*, *Polystichum lobatum*

Asplenio-Piceetum

BS: *Picea abies*

KS: *Asplenium viride*, *Cystopteris fragilis*, *Cystopteris montana*, *Polypodium vulgare*, *Moehringia muscosa*, *Lycopodium annotinum*, *Huperzia selago*, *Homogyne alpina*, *Vaccinium myrtillus*, *Lonicera nigra*

kalkanzeigende Moose: *Ctenidium molluscum*, *Fissidens cristatus*

sonstige Moose: *Polytrichum formosum*, *Plagiochila asplenoides*

2.13 Vegetationsbestand 9

Almvegetation bei Tutzingener Hütte, ab etwa 1300 m NN, auf Wettersteinkalk (bzw. Geröll davon).

a. Lägerflur: *Rumicetum alpini*

Alte Almhütte bei Tutzingener Hütte, 1325 m NN.

Wo an Almhütten das Vieh lagerte setzte es Fäkalien ab; über Jahrhunderte reicherten sich Nährstoffe (insbesondere Stickstoff) im Boden an. Ebenso kam es zu regelmäßigen Grasnarbenverletzungen. Auch um die ehemalige Almhütte bei der Tutzingener Hütte ist eine solche „Lägerflur“ zu sehen.

Artenzusammensetzung auszugsweise:

Rumex alpinus, *Senecio alpinus*, *Chenopodium bonus-henricus*

b. Blaugras-Horstseggenrasen: *Seslerio-Caricetum sempervirentis*

Die vorherrschende alpine Rasengesellschaft auf Kalk ist der Blaugras-Horstseggenrasen. In den steilen Felsen der Benediktenwand konnten sich einzelne Arten dieser Gesellschaft (oder kleine Partien mit dieser Gesellschaft) auch in der Eiszeit halten (Nunatak). Mit der

Almwirtschaft (ab Gründung des Klosters Benediktbeuern) setzte ein Zurückdrängen des Waldes ein; die nun offenen, beweideten Flächen wurden von den Arten des Blaugras-Horstseggenrasens eingenommen.

Artenzusammensetzung auszugsweise:

Sesleria caerulea, *Carex sempervirens*, *Gentiana verna*, *G. lutea*, *Dryas octopetala*, *Soldanella alpina*

Weidezeiger: *Veratrum album*

3. Wie könnten sich die Wälder am bayerischen Alpennordrand im Klimawandel verändern?

Auch das Vegetationsmosaik am bayerischen Alpenrand unterliegt dem Klimawandel. Wie könnte es sich ändern? – Das Instrumentarium der potentiellen natürlichen Vegetation (pnV) bietet eine Option mögliche zukünftige Entwicklungen (Szenarien) des Standort- und damit Vegetationswandels sichtbar zu machen. Ist die Beziehung Standorttyp/Vegetationstyp einmal mit Algorithmen erfasst, können Standortfaktoren (z.B. die Temperatur) verändert werden (zukünftige pnV = z-pnV). Für ganz Bayern wurde das mit einer Pixelgröße von 50 m × 50 m (ca. 28 Millionen Pixel) durchgeführt (FISCHER et al. 2019); Details für den bayerischen Alpenrand in FISCHER et al. (2020). Abbildung 9 zeigt die Änderungen für Bayern in einem +2 K-Szenario für den *Lonicero alpigenae-Fagetum*-Standort. Bei einer Temperaturerhöhung um zwei Kelvin werden die zerstreuten Stellen mit *Lonicero alpigenae-Fagetum*-Standort im Vorland der Alpen sowie diejenigen am Fuß des Alpenrandes verschwinden (rot), dagegen werden oberhalb der bisherigen Grenze dieses Standorttyps Zugewinne stattfinden (blau).

Die Veränderungen des Standortmosaiks in den Bayerischen Alpen mit steigender Temperatur werden von FISCHER et al. (2020; vergl. dort Abb. 2) wie folgt zusammengefasst:

- Bis zu einem +3 K-Szenario werden die Standortbedingungen der heute vorhandenen Waldgesellschaften erhalten bleiben, allerdings bei verändertem Verbreitungsmuster; insbesondere werden sie sich in höhere Lagen verschieben.
- Bis zu einem +4 K-Szenario werden die Standortbedingungen für Wald fast bis auf die höchsten Spitzen der Berge hinaufsteigen.
- Ab etwa +3 K Temperaturerhöhung wird es, vom Alpenvorland aus in die Bergregion vordringend, zunehmend Standortfaktoren-Konstellationen geben, die es bisher in Bayern nicht gibt.
- Da die bisherigen und die neuen Orte, an denen bestimmte Standortfaktoren-Konstellationen vorhanden sind/sein werden, im Gebirge räumlich relativ nahe beieinanderliegen, wird es den Arten leichter fallen, neue geeignete Wuchsorte zu erreichen als außerhalb der Alpen.
- Allerdings ist der Temperaturanstieg im Gebirge auch schneller/stärker als außerhalb.

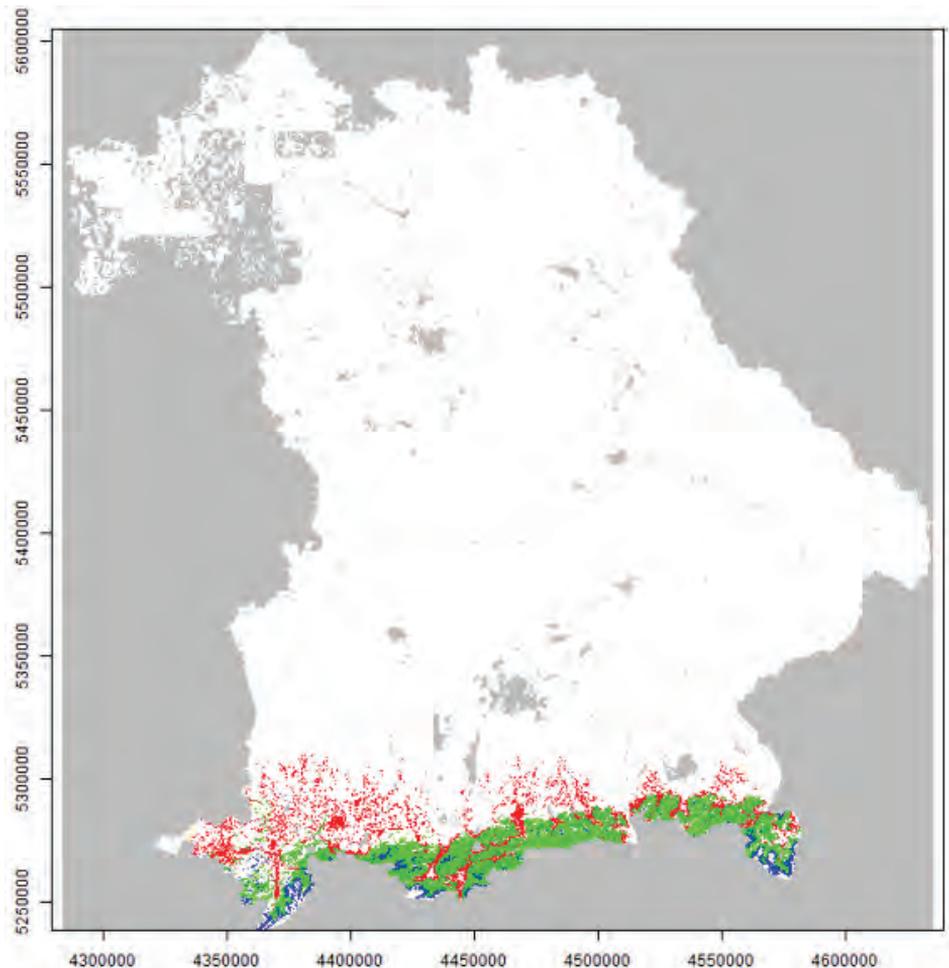


Abb. 9. Das *Lonicero alpigenae-Fagetum* im Klimawandel. Änderung im +2 K-Szenario gegenüber dem Ausgangsszenario. Rot = Flächenverlust, grün = unverändert, blau = Flächenzugewinn, gelb = völlig neue Konstellation der Standortfaktoren. Aus: FISCHER et al. (2020, Abb. 1). Nachdruck mit Erlaubnis des Vereins zum Schutz der Bergwelt.

Literatur

- BAYERISCHES GEOLOGISCHE LANDESAMT (Hrsg.) (1981): Geologische Karte von Bayern 1:500.000. – 3. Aufl., München: 168 pp.
- BAYFORKLIM (BAYERISCHER KLIMAFORSCHUNGSVERBUND) (1996): Klimaatlas von Bayern. – München: 48 pp & 57 Karten.
- BAYERISCHE STAATSFORSTEN (2018): Waldbauhandbuch Bayerische Staatsforsten. Richtlinie für die Waldbewirtschaftung im Hochgebirge. – WNJF (Waldbau, Naturschutz, Jagd und Fischerei). RL-0006 Bergwaldrichtlinie. 141 pp. – URL: https://www.baysf.de/fileadmin/user_upload/04-wald_verstehen/Publikationen/WNJF-RL-006_Bergwaldrichtlinie.pdf [Zugriff am 17.11.2021].
- CLIMATE-DATA.ORG (o. J.): URL: <https://en.climate-data.org/continent/europe> [Zugriff am 17.11.2021].
- EWALD, J. (1997): Die Bergmischwälder der Bayerischen Alpen. Soziologie, Standortbindung und Verbreitung. – Diss. Bot. 290: 1–234.

- EWALD, J. & FISCHER, A. (1993): Montane und hochmontane Waldgesellschaften am nördlichen Abfall der Benediktenwand (Bayerische Kalkalpen). – *Hoppea* 54: 191–300.
- FISCHER, A., MICHLER, B. & FISCHER, H.S. (2020): Welche Standortänderungen im Zuge des laufenden Klimawandels sind denkbar in den Bayerischen Alpen, und was hätte das für Konsequenzen für den zukünftigen Wald im Gebirge? – *Jahrbuch Verein Schutz Bergwelt* 85: 111–122.
- FISCHER, H.S., MICHLER, B. & FISCHER, A. (2019): High resolution predictive modelling of potential natural vegetation under recent site conditions and future climate scenarios: Case study Bavaria. – *Tuexenia* 39: 9–40.
- HÖLZEL, N. (1990): Vegetationsentwicklung auf Erosionsstandorten einer pleistozänen Talverfüllung im Lainbachtal bei Benediktbeuern/Obb. – Unpubl. Diplomarbeit, München: 121 pp.
- HÖLZEL, N., FISCHER, A. & SEIBERT, P. (1996): *Erico-Pinetea*. Alpisch-dinarische Karbonat-Kiefernwälder. – *Synop. Pflanzenges. Dtschl.* 1: 1–49.
- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsche. – 2. Aufl. Ulmer, Stuttgart: Textband 282 pp, Tabellenband 580 pp.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiet. – 8. Aufl. Ulmer, Stuttgart: 1051 pp.
- SEIBERT, P. (1958): Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet „Pupplinger Au“. – *Landschaftpfl. Vegetationskd.* 1: 1–77.
- WALENTOWSKI, H., EWALD, J., FISCHER, A., KÖLLING, C. & TÜRK, W. (2004): *Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns*. – Geobotanica-Verlag, Freising: 441 pp.
- WEBER, L. (1986): *St. Benedikt zu Benediktbeuern*. 5. Aufl. – Katholische Kirchenverwaltung Benediktbeuern: 28 pp.

Biodiversität und Klimaschutz im Moor – Beispiele aus Oberbayern

Matthias Drösler & Annette Patzelt

*Professur für Vegetationsökologie, Institut für Ökologie und Landschaft,
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Am Hofgarten 1, 85354 Freising
Korrespondierender Autor, Email: matthias.droesler@hswt.de*

Zusammenfassung

Die drei Exkursionsgebiete liegen südlich von Freising (Freisinger Moos) bzw. München (Naturschutzgebiet Schechenfilze südlich des Starnberger Sees und Naturschutzgebiet Ellbach-Kirchseemoore bei Bad Tölz). Die Exkursionen besuchen damit einen der größten, zusammenhängenden Moorkomplexe Bayerns (Freisinger Moos), ein weitgehend naturnahes Hochmoor (Schechenfilze), sowie einen zusammenhängenden Moorkomplexe Bayerns mit großer Vielfalt an Kalknieder-, Hangquell- und Zwischenmooren sowie dystrophen Mooren (Ellbach-Kirchseemoore). Die Moorlebensräume der Exkursionsgebiete 2 und 3 sind in einer Qualität und Quantität erhalten, wie sie nur in wenigen Gebieten Bayerns erreicht werden. Die extensiven Streuwiesen-Moor-Ökotope in Gebiet 3 enthalten beispielsweise Streuwiesen von großer Erhaltungsqualität, da sie seit Jahrhunderten extensiv genutzt werden. Die Relevanz von Moorschutz, Wasserstandsanehebung und Moorrenaturierung für den Klimaschutz sowie die Treibhausgasbilanz und eine klimafreundliche Nutzung sind Themen in allen drei Gebieten. Wird Moorrenaturierung gezielt auf Klimaschutz ausgerichtet, kann ein erheblicher Beitrag zur Klimaentlastung erreicht werden. So liegen die Reduktionspotenziale in Regenmooren bei 15 t CO₂-Äquiv. ha⁻¹ a⁻¹ und in Grundwassermooren bei bis zu 30 t CO₂-Äquiv. ha⁻¹ a⁻¹ (DRÖSLER 2009).

1. Exkursionsgebiet: Freisinger Moos

Erstes Exkursionsgebiet ist das wenige Kilometer südlich von Freising gelegene Freisinger Moos. Zusammen mit dem Erdinger Moos im Osten und dem Dachauer Moos im Westen bildet es am Nordrand der Münchner Ebene einen der größten, heute weitgehend degradierten Niedermoorkomplexe in Bayern. Entstanden sind diese Niedermoore dadurch, dass der pleistozäne Schotterfächer der Münchner Ebene mit zunehmender Entfernung zu den Alpen an Mächtigkeit verliert und der darunterliegende Grundwasserkörper, der über wasserstauenden Mergel- und Tonschichten der tertiären Molasse nach Norden strömt, dort großflächig austritt (HOFMANN & SCHMIDT 1989). Die unter dem Einfluss des anstehenden Grundwassers gebildeten Niedermoore erreichten schon Anfang des 20. Jahrhunderts infolge ausgedehnter Torfentnahme und Drainage nur noch an wenigen Stellen Mächtigkeiten von 2–4 m (HOFMANN & SCHMIDT 1989). Insbesondere aufgrund der zunehmenden ackerbaulicher Nutzung sind die organischen Oberböden heute in weiten Teilen des Gebietes stark mineralisiert.

In den erhalten gebliebenen Niedermoorrestflächen des Freisinger Moores findet sich ein kleinstrukturierter Komplex aus Wirtschaftsgrünland, Feuchtwiesen, Streuwiesen, feuchten Hochstaudenfluren, Schilfröhricht, weidenreichen Feuchtgebüschchen und kleinen Waldstücken (SAITNER 1997). Wie viele Niedermoore ist auch das Freisinger Moos durch

Entwässerungsgräben in lange, oft parallel angeordnete Flurstücke unterteilt, und viele Flurstücke zeigen Spuren von früherem Torfabbau. Das Gebiet wird durch die Moosach entwässert, deren Makrophytenvegetation in den letzten Jahrzehnten im Abschnitt oberhalb von Freising einen leichten Anstieg der Eutrophierung anzeigt (KÖHLER & VEIT 2009).

Auf den Streuwiesen mit gutem Erhaltungs- und Pflegezustand finden sich artenreiche Bestände u. a. mit *Molinia caerulea* agg., *Allium suaveolens*, *Cirsium tuberosum*, *Eupatorium cannabinum*, *Galium boreale*, *G. uliginosum*, *Parnassia palustris*, *Carex davalliana*, *C. flacca*, *C. flava* agg., *C. panicea*, *C. elata*, *C. acutiformis*, *Sesleria albicans*, *Thalictrum flavum*, *Sanguisorba officinalis*, *Valeriana dioica*, *Eriophorum latifolium*, *Succisa pratensis*, *Silaum silaus*, *Peucedanum palustre* und *Epipactis palustris* (SAITNER 1997). Im Bereich der ehemaligen Torfstiche wachsen zudem *Juncus articulatus*, *Carex rostrata* und *Equisetum palustre*. Kleinfläch vorkommende Großseggenriede sind durch Seggenanteile über 50 % und Dominanz von *Carex acutiformis* und *C. rostrata* gekennzeichnet; als Begleiter treten oft *Lysimachia vulgaris* und *Ranunculus flammula* auf. Als Solitärgehölze oder in zusammenhängenden Feuchtgebüschchen dominieren *Salix cinerea*, *S. purpurea*, *S. myrsinifolia*, *Frangula alnus*, *Euonymus europaeus* und *Fraxinus excelsior*; Bäume wie *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Prunus padus* und *Salix alba* sind eher selten.



Abb. 1. Parzellenversuche im Freisinger Moos (Foto: M. Drösler, Mai 2020).



Abb. 2. Etablierung der Paludikultur-Pflanzen im Freisinger Moos (Foto: M. Drösler, Mai 2016).

Neben der Vegetation sind der Aufbau des Torfkörpers, dessen Treibhausgasbilanz und die zukünftige, klimafreundliche Nutzung des Gebietes weitere Themen am ersten Exkursionspunkt. An der Moorforschungsstation der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (Abb. 1) werden die Ergebnisse des MOORuse Projektes vorgestellt. Dazu wird zunächst anhand der Makrorestanalyse die Moorgenese eines ca. 2,5 m mächtigen Torfprofils erläutert. Zur Treibhausgasbilanzierung werden dort auch die Flüsse von CO_2 , CH_4 und N_2O mittels automatisierter Haubensysteme erfasst und mit den Ergebnissen die Jahresbilanzen für die Gase modelliert (DRÖSLER et al. 2016). Parallel wird die Möglichkeit der Etablierung der Zielvegetation als Pflanzung und Einsaat geprüft. Auf Basis des Forschungsstandes und der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse wurden in zwei Testgebieten großflächige Demonstrationsparzellen mit den vier potenziell nutzbaren Paludikulturarten (Schilf, Rohrkolben, Rohrglanzgras und Großseggen) angelegt (Abb. 2). Nach erfolgreicher Etablierung werden Biomasseproben entnommen und hinsichtlich ihrer potenziellen Verwertbarkeit (energetische bzw. stoffliche Nutzung) geprüft. Auf Grundlage dieser Ergebnisse soll ein regionaler Absatzmarkt identifiziert bzw. eine Belieferung potentieller Produkthersteller geprüft werden, damit die zukünftige Biomasse in regionale Wertschöpfungsketten integriert werden kann.

