©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Laufener Forschungsberichte

Schneeheide - Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen

Norbert Hölzel

Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Laufener Forschungsbericht 3

Schneeheide - Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen

von

Norbert Hölzel

Herausgeber:
Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege
83410 Laufen, Salzach, Seethalerstr. 6 (Postfach 1261, PLZ 83406)
Telefon (08682/8963-0), Telefax: 08682/8963-17 (Verwaltungsgebäude), 08682/1560 (Fachbereiche)

1996

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

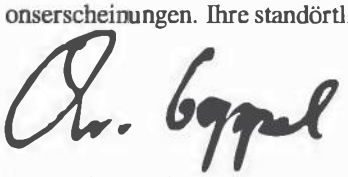
Vorwort

Der Forschungsbericht „Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen" ist eine ökologisch-vegetationskundliche Studie. Ziel der Arbeit war es, die wissenschaftlichen Grundlagen zu ermitteln, die für einen nachhaltigen Schutz dieser überregional bedeutsamen Waldgesellschaft dienen können.

Die rand- und zentralalpinen Schneeheide-Kiefernwälder Tirols und Bayerns sind auch insofern von besonderem naturschutzfachlichen Interesse, als sie nur zum Teil einer natürlichen Dauergesellschaft entsprechen und eine Mittelstellung zwischen der nicht waldfähigen Fels- und Rasenvegetation und der standortgemäßen Schlußwaldgesellschaft darstellen. Ein Großteil von ihnen sind nutzungsbedingte Sekundärbestände mit meist starken Degradationserscheinungen. Ihre standörtlichen Besonderheiten und ihre oft durch Nutzungsaspekte bestimmte innere Dynamik stellen Naturschutz und Forstwirtschaft vor eine große Aufgabe.

Dies betrifft zum einen Zielkonflikte zwischen einem klassischen, konservierenden Naturschutz und einer Strategie, welche die dynamischen Entwicklungsaspekte berücksichtigt, aber auch andere landespflegerische Anforderungen wie z. B. die Schutzwaldsanierung.

Schneeheide-Kiefernwälder sind aus landeskultureller und naturschutzfachlicher Sicht bedeutsam. Ihr nachhaltiger Fortbestand und ihre Entwicklung kann nur in gemeinsamen Anstrengungen von Naturschutz und Forstwirtschaft gelingen. Die vorliegende Arbeit ist hierfür eine wesentliche Grundlage



Dr. Christoph Goppel
Direktor der Bayerischen Akademie
für Naturschutz und Landschaftspflege

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Inhalt

Seite

1 Einleitung und Problemstellung 11

1.1 Schneeheide-Kiefernwälder als Gegenstand wissenschaftlicher Forschung 11

1.2 Problemstellung 11

2 Methoden 13

2.1 Allgemeine Bemerkungen zur methodischen Vorgehensweise 13

2.2 Arbeitsmethoden 13

2.2.1 Vegetationsanalyse 13

2.2.1.1 Pflanzensoziologische Aufnahmen 13

2.2.1.2 Transektanalysen 13

2.2.1.3 Tabellenarbeit 14

2.2.2 Waldkundliche Untersuchungen 14

2.2.2.1 Verjüngungsaufnahmen 14

2.2.2.2 Untersuchungen zur Bestandesstruktur 14

2.2.3 Mikroklimamessungen 15

2.2.4 Bodenkundliche Untersuchungen 15

2.2.5 Floristische Probleme 15

3 Grundzüge der Verbreitung und Standortökologie von Schneeheide-Kiefernwäldern