2. Exkursionsgebiet: Schechenfilze bei Seeshaupt

Zweites Exkursionsgebiet ist das Naturschutzgebiet Schechenfilze bei Seeshaupt südlich des Starnberger Sees. Die Schechenfilze sind ein weitgehend naturnaher Hochmoorkomplex, dessen zentraler Bereich mit langsam wachsenden Moorkiefern („Spirken“, *Pinus mugo* ssp. *rotundata*) bestockt ist. Die Bäumchen erreichen eine mittlere Höhe von 2 m und sind bis zu

150 Jahre alt. Die Bodenvegetation ist kleinräumig heterogen strukturiert und wird von Torfmoosen (*Sphagnum cuspidatum*, *S. magellanicum*, *S. rubellum*), *Calluna vulgaris* und den Seggenarten *Carex elata*, *C. flacca*, *C. lepidocarpa*, *C. lasiocarpa*, *C. panicea*, *C. rostrata*, *C. echinata* und *C. nigra* dominiert (HANAK & URBAN 2016).

Der mittlere Wasserstand in den naturnahen Teilen des Exkursionsgebietes liegt etwa 6 cm unter der Oberfläche. An einem ca. 6 m mächtigen Torfprofil wird mittels Makrorestanalyse die Moorgenese erläutert. Das C/N-Verhältnis des Torfkörpers liegt bei 45, was auf die Nährstoffarmut des Standorts hinweist.

Nach der Vegetation und dem Moorprofil wird die Messstation Schechenfilz des Karlsruher Institutes für Technologie (KIT), an der das Institut für Ökologie und Landschaft der HSWT ebenfalls beteiligt ist, vorgestellt. Die Messstation ist Teil des europaweiten Netzwerkes zur kontinuierlichen, qualitativ hochwertigen und standardisierten Messung von Treibhausgasflüssen („Integrated Carbon Observation System“; ICOS, o. J.). Hier werden mit der EDDY-Kovarianzmethode Flussmessungen von CO₂- und CH₄ durchgeführt, mit dem Ziel, die Klimawirksamkeit eines naturnahen Referenzsystems im Hochmoor zu erfassen (Abb. 3).

In Ergänzung zu den ICOS-Messungen werden in einem vor 15 Jahren wiedervernässten Teil des Hochmoors durch die HSWT regelmäßig Haubenmessungen der verschiedenen Treibhausgasflüsse durchgeführt (Abb. 4). Die Messungen geschehen entlang eines Gradienten, der die Sukzession während der allmählichen Verlandung widerspiegelt. Die dabei gewonnenen Daten dienen dem Prozessverständnis der einzelnen Komponenten des Treibhausgasaustausches zwischen dem Hochmoor und der Atmosphäre. Die Erfolge der Renaturierungsmaßnahmen bezüglich Stoffhaushalt und Artenzusammensetzung werden diskutiert.



Abb. 3. ICOS-Messturm im Spirken-Bestand des Schechenfilzes (Foto: M. Drösler, März 2010).



Abb. 4. Haubenmessungen zur Erfassung der Treibhausgasflüsse in einem vor rund 12 Jahren wiedervernässten Bereich des Schechenfilzes. (Foto: M. Drösler, Januar 2011).

3. Exkursionsgebiet: Kirchsee-Filzen

Der Moorkomplex der Kirchsee-Filzen liegt im beckenartig aufgeweiteten Talraum der Ur-Isar, in dem sich nach Umlagerung des Flusslaufes Moore entwickelt haben (SCHUARDT & RUFF 2018). Zusammen mit dem ebenfalls im Urstromtal der Isar entstandenen Ellbach-Moor, das direkt südlich an die Kirchsee-Filzen anschließt, bildet das bereits 1940 ausgewiesene Naturschutzgebiet Ellbach-Kirchseemoor einen der mit 798 ha größten zusammenhängenden Moorkomplexe Bayerns. Bis heute finden sich mit Kalknieder-, Hangquell-, Quelltrichter- und Zwischenmooren sowie dystrophen Moorseen eine große Vielfalt an Moorlebensräumen, was wesentlich zur hohen Artenvielfalt und zur naturschutzfachlichen Bedeutung dieses Gebietes beiträgt. In den Kirchsee-Filzen nehmen die Hoch- und Übergangsmoore mit 80 % den größten Flächenanteil ein. Die Hochmoor-Torfe erreichen eine Mächtigkeit von bis zu 8 m. Das Gebiet wird von mehreren natürlichen, stark mäandrierende Bächen durchströmt. Niedermoor-Torfe kommen vor allem in den Randbereichen und im Einflussbereich der mineralwassergespeisten Bäche vor.

Charakteristische Arten der weitgehend unbeeinflussten Hochmoor-Bereiche sind: *Carex canescens*, *C. echinata*, *C. lasiocarpa*, *C. limosa*, *Eriophorum angustifolium*, *Drosera rotundifolia*, *Lycopodiella inundata*, *Menyanthes trifoliata*, *Rhynchospora alba* und *R. fusca*. Auf den weitgehend gehölzfreien Hochmoorflächen wachsen vereinzelt *Pinus mugo* ssp. *rotundata*, *Picea abies*, *Betula pubescens*, *Pinus sylvestris* und *Frangula alnus* (SCHUARDT & RUFF 2018).

Ehemals genutzte Bereiche sind von *Calluna vulgaris* und *Molinia caerulea* agg. geprägt, *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia* und *Vaccinium oxycoccos* sind häufig beigemischt. In den randlichen Niedermoorbereichen finden sich artenreiche Pfeifengraswiesen, die seit Jahrhunderten extensiv als Streuwiesen genutzt werden. Folgende Kennarten sind dort regelmäßig zu finden: *Parnassia palustris*, *Schoenus ferrugineus*, *Primula farinosa*, *Tofieldia calyculata*, *Epipactis palustris*, *Trollius europaeus*, *Succisa pratensis*, *Gentiana asclepiadea*, *Galium boreale* u. a. (SCHUARDT & RUFF 2018). Die Erhaltung der Artenvielfalt durch den Schutz der naturnahen Flächen vor Nährstoffeinträgen, eine auf die Ansprüche der auf den extensiv bewirtschafteten Flächen vorkommenden Sippen angepasste Pflege und die Lenkung der Besucher und der touristischen Infrastruktur, die vor allem den Umgriff des Kirchsees erheblich beeinträchtigen, sind wichtige Ziele der lokalen Naturschutzaktivitäten.

Literatur

- DRÖSLER, M. (2009): Was haben Moore mit dem Klima zu tun? What is the link between peatlands and climate change? – Laufener Spezialbeiträge 2: 60–70.
- DRÖSLER, M., EICKENSCHIEDT, T., BODMER, U., HEUWINKEL, H., MEINKEN, E., MONING, C., BOCKERMANN, C., HARTUNG, C. & THEN, M. (2016): Paludikulturen für Niedermoorböden in Bayern – Etablierung, Klimarelevanz & Umwelteffekte, Verwertungsmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit (MOORuse). – Forschungsbericht der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.
- HANAK, A. & URBAN, R. (2016): Biotop 8133-1043 – Beschreibung und Arten. – In: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.): Fachinformationssystem Natur (FIN-Web). Datenbank zur Biotopkartierung Flachland. – URL: https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/pretty_downloaddienst.htm?dld=biotopkartierung. [Zugriff am 29.04.2022].
- HOFMANN, B. & SCHMIDT, F. (1989): Moore. – In: FETZER, K.D., GROTTENTHALER, W., HOFMANN, B., JERZ, H., RÜCKERT, G., SCHMIDT, F. & WITTMANN, O.: Standortkundliche Bodenkarte von Bayern 1:50000. München – Augsburg und Umgebung: 70–71. Bayer. Geol. Landesamt, München (Hrsg.).
- ICOS (o. J.): Beobachtungsstandorte – Schechenfilz. – URL: <https://www.icos-infrastruktur.de/icos-d/komponenten/oekosysteme/beobachtungsstandorte/schechenfilz-assoziert/> [Zugriff am 05.05.2022].
- KOHLER, A. & VEIT, U. (2009): Makrophyten in bayerischen Fließgewässern. Verbreitung, Bioindikation, Langzeit-Monitoring und Biotop-Management. – Laufener Spezialbeiträge 2/09: 73–83.
- SAITNER, A. (1997): Biotop 7636-0095 und 7636-0096 – Beschreibung und Arten. – In: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.): Fachinformationssystem Natur (FIN-Web). Datenbank zur Biotopkartierung Flachland. – URL: https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/pretty_downloaddienst.htm?dld=biotopkartierung [Zugriff am 29.04.2022].
- SCHUARDT, W. & RUFF, M. (2018): Biotop 8235-0136 – Beschreibung und Arten. – In: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.): Fachinformationssystem Natur (FIN-Web). Datenbank zur Biotopkartierung Flachland. – URL: https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/pretty_downloaddienst.htm?dld=biotopkartierung [Zugriff am 29.04.2022].

Vegetation und Management der Flussschotterheiden in der Münchner Schotterebene

Harald Albrecht^{1*}, Timo Conradi², Michael Jeschke³, Katharina Krimmer⁴,
Tobias Maier⁵ & Markus Bauer¹

¹Lehrstuhl für Renaturierungsökologie, Technische Universität München,
Emil-Ramann-Str. 6, 85354 Freising;

²Lehrstuhl für Pflanzenökologie, Universität Bayreuth, Universitätsstraße 30, 95447 Bayreuth;

³Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft,

Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising;

⁴Krimmer – Samen und Pflanzen für naturnahes Grün, Sünzhauser Str. 5, 85354 Pulling;

⁵Heideflächenverein Münchner Norden e.V., Bezirksstraße 27, 85716 Unterschleißheim

*Korrespondierender Autor, E-Mail: harald.albrecht@tum.de

Zusammenfassung

Erstes Exkursionsziel ist die Garchinger Heide. Sie ist ein Relikt der historischen Heidelandschaft in der intensiv genutzten Münchner Schotterebene. Pflanzensoziologisch lässt sich die Vegetation in die dichten, an *Brachypodium rupestre*-reicheren Formationen des *Adonis vernalis*-*Brachypodium rupestre*-Gesellschaft und die weniger wüchsigen Bestände des *Pulsatilla-Caricetum humilis* differenzieren. Zur Artenvielfalt des Gebietes tragen neben den typischen Pflanzen der Magerrasen dealpine und kontinentale Florenelemente bei. Aktuell beheimatet die Fläche 61 Arten auf der Roten Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Deutschlands und/oder Bayerns. *Pulsatilla patens*, *Centaurea triumphettii* und *Danthonia alpina* kommen in Deutschland ausschließlich in der Garchinger Heide vor, weitere stark gefährdete Arten sind *Adonis vernalis*, *Iris variegata*, *Linum perenne*, *Scabiosa canescens* und *Scorzonera purpurea*. Auf dem Rollfeld, einem 80 Jahre alten Oberbodenabtrag, finden sich zudem seltene Vertreter der Bunten Erdflechtengesellschaft. Obwohl die Garchinger Heide seit über 100 Jahren mit naturschutzfachlicher Zielsetzung gepflegt wird, kam es zur Abnahme vieler Zielarten. Mögliche Ursachen sind Eutrophierung, Fragmentierung, Bestäubermangel, Samenenntnahme, Kaninchenfraß und das Pflegeregime. 2021 wurde ein neuer Pflege- und Entwicklungsplan verabschiedet, der diese negative Tendenz u. a. durch ein differenziertes Mahdregime, Striegeln pleurokarper Moose eindämmen soll. Um diesen Lebensraum zu vergrößern, wurden 1993 Erweiterungsflächen angelegt, wo sich ein Teil der Zielarten erfolgreich etablieren konnte. Die Produktion und Ausbringung von Regiosaatgut, das auch auf den Erweiterungsflächen der Garchinger Heide und auf der Fröttmaninger Heide ausgebracht wurde, wird am dritten Exkursionspunkt, Regiosaatgut-Vermehrungsbetrieb Krimmer, gezeigt und diskutiert.

Zweites Exkursionsziel ist das NSG Fröttmaninger Heide, ein ehemaliger Truppenübungsplatz nördlich von München. Das Gebiet hat eine deutlich geringere floristische Artenvielfalt, stellt aber ein wichtiges FFH-Biotop dar und ist mit seinem Mosaik aus Kalkmagerrasen und Kiefern Sukzessionswäldchen eine attraktive Erholungsfläche für die Stadtbevölkerung. Die Artenausstattung, Konflikte zwischen Besucherdruck und Naturschutz und entsprechende Lösungsansätze sind die dortigen Themen.

1. Exkursionsgebiet Nördliche Münchner Schotterebene

Die Garchinger und die Fröttmaninger Heide sind beide Relikte der einst im nördlichen Teil des Naturraums Münchner Schotterebene großflächig verbreiteten Grasheiden (WIEDEMANN 2007). Das Ausgangsgestein im Gebiet sind karbonatreiche Schotter und Schmelzwassersande, die vor den Endmoränen der pleistozänen Gletscher nach Norden austreichen und so die tertiären Sedimente des bayerischen Molasse-Beckens überdecken (HENNINGSEN & KATZUNG 2002). Im Spät- und Postglazial haben sich aus diesem Kalkschotter flachgründige Pararendzinen als dominanter Bodentyp entwickelt. Im Grünland sind diese Böden unter ungestörten Bedingungen in der Regel durch die Horizontabfolge A_h - A_hC_v - C_v gekennzeichnet (GROTTENTHALER 1986). Der stark durchwurzelte A_h -Horizont besteht aus stark humosem, sandig-tonigen Lehm, der aufgrund langjähriger Entkalkung kaum noch Steine enthält und in der Regel schwach sauer reagiert. In einer Tiefe von 10–40 cm findet sich der A_hC_v -Übergangshorizont, der durch karbonatreichen, sandig-tonigen Lehm mit deutlich höheren Kiesanteilen gekennzeichnet ist (GROTTENTHALER 1986, Abb. 1). Der nach unten anschließende C_v -Horizont besteht aus graubraunem, äußerst karbonatreichem, sandigem Kies. Der Grundwasserflurabstand in der Garchinger Heide beträgt ca. 4 m, in der Fröttmaninger Heide ca. 8 m. Der mittlere Jahresniederschlag am nahegelegenen Flughafen München liegt bei 761 mm, der regenreichste Monat war der Juli mit durchschnittlich 101 mm, am regenärmsten ist der Februar mit 35 mm (1993–2021; WETTERKONTOR o.J.). Trotz der summarisch reichlichen Sommerniederschläge ist die Niederschlagsverteilung in den Sommermonaten sehr ungleichmäßig, wobei sich Starkregenereignisse mit mehrwöchigen



Abb. 1. Pararendzina im NSG Garchinger Heide. Unter dem dicht durchwurzelten, fast steinfreien A_h -Horizont aus sandig-schluffigem bis sandig-tonigem Lehm folgt zwischen 10–40 cm ein lehmiger A_hC_v -Übergangshorizont mit deutlich erhöhtem Kiesanteil bevor ab ca. 40 cm sandig-kiesiger Schotter ansteht. Eine geringe Feldkapazität und Nährstoffsorption sind wichtige Ursachen für das Vorkommen von Kalkmagerrasen im Gebiet. Solche ungestörten Bodenprofile sind im Gebiet kaum noch vorhanden (Foto: H. Albrecht, Mai 2017).

Trockenphasen abwechseln. Solche Merkmale, die zum Subkontinentalklima überleiten, werden auch in der für Deutschland großen Temperaturamplitude von $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Januar und $18,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Juli deutlich.

Für die Pflanzen der Grasheiden sind die beschriebenen Lebensbedingungen mit Stress verbunden. Aufgrund der flachgründigen Feinbodenauflage und der teilweise erhöhten Sandanteile ist die nutzbare Feldkapazität nur gering. Bei mehrwöchigen Trockenphasen mit hohen Sommertemperaturen kommt es regelmäßig zu Trockenstress, der die typische Vegetation der Kalkmagerrasen fördert während kühle und regenreiche Sommer eher Arten des Wirtschaftsgrünlandes begünstigen (KIEHL et al. 2003). Zudem ist die Nährstoffverfügbarkeit der Heideböden sehr gering, was auf den sehr hohen Karbonatanteil des Ausgangsgesteins (kaum P und K), den geringen Feinbodenanteil des Bodens (Auswaschung von pflanzenverfügbarem N) und den jahrhundertlangen Biomasseentzug durch Mahd und Beweidung zurückzuführen ist. Neben der vielfältigen Vegetation sind die über Jahrtausende ungestört entstandenen Pararendzinen dieser Grasheiden durch die seit dem 19. Jh. zunehmende Ackernutzung und dem in den letzten Jahrzehnten rasant voranschreitenden Flächenverbrauch für Siedlung, Verkehr und Kiesabbau zu einem bislang wenig beachteten, aber stark bedrohten Schutzgut geworden.

Florengographisch tragen Arten aus drei Florenprovinzen entscheidend zur Artenvielfalt der Grasheiden der Münchner Schotterebene bei. Arten wie *Gentiana clusii*, *G. verna* oder *Globularia cordifolia* repräsentieren dabei die alpine Vegetation. Beispiele aus kontinentalen Steppengebieten sind *Anemone patens*, *Adonis vernalis*, *Linum perenne* oder *Scorzonera humilis* (WINDOLF 1989). In mitteleuropäischen Kalkmagerrasen weiter verbreitet sind schließlich submediterrane Florenelemente wie *Polygala chamaebuxus*, *Helianthemum mummularium*, *Anthericum ramosum*, *Dorycnium germanicum* sowie verschiedene Orchideenarten. Viele Arten sind nur locker einzelnen Florenprovinzen zugeordnet wie z. B. *Erica herbacea*, die in den Alpen und im Alpenvorland vorkommt, zudem aber auch in und um andere Gebirge Mittel- und Südeuropas verbreitet ist. Die an den Exkursionspunkten gefundenen Arten zeigt Tabelle 2 am Ende dieses Beitrags.

Urkatasterkarten belegen, dass große Teile der nördlichen Münchner Schotterebene bis ins 19. Jahrhundert mit Grasheiden bedeckt waren, die in der Regel durch Allmendbeweidung genutzt wurden (CONRADI et al. 2017). Mit Ausnahme kleiner Dörfer und der kreisförmig darum angeordneten Ackerflächen erstreckten sich diese Allmendflächen auf den grundwasserfernen Schotterflächen von Pulling im Norden bis weit ins heutige Stadtgebiet von München hinein. Da die Weidetiere tagsüber auf den Allmendflächen grasten und nachts auf den Bracheäckern der Dreifelderwirtschaft gepfercht wurden, fand im Gebiet bis Ende des 19. Jh. ein Nährstofftransfer von den Weideflächen auf die Äcker statt. Die Einführung von N-fixierenden Schmetterlingsblütlern in die Fruchtfolgen sowie die Entwicklung einer regelmäßigen Ackerdüngung führten zur Wende vom 19. zum 20. Jh. dazu, dass große Teile des Gebietes von der Grünland- in die Ackernutzung überführt wurden (WIEDEMANN 2007).

2. Exkursionspunkt Garchinger Heide

Erstes Exkursionsziel ist das Naturschutzgebiet Garchinger Heide, eine der artenreichsten und am besten erhaltenen Kalkmagerrasen Südbayerns (CONRADI & KOLLMANN 2016, CONRADI et al. 2017). Auch diese für ihre reiche floristische Ausstattung bekannte Fläche war Ende des 19. Jh. stark von der rasch voranschreitenden Umwandlung von Grasheide in Ackerland bedroht. Um diese naturschutzfachlich besonders wertvolle Fläche zu retten,

wurden deshalb zwischen 1908 und 1914 22,8 ha durch die Bayerische Botanische Gesellschaft (BBG) erworben, weitere 4,1 ha kamen später dazu, was heute eine Gesamtfläche von 26,9 ha ergibt (GEISEL 1989). Die Garchinger Heide ist somit nach dem Köhlsheimer Gipshügel bei Bad Windsheim das zweitälteste Naturschutzgebiets Bayerns. Bereits in den ersten Kaufverträgen war eine beschränkte Heunutzung durch die Vorbesitzer vereinbart, weshalb davon auszugehen ist, dass die Fläche seit dem Ankauf gemäht wurde. Aufzeichnungen von Wolfgang Braun (unveröff.) zwischen 1972 und 1993 belegen, dass das gesamte Areal zu dieser Zeit alle zwei Jahre im Spätherbst gemäht und das Mähgut entfernt wurde. Ziel dieses Pflegeregimes war es, das Wachstum der Gräser zu begrenzen und ein Aussamen der Heidearten vor der Mahd zu ermöglichen (LIPPERT 1989). Ab 1993 wurde nur noch etwa die Hälfte der Heide jährlich in Streifen gemäht, um Refugialräume für die Tiere der Heide zu belassen. Im Jahr 2004 wurde der jährlich gemähte Anteil auf ca. 75 % der Fläche erhöht und der Mahdtermin in Teilen des Gebietes von Ende Oktober auf Anfang August bis Ende September vorverlegt. Das gewonnene Mähgut wird regelmäßig zur Mähgutübertragung und Etablierung neuer Kalkmagerrasen genutzt. Nach Zerstörung des nahegelegenen Militärflughafens Schleißheim in den letzten Kriegsmonaten 1945 wurde im Bereich des sogenannten Rollfeldes auf ca. 1,8 ha der Oberboden entfernt (Abb. 1) um eine neue Landebahn für Flugzeuge zu schaffen. Wegen des Kriegsendes wurde dieses Projekt jedoch nicht fertiggestellt (KOLLMANNBERGER & GEISEL 1989).

Für die Garchinger Heide sind nach 1970 insgesamt 267 Gefäßpflanzenarten nachgewiesen (PÖLLINGER & KIEFER 2019). Aktuell sind für die Garchinger Heide Vorkommen von 61 Gefäßpflanzenarten bestätigt, die auf der Roten Liste der gefährdeten Pflanzen Deutschlands (RL-D; METZING et al. 2018) und/oder Bayerns stehen (RL-B; SCHEUERER & AHLMER 2003), Vorwarnstufen sind dabei nicht mitgerechnet. Dominante Arten sind *Carex humilis*, *Anthericum ramosum* und *Brachypodium rupestre*, denen stets eine große Zahl langsamwüchsiger und habitattypischer Gräser, Kräuter und Zwergsträucher beigemischt ist (CONRADI & KOLLMANN 2016, CONRADI et al. 2017). Pflanzensoziologisch lässt sich die Vegetation in die dichteren, an *Brachypodium rupestre* reicheren Formationen des *Adonis vernalis-Brachypodium rupestre-Gesellschaft* (vgl. RENNWALD 2000) und die weniger wüchsigen Bestände des *Pulsatilla-Caricetum humilis* differenzieren. *Pulsatilla patens*, *Centaurea triumfettii* und *Danthonia alpina* (s. Abb. 2) kommen in Deutschland ausschließlich



Abb. 2. a) *Pulsatilla patens*, b) *Centaurea triumfettii* und c) *Danthonia alpina* kommen in Deutschland ausschließlich auf der Garchinger Heide vor (Fotos: H. Albrecht, a) Mai 2021, b) Juni 2017, c) Juni 2021).



Abb. 3. Seltene Vertreter der Bunten Erdflechtengesellschaft auf dem Rollfeld in der Garchinger Heide: **a)** *Toninia sedifolia* (RL-D 2) und **b)** *Catapyrenium squamulosum* (ledrig, braun; RL-D 3) und *Psora decipiens* (hellbraun mit weißlichem Rand; RL-D 2). RL-D Flechten: WIRTH et al. (2018) (Fotos: M. Jeschke, Juni 2005).

auf der Garchinger Heide vor, weitere stark gefährdete Blütenpflanzen sind *Adonis vernalis*, *Daphne cneorum*, *Gladiolus palustris*, *Iris variegata*, *Linum perenne*, *Scabiosa canescens*, *Scorzonera purpurea*, *Veronica austriaca* und *Viola rupestris*. Das Rollfeld, ein 80 Jahre alter Oberbodenabtrag, beheimatet zudem eine Reihe besonderer Flechten. Dort finden sich mit *Bacidia bagliettoana*, *Toninia sedifolia*, *Catapyrenium squamulosum* und *Psora decipiens* eine ganze Reihe seltene Vertreter der Bunten Erdflechtengesellschaft (*Toninio-Psoretum decipientis* Stodiek 1937; Abb. 3; JESCHKE 2008).

Um die langfristige Entwicklung der Artenvielfalt und der naturschutzfachlichen Zielarten zu analysieren, wurden 2019 bis zu 35 Jahre alte Vegetationsaufnahmen wiederholt (BAUER & ALBRECHT 2020, BAUER et al. 2020). Als Referenz für den Ausgangszustand wurden 40 Frequenzaufnahmen von 1984 (LIEBERMANN 1985) und 1993 (HÖNGDOBLER 1995), sowie 42 Braun-Blanquet-Aufnahmen von RÖDER (2004) genutzt. Die Frequenzaufnahmen von 1984 und 1993 stammen nur aus dem Südteil der Heide, die Plots der Braun-Blanquet-Aufnahmen waren im Süd-, Mittel- und Nordteil des Gebietes geclustert. Weit über 90 % der pro Aufnahmeplot gefundenen Arten haben ihr Haupt- oder Nebenvorkommen in Kalkmagerrasen und wurden deshalb als Zielarten der Schutz- und Managementmaßnahmen definiert, Arten des Wirtschaftsgrünlandes oder der Ruderalvegetation wurden nicht den Zielarten zugerechnet. Die bei den Untersuchungen gefundenen Arten zeigt Tabelle 1. Obwohl das Pflegemangement der Garchinger Heide seit über 100 Jahren auf den Artenschutz ausgerichtet war, kam es zur Abnahme vieler Zielarten. Ihre Zahl ging auf den 1 m × 1 m großen Zählquadraten der Frequenzanalysen von 1984 bis 2018 im Mittel signifikant von 32,5 zu 27,3 zurück. Die Arten der Roten Listen Bayerns sank ebenfalls signifikant von 20,2 auf 17,5 pro Plot. Auf den 4 m² großen Aufnahmeplots wurden zwischen dem Hitzejahr 2003 und 2018 keine signifikanten Veränderungen der Artenzahlen beobachtet. Insgesamt 78 der Arten wurden oft genug gefunden, um die Veränderungstendenz statistisch auszuwerten. Bei zehn dieser Arten wurde in mindestens einer der Vergleichsuntersuchungen (Frequenzkartierung, Vegetationsaufnahme) zwischen der Erstaufnahme und 2018 eine signifikante Zunahme beobachtet, bei 26 Arten kam es zu einem signifikanten Rückgang.

Tabelle 1. Veränderungen in Präsenz-Absenz-Daten und in den durchschnittlichen Frequenz-/Deckungswerten bei den einzelnen Arten. Die Daten wurden mit zwei verschiedenen Methoden aufgenommen: Frequenzmethode auf 40 Quadraten (HÖNGDOBLER 1995, LIEBERMANN 1985) und Braun-Blanquet-Aufnahmen auf 42 Quadraten (RÖDER 2004). ‚+‘ und ‚-‘ markieren signifikante Unterschiede zwischen 1984 bzw. 2003 und 2018. S = Spezialisten = Arten, die typisch für Kalkmagerrasen. RL-D = Rote Liste Deutschland (METZING et al. 2018); RL-B = Rote Liste Bayern (SCHEUERER & AHLMER 2003). Kategorien der Roten Listen: 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; V = Vorwarnliste (Bestände rückläufig). Besondere Unterarten sind in Tabelle 2 angegeben.

Name	RL-D	RL-B	Spezialist	Frequenzmethode (1 m ²)		Braun-Blanquet-Methode (4 m ²)	
				Präsenz- Absenz	Durchschnittliche Frequenz	Präsenz- Absenz	Durchschnittliche Deckung
Arten mit Zunahme von 1973/1984 bis 2018				8 von 75 Arten (11 %)			
<i>Brachypodium rupestre</i>			S		+		
<i>Briza media</i>			S	+		+	
<i>Dorycnium germanicum</i>	3	3	S	+			+
<i>Festuca rupicola</i>		V	S		+	+	
<i>Helictotrichon pratense</i>		V	S	+		+	
<i>Inula hirta</i>	3	3	S	+			
<i>Thymus praecox</i>		V	S		+		
<i>Viola hirta</i>			S	+	+		
Arten mit Zunahme nur von 2003 bis 2018				6 von 70 Arten (9 %)			
<i>Bromus erectus</i>			S			+	
<i>Danthonia decumbens</i>		V				+	
Arten mit Abnahme von 1973/1984 bis 2018				20 von 75 Arten (27 %)			
<i>Asperula tinctoria</i>	3	3	S		-		
<i>Campanula rotundifolia</i>			S	-			
<i>Carex caryophylla</i>			S	-			
<i>Carex ericetorum</i>	3	3	S	-			
<i>Carex humilis</i>	V	V	S		-		
<i>Euphorbia verrucosa</i>		V	S	-			
<i>Filipendula vulgaris</i>	3	3	S		-		
<i>Galium boreale</i>			S		-		
<i>Gentianella germanica</i>	V	3	S	-			
<i>Helianthemum nummularium</i>			S		-		
<i>Hippocrepis comosa</i>		V	S		-		
<i>Linum perenne</i>	2	1	S		-		
<i>Pilosella hoppeana</i>	3	3	S		-		
<i>Pimpinella saxifraga</i>			S		-		
<i>Plantago media</i>				-			
<i>Potentilla incana</i>		3	S		-		
<i>Rhinanthus glacialis</i>	V	V	S		-		
<i>Sesleria albicans</i>			S	-			
<i>Betonica officinalis</i>			S		-		
<i>Thesium linophyllum</i>	3	3	S	-			
<i>Trifolium montanum</i>	V	V	S		-		
Arten mit Abnahme nur von 2003 bis 2018				5 von 70 Arten (7 %)			
<i>Pulsatilla patens</i>	1	1	S			-	-
<i>Biscutella laevigata</i>		3	S				-

Name	RL-D	RL-B	Spezialist	Frequenzmethode (1 m ²)		Braun-Blanquet-Methode (4 m ²)	
				Präsenz- Absenz	Durchschnittliche Frequenz	Präsenz- Absenz	Durchschnittliche Deckung
<i>Linum catharticum</i>			S			-	
<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>corniculatus</i>						-	
<i>Polygala chamaebuxus</i>		V	S				-
Arten mit uneinheitlicher Tendenz				3 von 75 Arten (4 %)		3 von 70 Arten (4 %)	
<i>Anthericum ramosum</i>		V	S	+	+		-
<i>Globularia cordifolia</i>			S		+		-
<i>Koeleria pyramidata</i>		V	S		-	+	
Arten ohne signifikante Tendenz				38 von 75 Arten (51 %)		37 von 70 Arten (53 %)	
<i>Adonis vernalis</i>	3	2	S				
<i>Agrostis capillaris</i>							
<i>Allium carinatum</i>	3	3	S				
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	3	3	S				
<i>Anthyllis vulneraria</i>		V	S				
<i>Asperula cynanchica</i>		V	S				
<i>Buphthalmum salicifolium</i>			S				
<i>Carduus defloratus</i>	V	V	S				
<i>Carex montana</i>			S				
<i>Centaurea angustifolia</i>		V	S				
<i>Centaurea scabiosa</i>			S				
<i>Cytisus ratisbonensis</i>	3	3	S				
<i>Daphne cneorum</i>	2	2	S				
<i>Erica carnea</i>		V	S				
<i>Euphorbia cyparissias</i>			S				
<i>Euphrasia officinalis</i>			S				
<i>Galium verum</i>			S				
<i>Genista tinctoria</i>	V		S				
<i>Gentiana verna</i>	3	3	S				
<i>Globularia bisnagarica</i>	3	3	S				
<i>Helictotrichon pubescens</i>							
<i>Knautia arvensis</i>							
<i>Koeleria macrantha</i>	V	3	S				
<i>Leontodon hispidus</i>			S				
<i>Leontodon incanus</i>	3	V	S				
<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>hirsutus</i>			S				
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	V	V	S				
<i>Pilosella officinarum</i>			S				
<i>Plantago lanceolata</i>							
<i>Polygala vulgaris</i>	V	V					
<i>Polygonatum odoratum</i>		V	S				
<i>Potentilla alba</i>	3	3	S				
<i>Prunella grandiflora</i>	V	V	S				
<i>Rhamnus saxatilis</i>		3	S				
<i>Salvia pratensis</i>			S				
<i>Scabiosa canescens</i>	3	2	S				
<i>Scabiosa columbaria</i>			S				
<i>Teucrium montanum</i>	V	V	S				
<i>Viola rupestris</i>	2	2	Z				

Eine Artengruppe, die deutlich zugenommen hat, sind Süßgräser wie *Brachypodium rupestre*, *Briza media*, *Bromus erectus*, *Danthonia decumbens*, *Festuca rupicola* and *Helictotrichon pratense*. Kleinwüchsige Arten der Kalkmagerrasen zeigten dagegen eher rückläufige Tendenzen. *Pulsatilla patens*, *Asperula tinctoria*, *Biscutella laevigata*, *Carex ericetorum*, *Filipendula vulgaris*, *Gentianella germanica*, *Linum perenne*, *Pilosella macrantha*, *Potentilla incana* und *Thesium linophyllum* sind Rote Liste-Arten mit signifikant rückläufiger Tendenz. *Adonis vernalis*, die neben *Pulsatilla patens* zu den naturschutzfachlichen Leitarten (s. u.) der Heide gehört, kam in den Vegetationsaufnahmen nicht häufig genug vor, um die Veränderung statistisch abzusichern. Individuenzählungen von 1991 und 2017 belegen aber für beide Arten einen deutlichen Rückgang der Populationsgröße (BAUER et al. 2020). Mit *Cytisus ratisbonensis*, *Daphne cneorum*, *Koeleria macrantha*, *Leontodon incanus*, *Potentilla alba*, *Rhamnus saxatilis*, *Scabiosa canescens* und *Viola rupestris* besiedeln 8 der 13 gefährdeten Arten ohne signifikante Veränderung neben Kalkmagerrasen auch gerne trockene, lichte Karbonat-Kiefernwälder (SEIBERT 1985), die beiden gefährdeten Arten mit signifikanter Zunahme. *Dorycnium germanicum* und *Inula hirta*, sind ebenfalls Arten, die auch in trockenwarmen Wäldern und Gebüsche vorkommen.

Auch wenn auf der Garchinger Heide keine der nach 1970 nachgewiesenen Arten verschwunden ist, zeichnet sich doch ein deutlicher Rückgang der Artenvielfalt ab. Es sind vor allem kleinere, konkurrenzschwache Arten, die unter dem Rückgang leiden, während hochwüchsige Gräser oder Arten, die auch in lichten Wäldern vorkommen können, keine klare Veränderung bzw. auch signifikante Zunahmen zeigen. Als mögliche Ursachen werden Eutrophierung, Fragmentierung, Bestäubermangel, Samenentnahme, Kaninchenfraß und das Pflegeregime diskutiert. Seit Frühjahr 2021 wurde deshalb ein neuer Pflege- und Entwicklungsplan umgesetzt, der diese negative Tendenz u. a. durch ein differenziertes Mahdregime und Striegeln pleurokarper Moose eindämmen soll.

Um den Lebensraum der typischen Tier- und Pflanzenarten der Kalkmagerrasen zu vergrößern, wurden 1993 auf ehemaligen Ackerflächen im Umfeld des NSG folgende vier Renaturierungsvarianten erprobt: (1) ohne Bodenabtrag und ohne Mähgut (Kontrolle), (2) ohne Bodenabtrag und mit sofortiger Mähgutübertragung 1993, (3) mit 40 cm Oberbodenabtrag (1993) und sofortiger Mähgutübertragung und (4) mit Oberbodenabtrag (1993) und Mähgutübertragung 10 Jahre später (HOFMANN et al. 2020). Das Mähgut wurde im NSG „Garchinger Heide“ gewonnen und in frischem Zustand auf die Empfängerflächen übertragen (KIEHL et al. 2006). Darüber hinaus wurden 9 bis 19 Jahre nach der Renaturierung insgesamt 11 nicht mit dem Mähgut übertragene Rote-Liste-Arten zwischenvermehrt und ausgesät. Wegen geringer Saatgutmengen erfolgte diese Ausbringung hauptsächlich auf Flächen mit Oberbodenabtrag, wo eine Vegetationsdeckung < 50 % gute Etablierungschancen versprach. Fünf seltene Arten wurden zudem auf Flächen ohne Oberbodenabtrag und ohne Mähgut ausgebracht.

Obwohl die erfolgreiche Etablierung von 89 kalkmagerrasentypischen Zielarten alleine auf 120 ProbepLOTS (HOFMANN et al. 2020) für ein sorgfältiges und effizientes Vorgehen bei der Renaturierung sprechen, waren auch 21 Jahre nach Beginn der Maßnahmen noch deutliche Unterschiede zwischen der Vegetation der Renaturierungsflächen und der Kalkmagerrasen des Naturschutzgebietes zu erkennen. Nur auf den Bodenabtragsflächen mit Einsaat seltener Arten erreichte die mittlere Zahl der Zielarten pro Plot inzwischen den Referenzwert in der Garchinger Heide. Obwohl diese Variante auch in der Artenzusammensetzung die größte Ähnlichkeit mit dem Naturschutzgebiet aufwies, zeigten sich auch 21 Jahre nach der Renaturierung noch deutliche Unterschiede. So förderte der Oberbodenabtrag über Kalk-

schotter stresstolerante Arten, die auf den reiferen Böden der Altheide nur subdominant vorkommen. Alle Renaturierungsvarianten mit Mähgutübertrag wiesen eine höhere Ähnlichkeit zur Spenderfläche auf als die unbehandelte Kontrolle. Auf Flächen ohne Abtrag wurde deren Etablierung durch konkurrenzkräftige Grünlandarten beeinträchtigt, die kontinuierlich 20–30 % zur Bestandsdeckung beitragen. Insgesamt konnten sich von den 61 Rote Liste-Arten des Naturschutzgebiets 24 erfolgreich in den Erweiterungsflächen etablieren. Auf den Erweiterungsflächen der Garching Heide wurde das ursprüngliche faktorielle Design nach zehn Jahren evaluiert und Flächen mit suboptimaler Entwicklung durch zusätzliche Mähgutübertragung und Aussaat von Rote Liste-Arten aufgewertet. Die Untersuchungen zum Erfolg der Renaturierung haben gezeigt, dass ein solcher „dynamischer Renaturierungsansatz“, der flexibel auf Fehlentwicklungen reagiert, vielversprechende Möglichkeiten bietet, artenreiches Grünland mit hohem Naturschutzwert in einer überschaubaren Zeitspanne zu etablieren. Den Autoren sind weltweit keine Renaturierungsprojekte für Kalkmagerrasen bekannt, wo ein so hoher Anteil gefährdeter Arten erfolgreich übertragen wurde und wo ein so hoher Anteil von Zielarten im Artenspektrum erreicht wurde.

3. Exkursionspunkt Fröttmaninger Heide

Zweites Exkursionsziel ist das 347 ha große Naturschutzgebiet Südliche Fröttmaninger Heide, das direkt nördlich an Wohngebiete der bayerischen Landeshauptstadt München angrenzt. Die Fröttmaninger Heide ist Teil des Areals zwischen dem Schloss Oberschleißheim und der Stadt München, das sich ursprünglich im Besitz der Wittelsbacher Kurfürsten befand. Nachdem es zunächst als Jagd- und Weideland genutzt wurde, erfolgte nach der Einrichtung eines regulären Bayerischen Heeres 1682 eine Umnutzung in militärisches Übungsgelände. Die im 19. Jh. im Naturraum einsetzende landwirtschaftliche Intensivierung und der Grünlandumbruch blieb dem Gebiet somit erspart. Andererseits waren im Gebiet während des 2. Weltkrieges Flakstellungen gegen die Luftangriffe auf München installiert, was zu heftiger Bombardierung führte und zahlreiche Bombenkrater hinterließ. Nach dem Krieg wurde das Areal u.a. für Kampf- und Schießübungen von Panzern und als Sprengplatz genutzt, weshalb der ursprüngliche Oberboden großflächig zerstört wurde. Wo dieser erhalten blieb, finden sich die bereits für die Garching Heide beschriebenen Pararendzinen (GROTTENTHALER 1986). Nach dem Fall des Eisernen Vorhanges in den 1990er Jahren wurde die militärische Nutzung im Gebiet sukzessiv zurückgefahren und im Südteil der Heide (Bereich des heutigen NSG) ganz eingestellt. Der 360 ha großen Nordteil blieb Standortübungsplatz, weitere Teile des Gebietes wurden zur Mülldeponie oder zum Baugebiet „Neue Heide“. Auf ehemaligem Heidegelände steht heute auch die Allianzarena.

Für das NSG sind durch Biotop-, NSG- und Artenschutzkartierung 293 höhere Pflanzenarten nachgewiesen, 37 Arten stehen auf der Roten Liste Deutschlands und/oder Bayerns (ohne Vorwarnliste) (ÖKOKART 2004 in JEUTHER & HOCHREIN 2010). Die für die Fröttmaninger Heide kennzeichnenden Vegetationsformationen sind Trocken- und Halbtrockenrasen unterschiedlichen Alters und Sukzessionsgrades, offene, mehr oder minder feuchte Kiesflächen mit Pioniervegetation und Trockenwälder mit Kieferndominanz.

Die pflanzensoziologische Zuordnung der Vegetation in der Fröttmaninger Heide gestaltet sich schwierig. Ein Grund dafür sind die vielfältigen Boden- und Vegetationsstörungen, denen das Gebiet bis heute unterliegt. So wurden Teile des Gebietes versiegelt, anderswo wurde der Oberboden entfernt oder aufgeschüttet und in wieder anderen Bereichen blieb die ungestörte



Abb. 4. Ökosysteme und Arten der Fröttmaninger Heide. **a)** Bei der Umwandlung des militärischen Übungsgeländes Fröttmaninger Heide wurden 347 ha als NSG ausgewiesen, neben fortbestehender militärischer Nutzung wurden weitere Teile Mülldeponie, Baugebiet oder dienen heute als Standort der Allianzarena. **b)** Mit Kiefern durchsetzte Grasheiden vermitteln einen Eindruck von der historischen Kulturlandschaft im Münchner Norden. **c)** Im Osten der Heide hinterließ die militärische Nutzung offene Schotterböden, auf denen nach häufiger Befahrung durch schweres Gerät der Kies zerrieben wurde und aus dem tonigen Verwitterungsrückstand temporär wasserstauende Flächen entstanden. **d)** *Scabiosa canescens* und **e)** *Rhinanthus glacialis*, zwei gefährdete Arten im NSG „Südliche Fröttmaninger Heide“ (Fotos: H. Albrecht, a) und b) Juni 2009, c) Februar 2021, d) Juli 2010, e) Juli 2019).

Pararendzina erhalten. Auch die Nutzungsintensität der Vegetation ist sehr vielfältig. So gibt es Areale mit unterschiedlich intensiver Beweidung, andere Bereiche werden gar nicht genutzt und unterliegen der Sukzession. So finden sich an Rohbodenstandorten Arten der *Sedo-Scleranthetea*, auf regulär beweideten Magerrasen wachsen mehr oder minder artenreiche Trespen-Halbtrockenrasen. Nach QUINGER et al. (1994) stellen diese Kalkmagerrasen der Isarheiden Komplexgesellschaften dar, die sich synsystematisch kaum zuzuordnen lassen und deshalb als ranglose Lokalgesellschaften geführt werden sollten. Dominant sind dort in der Regel *Brachypodium rupestre* und *Bromus erectus*. Zu den gefährdeten Arten des Naturchutzgebietes gehören u. a. *Scabiosa canescens*, *Filipendula vulgaris*, *Allium carinatum*, *Dorycnium germanicum*, *Asperula tinctoria*, *Rhinanthus glacialis* und *Potentilla alba* (ÖKOKART 2004 in JEUTHER & HOCHREIN 2010). Bemerkenswerterweise sind diese seltenen Arten oft in die hochwüchsigen und weniger stark beweideten Grasflächen eingebunden, die im südlichen, stadtnahen Teil der Fröttmaninger Heide ihren Verbreitungsschwerpunkt haben. In den intensiver beweideten Kurzrasen der nördlichen Heide finden diese Arten offensichtlich weniger günstige Entwicklungsbedingungen. Die nach Norden zunehmende Intensität der Schafbeweidung ist nicht zuletzt durch die abnehmende Störung durch Erholungssuchende und freilaufende Hunde zu erklären (s. u.).

Auf längerfristig ungenutzten Rohböden etablierten sich *Salix*-Gebüsche und im Bereich der Magerrasen siedelte sich *Pinus sylvestris* als Solitärpflanzen oder in Gehölzgruppen an. Wie EWALD & SCHEBL (2013) für die Kiefernbestände vieler Grasheiden der Münchner Ebene gezeigt haben, lassen sich solche Bestände aufgrund des durch Magerrasenarten geprägten Unterwuchses eher als Magerrasensukzession denn als pflanzensoziologisch klar umrissene Kiefernwälder beschreiben. Vor allem in den östlichen Bereichen der Fröttmaninger Heide, wo der Oberboden teilweise auf mehrere Meter Tiefe abgetragen wurde, hat sich eine Reihe von saisonal oder ganzjährig bespannten Wasserflächen entwickelt. Es ist anzunehmen, dass Ton- und Schluffpartikel, die durch Verwitterung aus dem Kalkmergel-Kies freigesetzt wurden, die Ursache dafür sind, dass sich in den Senken des Schotterbettes das Wasser staut (Abb. 4c). Wechselfeuchtezeiger aus dem *Molinion*-Verband wie *Molinia arundinacea* und sogar Wasserpflanzen wie *Alisma plantago-aquatica*, *Potamogeton trichoides*, *Typha angustifolia* und *Zannichellia palustris* wurden dort nachgewiesen. Im Vergleich zur Garchingener Heide sind große Teile der Fröttmaninger Heide artenärmer und naturschutzfachlich weniger hochwertig. Es fehlen insbesondere die langsam wachsenden Zwergsträucher und die beweidungsintoleranten Pflanzen. Den Großteil der Fröttmaninger Heide nehmen aber im Vergleich zur Garchingener Heide floristisch weniger wertvolle Bestände mit geringeren Arten-dichten ein, in denen insbesondere die langsam wüchsigen Zwergsträucher und beweidungs-intolerante Arten oft fehlen.

Überregionale Bedeutung besitzt das Gebiet dagegen als Lebensraum für Insekten, Reptilien und Amphibien (JEUTHER & HOCHREIN 2010). So war das Gebiet bis zur Aufteilung und teilweisen Bebauung eines der größten Habitats der Wechselkröte in Deutschland (*Bufo viridis*; FFH 4). Zudem finden sich eine große Population von Zauneidechsen (*Lacerta agilis*; FFH 4), der Europäische Laubfrosch (*Hyla arborea*; FFH 4) und bemerkenswerte Insekten wie Idas-Bläuling (*Plebejus idas*; RL-D 2), Himmelblauer Bläuling (*Lysandra bellargus*, RL-D 2), Zweibrütigem Würfeldickkopffalter (*Pyrgus armoricanus*; RL-D 1), Rostbinde (*Hipparchia semele*; RL-D 2) und die Blauflügelige Ödland-Schrecke (*Odedipoda caerulescens*; RL-D 2).

Das Gebiet ist einerseits ein wichtiges FFH-Biotop, stellt mit seinem Mosaik aus Kalkmagerrasen und Kiefern Sukzessionswäldchen jedoch auch eine attraktive Erholungsfläche für die Bevölkerung der Millionenstadt München dar. Nach der Aufgabe der militärischen Nutzung in den 1990er Jahren kam es insbesondere im Süden der Heide, der direkt an das Siedlungsgebiet der bayerischen Landeshauptstadt angrenzt, zu einem starken Anstieg der Erholungsnutzung (JEUTHER & HOCHREIN 2010). Das Gebiet wird gerne von Spaziergängern genutzt, die dort oft auch mit Hunden unterwegs sind. Vor der Einführung eines Wegegebotes wurden neben den breiten Kiesstraßen auch gerne die schmalen Trampelpfade durch Heide und lichte Kiefernwälder genutzt, wobei die Hunde oft von der Leine gelassen wurden. Entsprechende Konflikte durch Vermüllung, Störung von Weidetieren und von bodenbrütenden Vögeln wie Feldlerche, Heidelerche oder Kiebitz sowie die Verkotung der Fläche wurden zu ernsthaften naturschutzfachlichen Problemen (Abb. 5a und c). Ein schwerwiegendes Problem neben dieser Beeinträchtigung der Naturschutzgüter war auch, dass große Teile der Heide nicht entmunitioniert sind und die unkontrollierte Betretung mit hohen Sicherheitsrisiken verbunden ist. Um diese Konflikte und Probleme zu lösen, wurde von 2012 bis 2015 ein Bürgerbeteiligungsverfahren durchgeführt, das mit einer Kompromisslösung endete: Das Gebiet wurde in folgende vier Zonen eingeteilt: (i) Schutzzone mit Betretung nur auf Wegen, (ii) Erlebniszone mit freiem Betreten außerhalb der Brut- und Reproduktionszeiten verschiedener Tierarten; (iii) ganzjährig freies Betreten; sowie (iv) Umweltbildungszone am



Abb. 5. Naturschutzprobleme nach der Aufgabe der militärischen Nutzung in der Fröttmaninger Heide. **a)** Bei nicht repräsentativer Umfrage von Studierenden erfasste Besucherbewegungen, **b)** übersprayed Besucherordnung am Eingang zum Naturschutzgebiet und **c)** aus einem naheliegenden Supermarkt entwendeter und in der Heide abgestellter Einkaufswagen (Fotos: H. Albrecht, b) August 2016, c) Juni 2009).

U-Bahnhof Fröttmaning zur Regulierung der Besucherströme; Hunde dürfen überall nur an der Leine mitgeführt werden. Im Jahr 2016 erfolgte die Ausweisung als Naturschutzgebiet durch die Regierung von Oberbayern.

4. Exkursionspunkt Regiosaatgut-Vermehrungsbetrieb Krimmer

Letzter Exkursionspunkt ist der Regiosaatgut-Vermehrungsbetrieb Krimmer in Pulling bei Freising. Der Betrieb produziert gebietseigenes Saatgut nach den von PRASSE et al. (2010) ausgearbeiteten Standards zur Erzeugung von Regio-Saatgut von Wildpflanzen für die Ursprungsregion 16 „Unterbayerische Hügel- und Plattenregion“. Schwerpunkt der Saatgutherstellung ist die Bereitstellung von Einzelarten bzw. Artenmischungen für Aufträge mit naturschutzfachlichem Hintergrund und nicht die Produktion für den freien Markt. Der Betrieb führt Samen von ca. 350 verschiedenen regionalen Arten. So wurden von dem Betrieb auch die auf den Erweiterungsflächen der Garchinger Heide und im Umweltbildungsbereich der Fröttmaninger Heide ausgebrachten Arten gesammelt, zwischenvermehrt und wieder ausgesät.



Abb. 6. a) Mit Wildpflanzen eingesäte Anzuchtsschalen im Gewächshaus (Foto: H. Albrecht, Mai 2017) und **b)** in Lochfolien im Freiland pikierete Pflanzen (Foto: J. Kollmann, Mai 2016).

Literatur

- BAUER, M. & ALBRECHT, H. (2020): Vegetation monitoring in a 100-year-old calcareous grassland reserve in Germany. – *Basic Appl. Ecol.* 42: 15–26.
- BAUER, M., KIEFER J. & ALBRECHT, H. (2020): Vegetationsveränderungen auf Dauerbeobachtungsflächen im Naturschutzgebiet Garchinger Heide über 35 Jahre. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 90: 43–66.
- BECKMANN, M. (2008): Biotopkartierung Flachland – Datenbank. – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (Hrsg.): – URL: https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/pretty_downloaddienst.htm?dld=biotopkartierung. [Zugriff am 25.02.2022].
- CONRADI, T. & KOLLMANN, J. (2016): Species pools and environmental sorting control different aspects of plant diversity and functional trait composition in recovering grasslands. – *J. Ecol.* 104: 1314–1325.
- CONRADI, T., TEMPERTON, V.M. & KOLLMANN, J. (2017): Beta diversity in human-transformed landscapes: Control of community assembly by regional productivity and historical connectivity. – *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 24: 1–10.
- EWALD, J. & SCHEBL, A. (2013): Kiefer am Scheideweg: Heidewälder in der nördlichen Münchener Ebene. – *Tuexenia* 33: 9–24.
- GEISEL, O. (1989): Von den Anfängen zum heutigen Naturschutzgebiet – und die Zukunft? – In: GEISEL, O. (Hrsg.): *Garchinger Heide Echinger Lohe. Naturschutzgebiete in der Gemeinde Eching, Landkreis Freising: 76–80. Gemeinde Eching.*
- GROTTENTHALER, W. (1986): Böden aus jüngerem (holozänen und jungpleistozänen) Schottern. – In: FETZER, K.D., GROTTENTHALER, W., HOFMANN, B., JERZ, H., RÜCKERT, G., SCHMIDT, F. & WITTMANN, O.: *Standortkundliche Bodenkarte von Bayern 1:50000. München – Augsburg und Umgebung: 52–55. Bayer. Geol. Landesamt, München (Hrsg.).*
- HENNINGSEN, D. & KATZUNG, G. (2002): *Einführung in die Geologie Deutschlands. 6. Aufl. – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 214 pp.*
- HOFMANN, S., CONRADI, T., KIEHL, K. & ALBRECHT, H. (2020): Effects of different restoration treatments on long-term development of plant diversity and functional trait composition in calcareous grasslands. – *Tuexenia* 40: 175–200.
- HÖNGDOBLER, M. (1995): *Passives Umweltmonitoring auf geobotanischen Dauerbeobachtungsflächen. Statistische Auswertung und Interpretation der Vegetationsaufnahmen von 1973, 1984 und 1993 im Naturschutzgebiet Garchinger Haide. – Diplomarbeit, TU München: 61 pp.*
- JESCHKE, M. (2008): *Einfluss von Renaturierungs- und Pflegemaßnahmen auf die Artendiversität und Artenzusammensetzung von Gefäßpflanzen und Kryptogamen in mitteleuropäischen Kalkmagerrasen. – Dissertation TU München: 142 pp.*
- JEUTHER, B. & HOCHREIN, U. (2010): *Pflege- und Entwicklungskonzept Fröttmaninger Heide. – Lohrer.Hochrein Landschaftsarchitekten und PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz, München: 217 pp. – URL: https://heideflaechenverein.de/projekte/frh/Bericht_PEPL_FroeHei_Maerz2010.pdf [Zugriff am 31.01.2022].*
- KIEHL, K., THORMANN, A. & PFADENHAUER, J. (2003): Nährstoffdynamik und Phytomasseproduktion in neu angelegten Kalkmagerrasen auf ehemaligen Ackerflächen. – In: PFADENHAUER, J. & KIEHL, K. (Hrsg.): *Renaturierung von Kalkmagerrasen. – Angew. Landschaftsökol.* 55: 39–71.
- KIEHL, K., THORMANN, A. & PFADENHAUER, J. (2006): Evaluation of initial restoration measures during the restoration of calcareous grasslands on former arable fields. – *Rest. Ecol.* 14: 148–156.
- KOLLMANSBERGER, G. & GEISEL, O. (1989): Soldaten auf der Heide. – In: GEISEL, O. (Hrsg.): *Garchinger Heide Echinger Lohe. Naturschutzgebiete in der Gemeinde Eching, Landkreis Freising: 66–67.*
- LIEBERMANN, C. (1985): *Vegetationsentwicklung auf verschiedenen Standorten im Naturschutzgebiet Garchinger Heide. – Diplomarbeit TU München: 75 pp.*
- LIPPERT, W. (1989): *Pflegemaßnahmen auf der Haide, warum? – In: GEISEL, O. (Hrsg.): Garchinger Heide Echinger Lohe. Naturschutzgebiete in der Gemeinde Eching, Landkreis Freising: 82–83. Gemeinde Eching.*
- METZING, D., HOFBAUER, N., LUDWIG, G. & MATZKE-HAJEK, G. (2018): *Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 7: Pflanzen. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg: 784 pp.*

- PÖLLINGER, A. & KIEFER, J. (2019): Gesamtartenliste Pflanzenarten der Garchinger Heide. Unveröffentlichtes Gutachten. – Schober Gesellschaft für Landschaftsarchitektur mbH, Freising: 8 pp.
- PRASSE, R., KUNZMANN, D. & SCHRÖDER, R. (2010): Entwicklung und praktische Umsetzung natur-schutzfachlicher Mindestanforderungen an einen Herkunftsnachweis für gebietseigenes Wild-pflanzensaatgut krautiger Pflanzen. – Abschlussbericht zum Forschungsprojekt (DBU). Institut für Umweltplanung, Hannover: 166 pp.
- QUINGER, B., BRÄU, M. & HÖLZEL, N. (1994): Die wichtigsten Kalkmagerrasen-Lebensraum-Typen Bayerns. – Landschaftspflegekonzept Bayern. Band II.1: Lebensraumtyp Kalkmagerrasen. 225–266. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München (Hrsg.).
- RENNWALD, E. (2000): Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands mit Anmerkungen zur Gefährdung. – Schriftenr. Vegetationskd. 35: 393–592.
- RÖDER, D. (2004): Populationsökologische Untersuchungen an *Pulsatilla patens* (L.) Mill im Naturschutzgebiet Garchinger Heide. – Diplomarbeit TU München: 52 pp.
- SCHEUERER, M. & AHLMER, W. (2003): Rote Liste der gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg: 372 pp.
- SEIBERT, P. (1985): *Erico-Pinetea*. – In: OBERDORFER, E. (2001): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsch. 2. Aufl.: 54–93. Ulmer, Stuttgart.
- WETTERKONTOR (o.J.): Monats- und Jahreswerte für München (Flughafen). – URL: <https://www.wetterkontor.de/wetter-rueckblick/monats-und-jahreswerte.asp?id=174&jr0=1990&jr1=2021&mo0=1&mo1=12> [Zugriff am 31.01.2022].
- WIEDEMANN, S. (2007): Die Entwicklung der Wald- und Heideflächen im Münchner Norden zwischen 1800 und 2000. – Diplomarbeit FH München: 58 pp.
- WINDOLF, W. (1989): Pflanzenwanderungen. – In: GEISEL, O. (Hrsg.): Garchinger Heide Eching Lohe. Naturschutzgebiete in der Gemeinde Eching, Landkreis Freising: 21–23. Gemeinde Eching.
- WIRTH, V., HAUCK, M., BRACKEL, W. VON ... HEINRICH, D. (2011): Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands. – In: LUDWIG, G. & MATZKE-HAJEK, G. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 6: Pilze (2) – Flechten und Myxomyzeten. – Naturschutz Biol. Vielfalt 70(6): 7–122.

Tabelle 2. Charakteristische Arten und Rote-Liste-Status der in der Garchinger Heide (PÖLLINGER & KIEFER 2019, BAUER et al. 2020), auf Erweiterungsflächen (1029, 1030, 1031, 1035, 1036, 1037, 1040, 1041 und 1042; BECKMANN 2008, HOFMANN et al. 2020) und in der Fröttmaninger Heide (JEUTHER & HOCHREIN 2010) nachgewiesenen Farn- und Blütenpflanzen. Die Aufstellung enthält nur die nach 1980 nachgewiesene Sippen; selten gefundene Gehölze sowie Arten von Ruderalflächen, Acker- und Grünland fehlen. Die Einstufung der Gefährdung für die Bundesrepublik Deutschland (BRD) folgt METZING et al. (2018), die für Bayern SCHEUERER & AHLMER (2003). Rote Liste-Status: 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; V = Vorwarnstufe; G = Gefährdung anzunehmen; nb = nicht bewertet, eingebürgert. Um die Nachvollziehbarkeit der Artbezeichnungen in den Roten Listen zu gewährleisten, folgt ihre Nomenklatur ebenfalls METZING et al. (2018).

Wissenschaftliche Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Vorkommen			Rote-Liste-Status	
		Garchinger Heide	Garchinger Heide Erweiterung	Fröttmaninger Heide	BRD	Bayern
<i>Achillea collina</i>	Hügel-Schafgarbe	x	x			V
<i>Acinos alpinus</i>	Alpen-Steinquendel	x	x			
<i>Acinos arvensis</i>	Steinquendel			x		V
<i>Adonis vernalis</i>	Frühlings-Adonisröschen	x			3	2
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Kleiner Odermennig	x	x	x		
<i>Agrostis canina</i> agg.	Hunds-Straußgras			x		
<i>Agrostis capillaris</i>	Rotes Straußgras	x		x		
<i>Ajuga genevensis</i>	Genfer Günsel	x		x		V
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Gewöhnlicher Froschlöffel			x		V
<i>Allium carinatum</i> ssp. <i>carinatum</i>	Gekielter Lauch	x	x	x	3	3
<i>Allium lusitanicum</i>	Berg-Lauch	x				V
<i>Allium oleraceum</i>	Gemüse-Lauch			x		
<i>Alopecurus geniculatus</i>	Knick-Fuchsschwanzgras			x		V
<i>Alyssum alyssoides</i>	Kelch-Steinkraut	x		x	3	V
<i>Antennaria dioica</i>	Gemeines Katzenpfötchen	x			3	3
<i>Anthericum ramosum</i>	Ästige Graslilie	x	x	x	V	V
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Gemeines Ruchgras	x				
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>carpatica</i>	Gewöhnlicher Wundklee	x	x	x		
<i>Aquilegia atrata</i>	Schwarzviolette Akelei	x				
<i>Aquilegia vulgaris</i> agg.	Gewöhnliche Akelei	x		x	V	V
<i>Arabis hirsuta</i>	Behaarte Gänsekresse	x	x	x	V	V
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Echte Bärentraube	x			2	2
<i>Arenaria serpyllifolia</i> ssp. <i>serpyllifolia</i>	Quendel-Sandkraut	x	x			
<i>Arnica montana</i>	Berg-Wohlverleih	x			3	3
<i>Asperula cynanchica</i>	Hügel-Meier	x	x	x	V	V
<i>Asperula tinctoria</i>	Färber-Meier	x	x	x	3	3
<i>Aster amellus</i>	Berg-Aster	x			3	3
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	Süßer Tragant			x		
<i>Bartsia alpina</i>	Europäischer Alpenhelm	2				
<i>Berberis vulgaris</i>	Gewöhnliche Berberitze	x		x		
<i>Betonica officinalis</i>	Heil-Ziest	x	x			
<i>Betula pubescens</i> ssp. <i>pubescens</i>	Moor-Birke	x				V
<i>Biscutella laevigata</i> ssp. <i>kernerii</i>	Kerners Brillenschötchen	x	x	x	3	3
<i>Bistorta viviparum</i>	Knöllchen-Knöterich			x		
<i>Brachypodium rupestre</i>	Felsen-Zwenke	x	x	x		

Wissenschaftliche Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Vorkommen			Rote-Liste-Status	
		Garchinger Heide	Garchinger Heide Erweiterung	Fröttmanner Heide	BRD	Bayern
<i>Briza media</i>	Gewöhnliches Zittergras	x	x	x		
<i>Bromus erectus</i>	Aufrechte Trespe	x	x	x		
<i>Bupthalmum salicifolium</i>	Weidenblättriges Ochsenauge	x	x	x		
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Land-Reitgras	x	x	x		
<i>Calamagrostis varia</i>	Berg-Reitgras	x				V
<i>Calluna vulgaris</i>	Heidekraut	x		x		
<i>Campanula glomerata</i> ssp.	Knäuel-Glockenblume	x	x		3	V
<i>Campanula persicifolia</i>	Pfirsichbl. Glockenblume			x		
<i>Campanula rapunculoides</i>	Acker-Glockenblume	x		x		
<i>Campanula rotundifolia</i>	Rundblättrige Glockenblume	x	x	x		
<i>Campanula trachelium</i>	Nesselblättrige Glockenblume	x				
<i>Carduus acanthoides</i>	Weg-Distel	x	x	x		
<i>Carduus defloratus</i> ssp. <i>defloratus</i>	Berg-Distel	x			V	V
<i>Carex caryophyllea</i>	Frühlings-Segge	x		x	V	
<i>Carex ericetorum</i>	Heide-Segge	x	x		3	3
<i>Carex flacca</i>	Blaugüne Segge	x		x		
<i>Carex humilis</i>	Erd-Segge	x	x	x	V	V
<i>Carex montana</i>	Berg-Segge	x		x		
<i>Carex ornithopoda</i> s.str.	Vogelfuß-Segge			x		
<i>Carex pallescens</i>	Bleiche Segge			x		
<i>Carex pilulifera</i>	Pillen-Segge	x				
<i>Carex sempervirens</i>	Horst-Segge	x				
<i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>simplex</i>	Silberdistel	x	x	x	V	V
<i>Carlina vulgaris</i>	Golddistel	x				V
<i>Centaurea scabiosa</i> ssp. <i>scabiosa</i>	Skabiosen-Flockenblume	x	x	x		
<i>Centaurea jacea</i> (incl. ssp. <i>angustifolia</i>)	Wiesen-Flockenblume		x	x		
<i>Centaurea stoebe</i>	Rispen-Flockenblume			x		3
<i>Centaurea triumfetti</i> ssp. <i>axillaris</i>	Filzige Flockenblume	x	x		1	1
<i>Centaureum erythraea</i>	Echtes Tausendgüldenkraut			x		V
<i>Cerastium arvense</i> ssp. <i>arvense</i>	Acker-Hornkraut	x		x		
<i>Chamaecytisus ratisbonensis</i>	Regensburger Geißklee	x	x	x	3	3
<i>Cichorium intybus</i>	Gewöhnliche Wegwarte	x		x		
<i>Cirsium acaulon</i>	Stengellose Kratzdistel	x		x	V	V
<i>Cirsium oleraceum</i>	Kohl-Kratzdistel	x				
<i>Clinopodium vulgare</i>	Wirbeldost		x	x		
<i>Coronilla vaginalis</i>	Scheiden-Kronwicke	x	x	x	3	3
<i>Crepis alpestris</i>	Alpen-Pippau	x			3	3
<i>Cuscuta epithymum</i> ssp. <i>epithymum</i>	Quendel-Seide	x			3	3
<i>Cynoglossum officinale</i>	Gewöhnliche Hundszunge			x	V	V
<i>Cytisus nigricans</i>	Schwarzwerdender Geißklee	x			3	3
<i>Cytisus scoparius</i> ssp. <i>scoparius</i>	Gewöhnlicher Besenginster	x				
<i>Danthonia alpina</i>	Kelch-Traubenhafer	x			1	1

Wissenschaftliche Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Vorkommen			Rote-Liste-Status	
		Garchinger Heide	Garchinger Heide Erweiterung	Fröttmanner Heide	BRD	Bayern
<i>Danthonia decumbens</i> ssp. <i>decumbens</i>	Dreizahn	x	x		V	V
<i>Daphne cneorum</i>	Heideröschen	x	x		2	2
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Karthäuser-Nelke	x	x	x	V	V
<i>Dianthus deltoides</i>	Heide-Nelke			x	V	V
<i>Dianthus superbus</i> ssp. <i>superbus</i>	Pracht-Nelke			x	3	3
<i>Dipsacus pilosus</i>	Behaarte Karde			x		3
<i>Dorycnium germanicum</i>	Deutscher Backenklee	x	x	x	3	3
<i>Echium vulgare</i>	Gewöhnlicher Natternkopf	x	x	x		
<i>Eleocharis mamillata</i> ssp. <i>austriaca</i>	Österreichische Sumpfbirse			x		V
<i>Eleocharis palustris</i> ssp. <i>palustris</i>	Echte Sumpfbirse			x		G
<i>Epilobium dodonaei</i>	Rosmarin-Weidenröschen			x		0 ?
<i>Epilobium hirsutum</i>	Zottiges Weidenröschen			x		
<i>Erica carnea</i>	Schneeheide	x	x	x	V	V
<i>Erigeron acris</i> ssp. <i>acris</i>	Scharfes Berufkraut	x		x		V
<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressen-Wolfsmilch	x	x	x		
<i>Euphorbia exigua</i>	Kleine Wolfsmilch			x		V
<i>Euphorbia verrucosa</i>	Warzen-Wolfsmilch	x	x	x	V	V
<i>Euphrasia officinalis</i> ssp. <i>rostkoviana</i>	Berg-Wiesen-Augentrost	x	x	x		
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	Salzburger Augentrost	x		x		
<i>Euphrasia stricta</i>	Steifer Augentrost	x				V
<i>Festuca guestfalica</i>	Harter Schaf-Schwengel	x				D
<i>Festuca rupicola</i>	Furchenschwengel		x	x	V	V
<i>Filipendula vulgaris</i>	Kleines Mädesüß	x	x	x	3	3
<i>Fragaria vesca</i>	Wald-Erdbeere			x		
<i>Fragaria viridis</i>	Knack-Erdbeere	x	x	x		V
<i>Fumaria vaillantii</i>	Blasser Erdrauch			x	V	V
<i>Galatella linosyris</i> (<i>Aster linosyris</i>)	Goldhaar-Aster	x			3	3
<i>Galega officinalis</i>	Geißbraute			x	nb	nb
<i>Galium boreale</i>	Nordisches Labkraut	x	x	x	V	V
<i>Galium pumilum</i>	Heide-Labkraut	x	x	x	V	V
<i>Galium verum</i>	Echtes Labkraut	x	x	x		
<i>Genista tinctoria</i> ssp. <i>tinctoria</i>	Färber-Ginster	x	x	x	V	
<i>Gentiana clusii</i>	Clusius-Enzian	x			3	V
<i>Gentiana cruciata</i>	Kreuz-Enzian	x		x	2	3
<i>Gentiana verna</i>	Frühlings-Enzian				3	3
<i>Gentianella germanica</i> ssp. <i>germanica</i>	Deutscher Enzian	x			3	3
<i>Gentianopsis ciliata</i>	Fransen-Enzian	x		x	3	V
<i>Geranium columbinum</i>	Tauben-Storchschnabel	x				
<i>Geranium molle</i>	Weicher Storchschnabel			x		V
<i>Geranium pratense</i>	Wiesen-Storchschnabel			x		V
<i>Geranium sanguineum</i>	Blut-Storchschnabel	x			V	V
<i>Gladiolus palustris</i>	Sumpf-Siegwurz	x			2	2
<i>Globularia bisnagarica</i> (<i>punctata</i>)	Echte Kugelblume	x	x		3	3

Wissenschaftliche Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Vorkommen			Rote-Liste-Status	
		Garchinger Heide	Garchinger Heide Erweiterung	Fröttmanning Heide	BRD	Bayern
<i>Globularia cordifolia</i>	Herzblättrige Kugelblume	x	x	x		
<i>Glyceria fluitans</i> agg.	Flutender Schwaden			x		
<i>Gymnadenia conopsea</i> ssp. <i>conopsea</i>	Mücken-Händelwurz	x			V	V
<i>Gymnadenia odoratissima</i>	Wohriechende Händelwurz	x			3	V
<i>Gypsophila repens</i>	Kriechendes Gipskraut	x				V
<i>Helianthemum nummularium</i> ssp. <i>obscurum</i>	Gemeines Sonnenröschen	x	x	x	V	
<i>Helictotrichon pratense</i>	Echter Wiesenhafer	x	x	x	V	V
<i>Helictotrichon pubescens</i>	Flaumiger Wiesenhafer	x	x			
<i>Hippocrepis comosa</i>	Schopfiger Hufeisenklee	x	x	x	V	V
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Sanddorn			x		V
<i>Hylotelephium maximum</i> (<i>Sedum tele.</i>)	Große Fetthenne	x		x		
<i>Hyoscyamus niger</i>	Schwarzes Bilsenkraut			x	3	3
<i>Hypochaeris maculata</i>	Geflecktes Ferkelkraut	x			2	3
<i>Inula hirta</i>	Rauhaariger Alant	x	x		3	3
<i>Inula salicina</i>	Weidenblättriger Alant	x			V	V
<i>Iris germanica</i>	Deutsche Schwertlilie	x				Rn
<i>Iris variegata</i>	Bunte Schwertlilie	x			1	1
<i>Juncus articulatus</i>	Glieder-Binse			x		
<i>Juncus bulbosus</i> ssp. <i>bulbosus</i>	Gewöhnliche Rasenbinse			x		V
<i>Juncus conglomeratus</i>	Knäuel-Binse			x		
<i>Juniperus communis</i> ssp. <i>communis</i>	Heide-Wacholder	x			V	V
<i>Koeleria macrantha</i>	Zierliches Schillergras			x	V	3
<i>Koeleria pyramidata</i> ssp. <i>pyramidata</i>	Pyramiden-Kammschmiele	x	x	x	V	V
<i>Lathyrus tuberosus</i>	Knollen-Platterbse	x	x	x		
<i>Legousia speculum-veneris</i>	Echter Frauenspiegel			x	2	3
<i>Leontodon hispidus</i> ssp. <i>hispidus</i>	Rauher Löwenzahn	x	x	x		
<i>Leontodon incanus</i>	Grauer Löwenzahn	x	x	x	3	V
<i>Leucanthemum vulgare</i> agg.	Wiesen-Margerite	x	x	x		
<i>Ligustrum vulgare</i>	Gewöhnlicher Liguster			x		
<i>Lilium bulbiferum</i> ssp. <i>bulbiferum</i>	Feuer-Lilie	x			nb	nb
<i>Linaria vulgaris</i>	Gewöhnliches Leinkraut	x		x		
<i>Linum austriacum</i>	Österreichischer Lein			x		3n
<i>Linum catharticum</i> ssp. <i>catharticum</i>	Purgier-Lein	x	x	x		
<i>Linum perenne</i> s. str.	Ausdauernder Lein	x	x	x	2	1
<i>Listera ovata</i>	Großes Zweiblatt			x		
<i>Lithospermum officinale</i>	Echter Steinsame			x	V	V
<i>Lotus corniculatus</i> incl. var. <i>hirsutus</i>	Gemeiner Hornklee	x	x	x		
<i>Luzula campestris</i>	Feld-Hainsimse			x		
<i>Malva alcea</i>	Rosen-Malve			x		V
<i>Medicago falcata</i>	Sichel-Luzerne	x	x	x		
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfen-Luzerne	x	x	x		
<i>Minuartia rubra</i>	Büschel-Miere	x			2	2
<i>Molinia arundinacea</i>	Rohr-Pfeifengras	x		x		V

Wissenschaftliche Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Vorkommen			Rote-Liste-Status	
		Garchinger Heide	Garchinger Heide Erweiterung	Fröttmanner Heide	BRD	Bayern
<i>Odontites vulgaris</i>	Roter Zahntrost	x	x	x		
<i>Ononis repens</i> ssp. <i>procurrens</i>	Kriechende Hauhechel	x		x		
<i>Ononis spinosa</i> ssp. <i>spinosa</i>	Dornige Hauhechel		x	x		V
<i>Onopordum acanthium</i>	Gemeine Eselsdistel			x		V
<i>Ophrys insectifera</i>	Fliegen-Ragwurz	x			3	3
<i>Ophrys sphegodes</i>	Spinnen-Ragwurz	x			2	1
<i>Orchis militaris</i>	Helm-Knabenkraut	x			3	3
<i>Orchis morio</i>	Kleines Knabenkraut	x			2	2
<i>Orchis ustulata</i> ssp. <i>ustulata</i>	Brand-Knabenkraut	x			2	2
<i>Origanum vulgare</i>	Gewöhnlicher Dost		x	x		
<i>Orobancha gracilis</i>	Blutrote Sommerwurz	x	x		3	V
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	Berg-Haarstrang	x	x	x	V	V
<i>Phleum phleoides</i>	Steppen-Lieschgras	x	x		V	V
<i>Phyteuma orbiculare</i>	Kugel-Teufelskralle			x	3	V
<i>Picris hieracioides</i> ssp. <i>hieracioides</i>	Gewöhnliches Bitterkraut	x	x			V
<i>Pilosella</i> (<i>Hieracium</i>) <i>hoppeana</i> s. str.	Hoppes Habichtskraut	x			3	3
<i>Pilosella</i> (<i>Hieracium</i>) <i>piloselloides</i>	Florentiner Habichtskraut	x	x	x		V
<i>Pilosella officinarum</i> (<i>Hieracium pil.</i>)	Kleines Habichtskraut	x	x	x		
<i>Pimpinella saxifraga</i>	Kleine Bibernelle	x	x	x		
<i>Pinus sylvestris</i>	Wald-Kiefer		x	x		
<i>Plantago media</i>	Mittel-Wegerich	x	x			
<i>Platanthera bifolia</i>	Weißer Waldhyazinthe	x			3	
<i>Poa angustifolia</i>	Wiesen-Rispengras	x	x			
<i>Polygala amarella</i>	Sumpf-Kreuzblume	x		x	V	V
<i>Polygala chamaebuxus</i>	Zwergbuchs	x	x	x		V
<i>Polygala comosa</i>	Schopf-Kreuzblümchen			1	V	V
<i>Polygala vulgaris</i> ssp. <i>vulgaris</i>	Gewöhnliche Kreuzblume	x	x	x	V	V
<i>Polygonatum odoratum</i>	Salomonssiegel	x	x	x	V	V
<i>Populus alba</i>	Silber-Pappel			x		3
<i>Populus nigra</i>	Schwarzpappel	x			3	2
<i>Potamogeton trichoides</i>	Haarblättriges Laichkraut			x	V	3
<i>Potentilla alba</i>	Weißes Fingerkraut	x	x	x	3	3
<i>Potentilla argentea</i>	Silber-Fingerkraut			x		
<i>Potentilla incana</i>	Sand-Fingerkraut	x	x	x	V	3
<i>Potentilla pusilla</i>	Flaum-Fingerkraut	x			3	G
<i>Potentilla recta</i>	Hohes Fingerkraut			x		V
<i>Potentilla verna</i> agg.	Frühlings-Fingerkraut		x	x		
<i>Primula veris</i> ssp. <i>veris</i>	Wiesen-Schlüsselblume	x	x	x	V	
<i>Prunella grandiflora</i>	Großblütige Braunelle	x	x	x	V	V
<i>Prunus spinosa</i> agg.	Schlehe	x	x	x		
<i>Pulsatilla patens</i>	Finger-Küchenschelle	x	x		1	1
<i>Pulsatilla vulgaris</i> var. <i>oenipontana</i>	Gemeine Küchenschelle	x	x		3	3
<i>Ranunculus bulbosus</i> ssp. <i>bulbosus</i>	Knolliger Hahnenfuß	x	x	x		
<i>Ranunculus polyanthemos</i> ssp. <i>nemorosus</i>	Hain-Hahnenfuß	x			V	
<i>Reseda lutea</i>	Gelber Wau	x	x	x		

Wissenschaftliche Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Vorkommen			Rote-Liste-Status	
		Garchinger Heide	Garchinger Heide Erweiterung	Fröttmanner Heide	BRD	Bayern
<i>Reseda luteola</i>	Färber-Resede, Wau			x		3
<i>Rhamnus catharticus</i>	Purgier-Kreuzdorn	x				
<i>Rhamnus saxatilis</i> ssp. <i>saxatilis</i>	Felsen-Kreuzdorn	x		x		3
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	Zottiger Klappertopf	x		x		V
<i>Rhinanthus glacialis</i> ssp. <i>aristatus</i>	Begrannter Klappertopf	x	x	x	V	V
<i>Rhinanthus minor</i>	Kleiner Klappertopf	x	x	x		
<i>Rhinanthus serotinus</i> (= <i>angustifolius</i>)	Großer Klappertopf			x	3	3
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesen-Salbei	x	x	x	V	
<i>Salvia verticillata</i>	Quirlblütiger Salbei	x	x	x	V	nb
<i>Sanguisorba minor</i> ssp. <i>minor</i>	Kleiner Wiesenknopf	x	x	x		
<i>Saponaria officinalis</i>	Gewöhnliches Seifenkraut			x		
<i>Scabiosa canescens</i>	Graue Skabiose	x	x	x	3	2
<i>Scabiosa columbaria</i> ssp. <i>columbaria</i>	Tauben-Skabiose	x	x	x		
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Seebirse			x		V
<i>Scilla sibirica</i>	Sibirischer Blaustern	x				nb
<i>Scorzonera purpurea</i>	Violette Schwarzwurzel	x			2	1
<i>Scorzoneroideis (Leontodon) autumnalis</i>	Herbst-Löwenzahn			x		
<i>Securigera varia</i>	Bunte Kronwicke	x	x	x		
<i>Sedum acre</i>	Scharfer Mauerpfeffer	x	x	1		
<i>Sedum album</i>	Weißer Fetthenne			x		V
<i>Selaginella helvetica</i>	Schweizer Moosfarn	x				V
<i>Selaginella selaginoides</i>	Dorniger Moosfarn	x				
<i>Senecio erucifolius</i> ssp. <i>erucifolius</i>	Raukenblättriges Greiskraut	x	x	x		V
<i>Senecio jacobaea</i> ssp. <i>jacobaea</i>	Jakobs-Greiskraut	x	x	x		
<i>Seseli annuum</i>	Steppen-Bergfenchel	x	x		3	3
<i>Sesleria albicans</i> ssp. <i>albicans</i>	Kalk-Blaugras	x	x			
<i>Silene nutans</i>	Nickendes Leimkraut	x	x	x		
<i>Sparganium erectum</i> ssp. <i>erectum</i>	Aufrechter Igelkolben			x		
<i>Stachys germanica</i>	Deutscher Ziest			x	3	3
<i>Stachys recta</i>	Aufrechter Ziest	x		x	V	V
<i>Tanacetum corymbosum</i>	Doldige Margerite			1	V	V
<i>Teucrium botrys</i>	Trauben-Gamander			x	V	3
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Edel-Gamander			x		V
<i>Teucrium montanum</i>	Berg-Gamander	x	x	x	V	V
<i>Thalictrum simplex</i> ssp. <i>galioides</i>	Labkraut-Wiesenraute	x		x	2	2
<i>Thesium linophyllum</i>	Mittleres Leinblatt	x	x	x	3	3
<i>Thesium pyrenaicum</i>	Wiesen-Leinblatt			x	3	3
<i>Thymus praecox</i> ssp. <i>praecox</i>	Früher Thymian	x	x			V
<i>Thymus pulegioides</i> s.l.	Arznei-Thymian		x	x		
<i>Thymus serpyllum</i>	Sand-Thymian	x		x	V	3
<i>Tragopogon pratensis</i> ssp. <i>minor</i>	Kleinblütiger Bocksbart			x		G
<i>Tragopogon pratensis</i> ssp. <i>orientalis</i>	Orientalischer Bocksbart			x	V	V
<i>Trifolium alpestre</i>	Hügel-Klee			x	V	3

Wissenschaftliche Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Vorkommen			Rote-Liste-Status	
		Garchinger Heide	Garchinger Heide Erweiterung	Fröttmanner Heide	BRD	Bayern
<i>Trifolium campestre</i>	Feld-Klee		x	x		
<i>Trifolium montanum</i>	Berg-Klee	x	x	x	V	V
<i>Trifolium rubens</i>	Purpur-Klee	x		x	3	3
<i>Typha angustifolia</i>	Schmalblättriger Rohrkolben			x		3
<i>Typha latifolia</i>	Breitblättriger Rohrkolben			x		
<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme			x		V
<i>Ulmus minor</i>	Feld-Ulme			x		3
<i>Valeriana pratensis</i> ssp. <i>angustifolia</i>	Hügel-Wiesen-Baldrian	x		x		V
<i>Verbena officinalis</i>	Gewöhnliches Eisenkraut			x		
<i>Veronica austriaca</i> ssp. <i>austriaca</i>	Österreichischer Ehrenpreis	x	x	x	2	2
<i>Veronica spicata</i>	Ähriger Ehrenpreis	x	x	x	3	3
<i>Vincetoxium hirundinaria</i> s. str.	Weißer Schwalbenwurz	x		x		
<i>Viola canina</i> s.l.	Hunds-Veilchen			x	V	V
<i>Viola hirta</i>	Rauhhaariges Veilchen	x	x	x		
<i>Viola riviniana</i>	Hain-Veilchen			x		
<i>Viola rupestris</i>	Sand-Veilchen	x			2	2
<i>Zannichellia palustris</i>	Sumpf-Teichfaden			x		V

Oberes Loisachtal zwischen Eschenlohe und Oberau

Jörg S. Pfadenhauer¹, Jörg Ewald², Alfred & Ingrid Wagner³

¹Am Wörth 33, 85354 Freising;

²Professur für Botanik, Vegetationskunde und Gebirgsökosysteme, Institut für Ökologie und Landschaft, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 3, 85354 Freising;

³Kappelweg 1, 82497 Unterammergau

Zusammenfassung

Das Exkursionsgebiet befindet sich im Oberen Loisachtal südlich des Talausgangs bei Eschenlohe. Im langjährigen Mittel liegt die Jahrestemperatur um 7 °C, der Jahresniederschlag liegt zwischen 1300 und 1400 mm.

Pleistozäne Gletscher haben das tektonisch vorgezeichnete Alpenquertal trogartig ausgeschürft (Tiefe unter der heutigen Talsohle ca. 450–550 m). Im Spät- und Postglazial wurde es mit Bergschutt, Fluss- und Seesedimenten wieder aufgefüllt. In der Talfüllung entstanden mehrere, durch Tonlinsen voneinander getrennte, artesisch gespannte Grundwasserstockwerke, die die Landeshauptstadt München zur Ergänzung ihrer Wasserversorgung nutzt.

Die Talzüge mit den niedrigen Pässen im Süden erleichterten Transfluenzen von Gletschern und Wanderbewegungen von Pflanzen im ausgehenden Pleistozän. So kommen hier z. B. einige südalpin verbreitete Taxa wie *Luzula nivea*, *Helictotrichon parlatorei* und *Carex baldensis* vor. Die Vegetation an den Talhängen des Exkursionsgebiets besteht vorwiegend aus artenreichen Bergmischwäldern des Typs Alpenheckenkirschen-Tannen-Buchenwald auf basenreichen Böden aus Karbonatgestein mit zahlreichen präalpiden Florenelementen. Oberhalb von 1400 m NN treten subalpine Fichtenwälder und Latschenfelder auf (mit den nördlichsten Zirbelkiefern der Bayerischen Alpen). Die Tallagen sind großflächig vermoort (Pfrühlmoos); hier findet man ombrotrophe Regenwassermoore in kompletter Zonierung vom Lagg (mit Fadenseggenried, Erlen- und Fichtenbruchwald), Randgehänge (mit *Pinus rotundata*) und baumfreier Hochmoorweite, unterschiedliche Typen der Kleinseggenriede (u. a. Kopfbinsen- und Davallseggenried), orchideenreiche Pfeifengraswiesen als Streuwiesen. Die Moorflächen sind von ausgesprochen hoher Bedeutung für den botanischen Artenschutz (u. a. Groß-Populationen von *Eriophorum gracile* und *Liparis loeselii*). Der ungewöhnlich artenreiche Talraum beherbergt auch das einzige Vorkommen der Blaugrünen Weide (*Salix caesia*) in Deutschland. Bemerkenswert sind ferner Primärsukzessionen auf Felsrippen, Dolomitschuttfächern (mit *Stipa calamagrostis* und zahlreichen Arten der alpinen Stufe) und Bergstürzen, wo es unter Wald zur Bildung von Tangelhumus kommt.

1. Einführung in den Naturraum

Das Exkursionsgebiet der Nachexkursion ist ein Teil des Naturraums Niederwerdenfelser Land, benannt nach der Burg Werdenfels bei Garmisch-Partenkirchen, das bis zur Säkularisation der kirchlichen Besitztümer im Jahr 1803 im Besitz des Erzbistums Freising war. Der Naturraum umfasst das Mittenwalder Becken, das Obere Loisachtal von Griessen (an der Grenze zwischen Bayern und Tirol) über Garmisch-Partenkirchen bis zum Talausgang bei Eschenlohe sowie die verbindenden Talzüge dazwischen. Er wird im Süden von den vorwiegend aus Wettersteinkalk und alpinem Muschelkalk aufgebauten Kalkhochalpen des

Karwendel- und Wettersteingebirges (Zugspitze, 2962 m NN) sowie im Westen von den Ammergauer Alpen begrenzt. Östlich ragt das Estergebirge mit Gipfelhöhen von bis zu 2086 m NN (Krottenkopf) schroff über dem Loisachtal auf; über einem Sockel aus Hauptdolomit bildet der Plattenkalk ausgedehnte Karstplateaus. Die Höhenlage des Talraums fällt von 760 m NN bei Grainau und 640 m NN bei Eschenlohe ab. Im langjährigen Mittel liegt die Jahrestemperatur um 7 °C, der Jahresniederschlag zwischen 1300 und 1400 mm.

Alle Talzüge waren im Pleistozän von Gletschern erfüllt, und zwar sowohl Ferngletscher aus dem Zentralalpin, als auch von lokalen Gletschern. Das tektonisch vorgezeichnete, von SW nach NO streichende Loisachtal (als Alpenquertal) wurde dabei trogartig ausgeschürft. Nach dem Abschmelzen der Gletscher entstanden hintereinander geschaltete, tiefe Seebecken, die als Sedimentfallen wirkten und mit Deltaschottern und feinkörnigen Seesedimenten in spätriß- bis frühwürmglazialer Zeit aufgefüllt wurde (FRANK 1979). Die jüngsten Talfüllungen stammen aus dem Würm-Spät- und Postglazial; aus dieser Zeit stammen die in Abbildung 3 dargestellten oberen, 100 bis 200 m mächtigen Talverfüllungen. Hier liegen in einer Matrix aus Schutt mehrere, durch Seetonlinsen voneinander getrennte Grundwasserstockwerke, die sich die Landeshauptstadt München zur Ergänzung ihrer Wasserversorgung zunutze macht. Die Mächtigkeit der gesamten Talfüllung wird auf rund 500 m geschätzt.

Das durchgängige und vergleichsweise niedrig gelegene Talnetz des Niederwerdenfelser Lands wurde schon in vorrömischer Zeit für Handelswege genutzt. Die historisch bedeutsame Römerstraße *Via Raetia* führte von Bozen durch das Eisacktal und über den Brenner nach Teriolae (Zirl) und über den Seefelder Sattel und die römischen Straßenstationen Scarbia (Scharnitz, Tirol) und Partanum (Partenkirchen) weiter nach Augusta Vindelicorum (Augsburg). Sie ergänzte ab dem 2. Jahrhundert n. Chr. die von Kaiser Augustus begonnene und von Claudius fertiggestellte römische Transversale, die Via Claudia Augusta (Bozen, Vinschgau, Reschenpass, Fernpass, Reutte, Füssen). Die Talzüge mit den niedrigen Pässen im Süden erleichterten Transfluenzen von Gletschern und Wanderbewegungen von Pflanzen im ausgehenden Pleistozän. So kommen z. B. einige südalpin verbreitete Taxa wie *Luzula nivea*, *Helictotrichon parlatorei*, *Hippocrepis emerus* und *Carex baldensis* am Nordrand der Alpen nur im Niederwerdenfelser Land vor.

Die Vegetation an den Talhängen des Exkursionsgebiets besteht vorwiegend aus artenreichen Bergmischwäldern des Typs Alpenheckenkirschen-Tannen-Buchenwald auf basenreichen Böden aus Karbonatgestein mit zahlreichen präalpiden Florenelementen, Oberhalb von 1400 m NN treten hochmontane Fichtenwälder und subalpine Latschenfelder auf (mit den nördlichsten Zirbelkiefern der Bayerischen Alpen). Die Tallagen sind großflächig vermoort (Pfrühlmoos); hier findet man ombrotrophe Regenwassermoore in kompletter Zonierung, unterschiedliche Typen von Klein- und Großseggenrieden, orchideenreiche Pfeifengraswiesen als Streuwiesen. Die Moorflächen sind von ausgesprochen hoher Bedeutung für den botanischen Artenschutz, u. a. ausgedehnte Populationen von *Eriophorum gracile* und *Liparis loeselii*. Der ungewöhnlich artenreiche Talraum beherbergt auch das einzige Vorkommen der Blaugrünen Weide (*Salix caesia*) in Deutschland (WAGNER & WAGNER 2001). Bemerkenswert sind ferner Primärsukzessionen auf Felsrippen, Dolomitschuttfächern (mit *Stipa calamagrostis* und zahlreichen Arten der alpinen Stufe) und Bergstürzen, wo es unter Wald zur Bildung von Tangelhumus kommt.

2. Exkursionsroute

Die Exkursion beginnt an einem Aussichtspunkt auf dem Schwemmkegel der Eschenlaine südlich der Ortschaft Eschenlohe, eines aus dem Estergebirge kommenden Wildbachs, von dem aus man den Talraum gut überblicken kann (Abb. 1). Die folgende Wanderung verläuft am Ostrand des Pfrühlmooses am Fuß des Estergebirges entlang eines Forstwegs bis zur Brücke über den Lauterbach (Abb. 2). Von diesem Weg aus können wir sowohl die verschiedenen Waldtypen an den Berghängen als auch die Abfolge von Moorstandorten besuchen. Wir kommen an den „Sieben Quellen“ mit Calciumsulfat-haltigem Quellwasser, an mehreren Bergstürzen und Muren mit unterschiedlich alten Wiederbesiedlungsstadien, an den ausgedehnten Moorwäldern, Kleinseggenrieden und Pfeifengraswiesen vorbei. Ein kleinerer Teil der Exkursionsgruppe kann Randlagg, Randgehänge mit Moorkiefernwäldern und die Hochmoorweite zu Fuß erkunden. Am nördlichsten Brunnen (Nr. 6) der Münchner Wasserversorgung werden wir über die Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf die Vegetation diskutieren.



Abb. 1. Blick vom Schwemmkegel der Eschenlaine bei Eschenlohe über den Mühlbach und das Pfrühlmoos zum Wettersteingebirge mit Zugspitze (2996 m NN). Links Estergebirge, rechts Kramer Spitze (1985 m NN). Hinter dem Pfrühlmoos ist die unbewaldete Mure der Schindlerlaine zu erkennen (Foto: J.S. Pfadenhauer, ca. 1984).

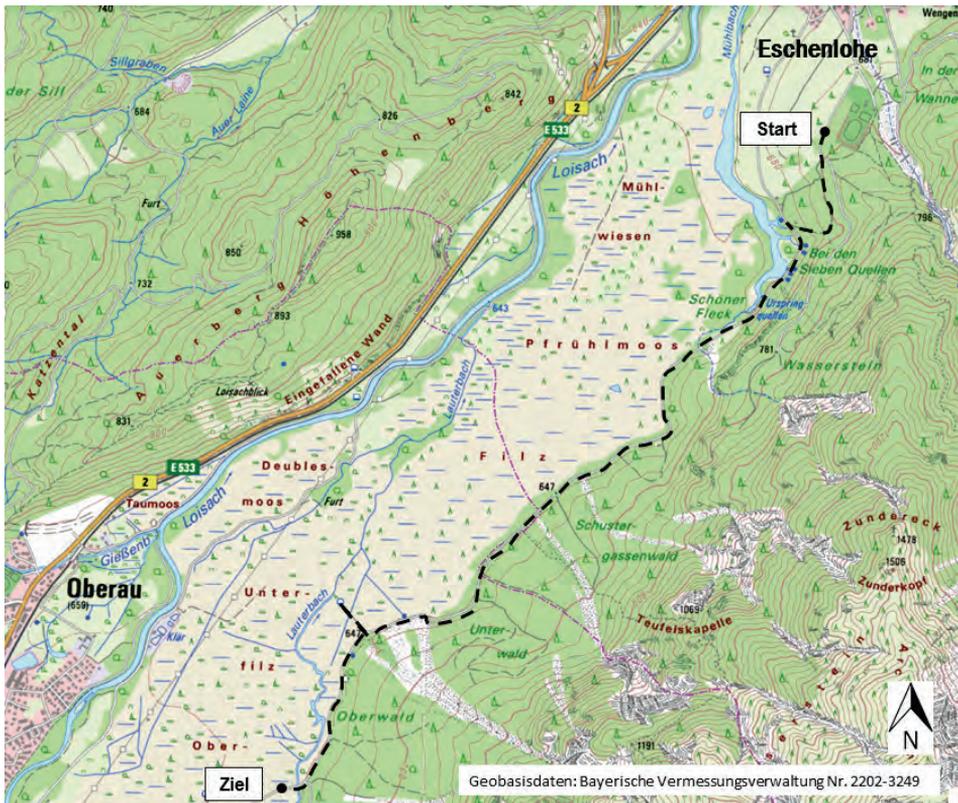


Abb. 2. Karte des Oberen Loisachtals zwischen Oberau und Eschenlohe mit der Exkursionsroute.

3. Hydrologie

Die Loisach entwässert mit ihren Zuflüssen den Westen des Niederwerdenfelser Lands zwischen dem Ehrwalder Kessel (zwischen Wetterstein und Mieminger Gebirge) und Eschenlohe. Ihr Einzugsgebiet beträgt 392 km² bis Garmisch und 467 km² bis Eschenlohe. Der mittlere Abfluss (Pegel Eschenlohe) beträgt rund 18 m³ s⁻¹, variiert aber beträchtlich zwischen den Jahreszeiten und zwischen den Jahren. Bei Spitzenhochwasser (über 200 m³ s⁻¹) tritt der Fluss im Exkursionsgebiet über die Ufer und flutet Teile oder gar den gesamten Talraum mit Ausnahme der Hochmoorinseln im Pfrühlmoos. Im Exkursionsgebiet verläuft die Loisach nahe dem westlichen Talrand; sie nimmt dabei mehrere Seitenbäche auf, die zum großen Teil über Quellaufbrüche aus dem Grundwasser (Lauterbach, Röllerbach u. a.), aber auch aus Karstquellen des Estergebirges (Mühlbach) gespeist werden.

Unterhalb von Farchant, also etwa 6 km nördlich von Garmisch-Partenkirchen, teilt sich der die Loisach begleitende Grundwasserstrom in ein frei fließendes oberes und ein gegen den Talausgang zunehmend unter artesischen Spannung gelangendes unteres Grundwasserstockwerk (Abb. 3). Beide sind durch mehrere, sich überlappende Seetoninseln voneinander getrennt; wo diese aneinandergrenzen, kommt es zu Grundwasseraufbrüchen, welche die o. g. Quellbäche speisen. Bei Eschenlohe verengt sich das Tal, sodass es zu einem Rückstau im unteren Aquifer kommt. Die artesischen Spannung nimmt deshalb mit Annäherung an den Talausgang zu.

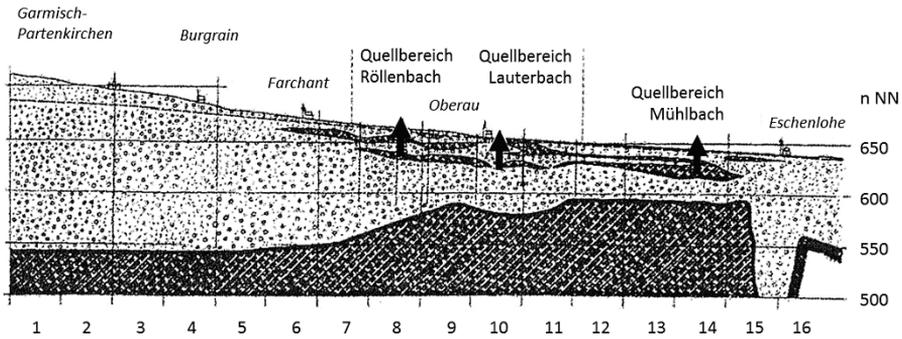


Abb. 3. Längsschnitt durch das Obere Loisachtal zwischen Garmisch-Partenkirchen und Eschenlohe (nach WROBEL 1970, verändert). Über einer mächtigen spätpleistozänen Seetonschicht (dunkle Schraffur) lagert ein Gemenge aus Flussgeröll und Gebirgsschutt (helle Schraffur) mit wenige Meter dicken Seetonlinsen, die den Grundwasserstrom in ein oberes und unteres Stockwerk aufteilen.

Diese Situation war Anlass, das Tal schon in den 1950er Jahren als potentielles Wassergewinnungsgebiet für den damals prognostizierten dramatisch steigenden Wasserbedarf der Stadt München zu bestimmen, und zwar zusätzlich zu den bestehenden Einrichtungen im Mangfalltal und in der Münchner Schotterebene. Vorgesehen war die Entnahme von $2,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ aus insgesamt sechs Vertikalfilterbrunnen, die das Wasser aus dem zweiten Stockwerk entnehmen sollten und 1965 gebaut wurden. Nach erheblichen Protesten der Anrainergemeinden Garmisch-Partenkirchen, Farchant und Oberau („Wasserkrieg“) wurden mehrere Pumpversuche durchgeführt. Der letzte, sog. Großpumpversuch dauerte von Januar bis Dezember 1978 (kontinuierliche Entnahme $2,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). Die Ergebnisse zeigten, dass trotz der artesischen Spannung im zweiten Stockwerk sowohl die Bäche zeitweise trockenfielen, als auch die oberflächennahen Grundwasserstände stellenweise absanken. In einem 1984 erlassenen Wasserrechtsbescheid wurde die Wasserentnahme auf maximal $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ und auf die Brunnen 2 bis 6 mit von Süd nach Nord abnehmender Fördermenge beschränkt und ein Beweissicherungsverfahren zunächst für die folgenden 10 Jahre beschlossen; Richtwertpegel an Bächen und an der Loisach sowie im oberen und unteren Grundwasserstockwerk, vegetationskundliche Kartierungen sowie Dauerbeobachtungsflächen sind dargestellt in PFADENHAUER (1979), BRAUN & HEINZMANN (1988) und KÜHN & PFADENHAUER (1995). Zwar wurden in den ersten zehn Jahren im Schnitt lediglich 54 % der bewilligten Fördermenge von $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ entnommen, trotzdem zeigten sich vor allem im Ober- und Unterfilz Austrocknungserscheinungen in der Vegetation, die auch seltene Arten wie *Eriophorum gracile* betrafen. Relevant war hier besonders der Brunnen 6, der bereits am Rand des Pfrühlmooses liegt und während der Exkursion besucht wird. In 2015 wurde vom Landratsamt Garmisch-Partenkirchen ein wasserrechtlicher Bescheid erlassen, der bis 2045 gilt und eine maximale Fördermenge von $1,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ aus den Brunnen 2 bis 5 gestattet (Landratsamt Garmisch-Partenkirchen, pers. Mitt.). Aus Brunnen 6 wird dank der Ergebnisse des Beweissicherungsverfahrens nicht mehr gefördert.

4. Vegetation des Talgrunds

Zwischen Oberau und Eschenlohe dominieren Feuchtgebiete unterschiedlichster Ausdehnung und Trophie: Die größten Flächen nehmen Grundwasser-(Nieder-)moore ein; sie reichen vom Südrand des Pfrühlmooses bis fast nach Oberau, sind aber durch Jahrhunderte andauernde landwirtschaftliche Nutzung stark verändert: Die ursprüngliche Vegetation, verschiedene Bruch- und Moorwälder, ist weitgehend verschwunden und hat sekundären (anthropogenen) Seggenrieden Platz gemacht. Im Süden des Exkursionsgebiets kommen ausgesprochen artenreiche Kleinseggen-Rasen und Pfeifengraswiesen mit Übergängen zu Magerrasen übergehen vor. Alle diese Flächen sind ursprünglich durch Beweidung und ab Mitte des 19. Jahrhunderts durch Streunutzung entstanden. Den Norden des Exkursionsgebiets beherrscht das Pfrühlmoos, eine auf dem Niedermoor aufliegende, etwa 85 ha große Hochmoorkalotte. Die zentralen Bereiche sind sehr nass; *Calluna vulgaris* und andere Arten mäßig nasser Regenwassermoore kommen fast nicht mehr vor, Torfmoos-Bult-Bereiche im Wechsel mit Schlenken (*Scheuchzeria palustris*, *Sphagnum cuspidatum*, vereinzelt auch *Rhynchospora fusca*) sind prägend. An Stellen, an denen gespanntes Grundwasser aus dem Untergrund aufsteigt und im Randlagg, finden sich Zwischenmoore unterschiedlicher trophischer Prägung. Hier kommen zahlreiche wertgebende Arten, wie *Carex chordorrhiza*, *C. dioica*, *Eriophorum gracile* oder die Moosarten *Calliargon trifarium*, *Cinclidium stygium* und *Meesia triquetra* vor. Im Westen Richtung Loisach grenzen Seggenriede und Auwälder an, im Osten reicht das Hoch- und Zwischenmoor-Areal bis nahe an die steilen Flanken des Estergebirges; dort wird das Moor regelmäßig von Karbonatschlamm und -geröll aus der Schindlerlaine und anderen Murenrinnen überschüttet (BRAUN 2009). Bemerkenswert sind ferner die klaren, kalkoligotrophen Quellbäche wie der grundwassergespeiste Lauterbach, der das Exkursionsgebiet schräg von Süd nach Nord durchquert und westlich des Pfrühlmooses in die Loisach mündet (z. B. mit Vorkommen von *Groenlandia densa* und der flutenden Form von *Juncus subnodulosus*). Der Mühlbach entspringt dagegen aus mehrere Karstquellen am Fuß des Estergebirges („Bei den Sieben Quellen“); sein hoher Sulfatgehalt ($> 300 \text{ mg l}^{-1}$) stammt aus den gipshaltigen Raiblerschichten in der Tiefe des Estergebirges.

Die größeren Moore des Alpenvorlands und des Alpenrands sind in der Regel nach einem einheitlichen Schema aufgebaut (Abb. 4): Die Basis bilden minerotrophe Nieder-(Grundwasser-)moore, die aus Durchströmungs- (Talränder), Verlandungs- (in der Umgebung von Seen) und/oder Überflutungsmooren (im Einflussbereich von Fließgewässern) aufgebaut sind und deren Entstehungszeit bis in das frühe Postglazial zurückreicht. Darauf entwickelten sich seit Beginn des kühlen und perhumiden Subboreals über Mikrowasserscheiden inselartig Regenwassermoore, die aus dem mineralstoffreichen Untergrund herauswuchsen und, je weiter sie sich vom mineralischen Grundwasser entfernten, immer mehr ombrotrophen Charakter annahmen. Sie sind mehr oder minder stark aufgewölbt, häufig (dem unebenen Untergrund geschuldet) asymmetrisch und weisen die charakteristische Gliederung in Randlagg, bewaldetes Randgehänge und überwiegend baumfreier Hochmoorweite mit Bulten und Schlenken auf.

Im Rahmen des Beweissicherungsverfahrens wurde die Vegetation des Talgrunds durch die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft im Maßstab 1:10 000 kartiert (BRAUN 1984, 1996). Ein stark aggregierter Auszug ist in Abbildung 5 wiedergegeben. Danach wird etwa die Hälfte des Kartenausschnitts von der Hochmoorkalotte des Pfrühlmooses eingenommen. Hier dominiert größtenteils die als *Sphagnetum magellanici* (Malcuit 1929) Kästner et Flößner 1933 bezeichnete Rote Torfmoosgesellschaft ombrotrophen Charakters, locker, aber gegen

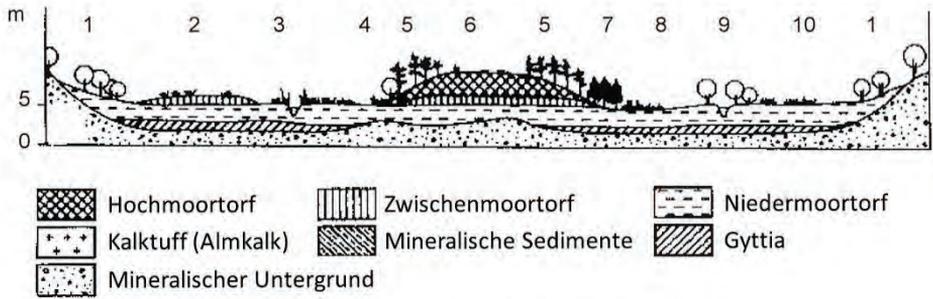


Abb. 4. Schema eines voralpinen Moorkomplexes am Nordrand der Alpen mit Verlandungs- und Durchströmungsniedermooren sowie schwach (Übergangsmoore, „Hochmoorembryo“, 2) und stark aufgewölbten Hochmooren (5, 6) auf Mikrowasserscheiden (aus PFADENHAUER 1997). 1 = Quellmoor, 2 = Initialstadium eines Hochmoors (zeitlich: Übergangsmoor), 3 = Röhrichte und Großseggenriede entlang eines Bachlaufs, 4 = mesotropher Randlagg, häufig mit *Carex lasiocarpa*, 5 = Randgehänge, mit *Pinus uncinata* ssp. *uliginosa* (= *Pinus* × *rotundata*; WFO 2022) bewachsen, 6 = Hochmoorweite, 7 = Fichtenbruchwald (*Bazzanio-Piceetum*), 8 = Seggenriede, 9 = Auwald und 10 = primäres Davallseggenried (kalkoligotroph).

das Randgehänge zu auch dichter mit *Pinus rotundata* und *Pinus mugo* bewachsen („ombrotrophe Bergkiefern-Hochmoorgesellschaft“ = *Vaccinio-Pinetum rotundatae* Oberd. 1934; mit *Sphagnum magellanicum*, *Eriophorum vaginatum* u. a. ombrotrophenten Arten; zur Nomenklatur der aufrechten Moorkiefern s. u. a. BUSINSKÝ 2002), stellenweise von Bulten (*Polytrichum strictum*, *Calluna vulgaris*) und Schlenken (*Sphagnum cuspidatum*, *Rhynchospora alba*, *Carex limosa*) durchzogen. Im Randgehänge und in der Umgebung von Aufbrüchen des mineralischen Grundwassers gedeihen die von WAGNER et al. (1997) und WAGNER (2000) ökologisch und syntaxonomisch beschriebenen minerotrophen Spirkenfilze (*Carex lasiocarpa*-*Pinus rotundata*-Gesellschaft, u. a. mit *Carex lasiocarpa*). Erlenbruchwälder (*Carici elongatae-Alnetum* W. Koch 1926 ex R. Tx, 1937), nasse mesotrophe Fadenseggenriede (*Comaro-Caricetum lasiocarpae* Bal.-Tul. et Hübl 1985) mit Übergangsmoorcharakter (mit *Comarum palustre*, *Scheuchzeria palustris*, *Menyanthes trifoliata*, *Eriophorum angustifolium*, randlich auch mit *Carex elata*), Steifseggenriede (*Scorpidio-Caricetum dissoluta* Braun 1968 mit *Carex elata* in einer rasenartig wachsenden Form) sowie auf den weniger nassen, Gley- und Anmoor-Böden Erlen-Eschenwälder (*Pruno-Fraxinetum* Oberd. 1953) bilden den Rand des Pfrühlmooses gegen Loisach im Westen und gegen das Estergebirge im Osten. Primär auf saurem, durch natürliche Sackung verdichtetem Torf im Randgehänge, sekundär in der Umgebung von Entwässerungsgräben dominiert *Trichophorum cespitosum* (Rasenbinsenmoor; *Scirpetum austriaci* Oswald 1923 em. Steiner 1992).

Im Westen fällt die Hochmoorkalotte, wohl bedingt durch die erosive Kraft der Loisach, steil ab. Dort gibt es, ebenso wie im Einflussbereich der Murenrinnen am Fuß des Estergebirges, und vor allem großflächig im Süden (Brunnen 6) ausgedehnte Bestände verschiedener Pflanzengemeinschaften der Kalkkleinseggenriede (*Tofieldietalia* Preisling apud Oberd. 1949), u. a. mit Davallseggenried (*Caricetum davallianae* Dutoit 1924) und Mehlprimel-Kopfbinsenried (*Schoenetum ferruginei* Du Rietz 1925). Beide zeichnen sich durch einen hohen Anteil konkurrenzschwacher Blütenpflanzen aus, wie *Primula farinosa*, *Tofieldia calyculata*, *Eriophorum latifolium*, *Dactylorhiza incarnata*, die Rote-Liste-Art *Liparis loeselii*, die carnivoren Lentibulariaceen *Pinguicula alpina* und *P. vulgaris*,

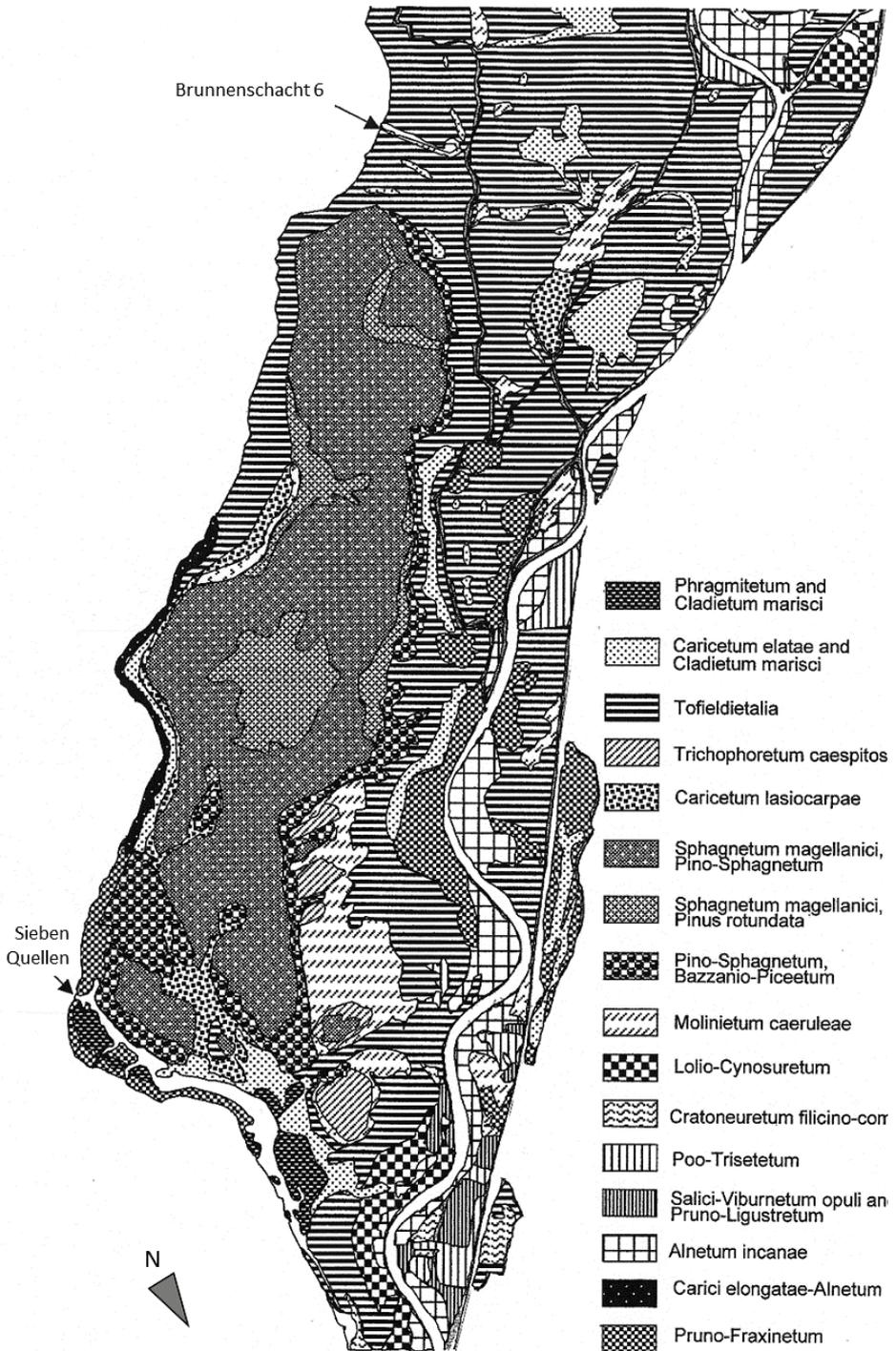


Abb. 5. Ausschnitt aus der Vegetationskarte des Oberen Loisachtals zwischen Eschenlohe (unten; Mühlbach-Gebiet) und Oberau (oben) mit dem Brunnen 6 der Förderanlage. Nach Unterlagen des Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (BRAUN 1984 n.p.).

Bellidiastrum michelii sowie Arten kalkalpiner Rasen wie *Gentiana clusii*, *G. utriculosa* und *Bartsia alpina*. Kalkkleinseggenriede sind ebenso wie bodensaure Braunseggenriede im Gebiet meistens sekundär, also durch Beweidung und spätere Streumahd aus Nass- und Feuchtwäldern entstanden. Sie sind deshalb baumfähig und bedürfen, wie auch Pfeifengraswiesen (s. unten), einer regelmäßigen (herbstlichen) Mahd. Primär gibt es sie im Exkursionsgebiet nur in der Umgebung von Quellaustritten.

Die Vegetation der Quellgebiete, beispielsweise im Bereich der Sieben Quellen und entlang des Mühlbachs sowie im Quellbereich des Lauterbachs und anderer grund- bzw. karstwassergespeisten Bäche ist artenarm, aber hoch spezialisiert. Sie besteht im Wesentlichen aus kalktuffbildenden Moosen wie *Palustriella commutata*, Beständen aus *Glyceria plicata*, *Nasturtium officinale* (auf wassergesättigtem Kies) sowie *Juncus subnodulosus*, stellenweise ausgedehnten, schilfdurchsetzten Schneidriedröhrichten (*Mariscetum serratae* Zobrist 1935) sowie den o.g. primären Kalkkleinseggenrieden, die durch *Schoenus nigricans* gekennzeichnet sind.

Neben den oben beschriebenen sekundären Seggenrieden im Ober- und Unterfilz sind vor allem die Pfeifengraswiesen nordwestlich und südlich des Pfrühlmooses traditionell streugenutzt. Die meist im Herbst gemähten Pflanzenbestände wachsen auf schwach entwässertem, meist karbonatreichem, wegen der regelmäßigen Überflutung durch die Loisach mit mineralischen Sedimenten (meist kalkhaltiger Schluff oder Feinsand) durchsetztem Niedermoortorf (in Loisachnähe auch auf Gley) und sind sehr artenreich. Basenreiche Pfeifengraswiesen kommen als Duftlauch- (*Allio suaveolentis-Molinietum caeruleae* Görs ex Oberd. 1983), als Enzian- (*Gentiano asclepiadeae-Molinietum* Oberd. 1957 em. Oberd. et al. 1987) und als Knollendistel-Pfeifengraswiese (*Cirsio tuberosi-Molinietum arundinaceae* Oberd. et Philippi ex Görs 1974) vor, letztere mit Übergängen zu Halbtrockenrasen. Kennzeichnende und wertgebende Arten sind u. a. *Allium suaveolens*, selten *Carex hartmanii*, *Cirsium tuberosum*, *Galium boreale*, *Gentiana pneumonanthe*, *Herminium monorchis*, *Laserpitium prutenicum*, *Serratula tinctoria*. Arten der Trespen- und Blaugras-Halbtrockenrasen wie *Buphthalmum salicifolium*, *Gymnadenia odoratissima*, *Orchis ustulata* und *Seseli libanotis* sind beteiligt.

Historisch betrachtet erreichte die Streunutzung der Seggenriede und Pfeifengraswiesen für die Stalleinstreu im Alpenvorland und am Alpenrand ab Mitte des 19. Jahrhunderts ihren Höhepunkt, als der strohliefernde Ackerbau zugunsten der Viehhaltung zurückzugehen begann. Das im Spätsommer/Herbst gewonnene Mähgut eignet sich als Stalleinstreu besonders gut: Es ist nährstoffarm, strohig und ausreichend saugfähig für die Aufnahme der Ausscheidungen der Tiere, und fault nicht. Grund ist die Fähigkeit von *Molinia* und der beteiligten *Carex*-Arten, möglichst viel der im Frühjahr und Sommer aufgenommenen Nährstoffe (v. a. Phosphor) auf den phosphorarmen Moorböden am Ende der Vegetationszeit in Sprossbasen und Rhizome zu verlagern, um im Frühjahr, vor der Erwärmung der nassen Böden, rasch Nährstoffe für den Wiederaustrieb zur Verfügung zu haben (Nährstoff-Gebrauchseffizienz; PFADENHAUER 1989).

Im Gebiet kommen zahlreiche weitere Pflanzengesellschaften unterschiedlicher Verbände vor, z.B. das Steifseggenried mit großen Beständen von *Dactylorhiza incarnata* ssp. *ochroleuca* und vereinzelt auch *Pedicularis sceptrum-carolinum*; für das Alpenvorland typische Nasswiesen (*Calthion*) mit *Cirsium rivulare*, *Dactylorhiza majalis* (mit reichem Spektrum an deren Hybriden) und *Trollius europaeus*, Nassweide-Flächen mit *Apium repens* und *Trifolium fragiferum*, an nicht befestigte, stauwasser gebundene Zwergbinsen- (*Nanocyperion*-)Fluren mit *Cyperus flavescens*, *C. fuscus* und *Anagallis minima*).

Bei der im Gebiet durchgeführten Kartierung für den FFH-Managementplan „Loisachtal“ (WAGNER & WAGNER 2019) wurden über 100 Gefäßpflanzen und ca. 25 Moos-Arten der Kategorien 1 bis 3 der Roten Liste Deutschland (METZING et al. 2018) nachgewiesen.

5. Wälder der Talhänge

Unmittelbar südöstlich über dem vom Pfrühlmoos erfüllten Loisachtal (640 m NN) ragt das Estergebirge auf einer Horizontalstrecke von nur 3 km bis zu Gipfelhöhen von 2086 m NN (Krottenkopf) auf. Das Gebiet ist auf 6075 ha als FFH-Gebiet (8433-371) ausgewiesen. An diesem schroffen Hang lässt sich die Abfolge der Höhenstufen vom montanen Karbonat-Bergmischwald (*Aposerido-Fagetum* Oberd. 1950 ex Oberd. 1957) bis zu den hochsubalpinen Karbonat-Latschenbüschen (*Rhododendro hirsuti-Pinetum mugo* Br.-Bl. et al. 1939 nom. invers. popos.) gut erkennen. Auf morphologisch stabilen Standorten bilden sich Rendzinen, Lehmrendzinen und Terrae fuscae mit hohem Kalkgehalt und geringer bis mittlerer Wasserspeicherkapazität. Die Waldzusammensetzung ist durch selektiven Schalenwildverbiss zu Gunsten der Fichte überprägt. Daneben unterliegen die Wälder bis heute einer mehr oder weniger extensiven Beweidung durch Rinder (Almen der Karstplateaus) und Schafe (EHRIG 1977). Bis auf einen Anstieg der Latschengrenze in den Gipfellagen blieb die Verteilung von Wald und Offenland im Estergebirge im vergangenen Jahrhundert bemerkenswert konstant (ZELLERMAYR et al. 2021). Den Wäldern kommen wichtige Schutzfunktionen (gegen Schneegleiten, Massenbewegungen und Hochwasser) zu, die jedoch, anders als auf der gegenüberliegenden, dicht besiedelten Seite des Loisachtals, am Pfrühlmoos keinen direkten Objektschutz betreffen.

Hohe Reliefenergie und rezente Morphodynamik bedingen Abwandlungen von der idealtypischen Höhenzonierung der Waldgesellschaften – das pnV-Modell von REGER et al. (2014) trägt dem durch Modellierung von sogenannten „Sonderstandorten“ Rechnung. Der Fuß des Gebirges ist nicht nur von aus der periglazialen Frostverwitterung stammendem

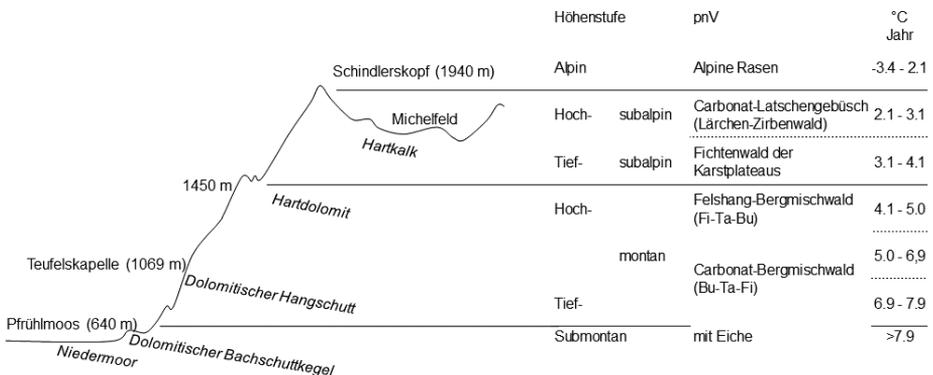


Abb. 6. Höhenstufen am Westabfall des Estergebirges; nach Daten von FLIRI (1975; Mittel für die Normalperiode 1931–1960) und EWALD et al. (2000).

Hangschutt (auf diesem reicht der Bergmischwald bis an den Moorrand), sondern von bis zur Gegenwart aktiven Bachschuttkegeln mit thermophilen Schuttfluren (*Stipion calamagrostis* Jenny-Lips ex Br.-Bl. et al. 1952) und Weidengebüschen (*Salicion eleagno-daphnoidis* (Moor 1958) Grass 1993) eingehüllt. Diese bei größerer Ausdehnung als „Griese“ bezeichneten Lebensräume (vgl. WAGNER & ZEHEM 2022) sind Trockenauen, die bei gebietstypischen Starkregenereignissen von Murbächen überschüttet werden. Die Liefergebiete dieser Schuttströme sind schroffe, von mosaikartigen Lichtwäldern (*Seslerio-Fagetum* Moor 1952, in Südexposition auch *Calamagrostio variaie-Pinetum sylvestris* Oberd. (1950) 1957) befestigte Felshänge (HÖLZEL 1996) aus anstehendem Hauptdolomit (zeitlich dem Keuper des Schichtstufenlandes entsprechend), der in den Nordalpen auf Grund tektonischer Zerrüttung grusig verwittert und weitgehend wasserundurchlässig ist. Oberhalb der Trogschultern setzt sich das schroffe Gelände fort und wird in der subalpinen Höhenstufe von so starken Schneebewegungen geprägt, dass die klimazonalen Fichtenwälder weithin durch Latschengebüsche ersetzt sind. Den Gipfelbereich des Estergebirges bildet der etwas jüngere, wasserdurchlässige Plattenkalk, auf dessen nach Osten abdachendem Karstplateau (Michelfeld, Wallgauer Alm) subalpine Hochwälder (*Adenostylo glabrae-Piceetum* M. Wraber ex Zukrigl 1973, *Vaccinio-Pinetum cembrae* (Pallmann et Haffter 1933) Oberd. 1962) erhalten sind.

Fels und Schutt ohne nennenswerte Mineralbodenentwicklung bilden im kühl-feuchten Klima der Randalpen eine Voraussetzung für die Bildung mächtiger Humusauflagen. Unter Latschengebüsch und Wald sind Auflagen von bis zu 1 m Mächtigkeit keine Seltenheit und stellen einen wichtigen Speicher für Kohlenstoff und Wasser dar (OLLECK et al. 2020). Ihre mosaikartige Verteilung führt in Waldgesellschaften der Karbonatstandorte zu einer innigen Durchdringung von Kalkzeigern, Säurezeigern und Magerkeitszeigern (EWALD 1999), die pflanzensoziologisch als *Asplenio-Piceetum* Kuoch 1954 und *Adenostylo glabrae-Abietetum* H. Mayer et A. Hofmann 1969 beschrieben sind und zu den pflanzenartenreichsten Waldgesellschaften Europas gehören (VEČEŘA et al. 2019).

Die Vegetationsentwicklung auf Felsen, Schuttströmen und stabilen Karbonatböden ist im Exkursionsgebiet im Bereich von Schustergassenwald und Teufelskapelle zu besichtigen.

Literatur

- BRAUN, W. (1984): Ökologische Beweissicherung für das Fassungsgebiet der Wasserversorgung der Stadt München im Oberen Loisachtal. – Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft, München Unveröff. Gutachten.
- BRAUN, W. (1996): Ökologisches Situationsgutachten für die Jahre 1984 bis 1993. – Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft, München. Unveröff. Gutachten.
- BRAUN, W. (2009): Ein Niedermoor wächst über Hochmoortorf. Die Vegetationsentwicklung am Südostrand des Pfrühlmooses zwischen Oberau und Eschenlohe. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 79: 127–146.
- BRAUN, W. & HEINZMANN, K. (1988): Auswirkungen der Münchner Trinkwassergewinnung im Oberen Loisachtal. – gwf Wasser + Abwasser 129: 135–146.
- BUSINSKÝ, R. (2002): *Pinaceae* Lindl. – In: KUBÁT K. (Hrsg.): Klíč ke květeně České republiky (Schlüssel der Flora der Tschechischen Republik) [in Tschechisch]: 94–100. Academia, Praha.
- EHRIG, F.R. (1977): Walddegradation und Waldsanierung im Raum von Garmisch-Partenkirchen. – Erdkunde 31: 33–44.
- EWALD, J. (1999): Relationships between floristic and microsite variability in coniferous forests of the Bavarian Alps. – Phytocoenologia 29: 327–344.
- 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. Innsbruck: – Monographien zur Landeskunde Tirols I. – Universitätsverlag Wagner, Innsbruck: 454 pp.
- FRANK, H. (1979): Glazial überflutete Täler im Bereich des Isar-Loisach-Gletschers. – *Eiszeitalt. Ggw.* 29: 77–99.
- HÖLZEL, N. (1996): Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen. – *Laufener Forschungsber.* 3. 1–192.
- KÜHN, N. & PFADENHAUER, J. (1995): 10 Jahre Grundwasserförderung und Beweissicherung im Oberen Loisachtal – Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt. – *Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz. Schriftenr. Hess. Landesanst. f. Umwelt* 196: 147–157.
- METZING, D., HOFBAUER, N., LUDWIG, G. & MATZKE-HAJEK, G. (2018): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 7: Pflanzen. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg: 784 pp.
- OLLECK, M., REGER, B. & EWALD, J. (2020): Plant indicators for Follic Histosols in mountain forests of the Calcareous Alps. – *Appl. Veg. Sci.* 23: 285–296.
- PFADENHAUER, J. (1979): Großpumpversuch 1978 bei Oberau im Tal der Oberen Loisach. Schlussbericht nach Beendigung des Versuches. Teil II. Ökologisches Gutachten. – Landkreis Garmisch-Partenkirchen. Unveröff. Gutachten.
- PFADENHAUER, J. (1989): Gedanken zur Pflege und Bewirtschaftung voralpiner Streuwiesen aus vegetationskundlicher Sicht. – *Schriftenr. Bayer. Landesamt Umweltschutz* 95: 25–42.
- PFADENHAUER, J. (1997): Vegetationsökologie – ein Skriptum. 2. Auflage. – IHW-Verlag Eching: 448 pp.
- REGER, B., HÄRING, T. & EWALD, J. (2014): The TRM model of potential natural vegetation in mountain forests. – *Folia Geobot.* 49: 337–359.
- VEČEŘA, M., DIVÍŠEK, J., LENOIR, J. ... CHYTRÝ, M. (2019): Alpha diversity of vascular plants in European forests. – *J. Biogeogr.* 46: 1919–1935.
- WAGNER, A. (2000): Minerotrophe Bergkiefernmoore im süddeutschen Alpenvorland – Die *Carex lasiocarpa-Pinus rotundata*-Gesellschaft. – Dissertation TU München: 185 pp.
- WAGNER, A. & WAGNER, I. (2001): *Salix caesia* Vill. – Erstnachweis für Deutschland. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 71: 13–16.
- WAGNER, A. & WAGNER, I. (2019): Managementplan für das FFH-Gebiet Loisachtal zwischen Farchant und Eschenlohe (DE 8432-301). – Unveröff. Gutachten im Auftrag der Regierung von Oberbayern.
- WAGNER, A., WAGNER, I. & PFADENHAUER, J. (1997): Minerotrophe Bergkiefernmoore im süddeutschen Alpenvorland unter besonderer Berücksichtigung ihrer syntaxonomischen Stellung. – *Tuexenia* 17: 81–107.
- WAGNER, T. & ZEHEM, A. (2022): Das Friedergries – Sukzessionskomplex eines alpinen Dolomit-Schwemmfächers. – *Tuexenia*, Beiheft 14: 25–46.
- WFO (2022): The World Flora Online. – URL: <http://www.worldfloraonline.org> [Zugriff am 23.01.2022].
- WROBEL, J.-P. (1970): Hydrogeologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Loisach zwischen Garmisch-Partenkirchen und Eschenlohe/Obb. – *Abh. Bayer. Akad. Wiss. N.F.* 146: 1–87.
- ZELLERMAYR, A., SCHROTH, O. & EWALD, J. (2021): Verlichtung oder Verdichtung? Vergleich der Waldentwicklung in den Kalkalpen und der Flyschzone des Landkreises Garmisch-Partenkirchen. – *Jahrb. Ver. Schutz Bergwelt* 86: 187–216.

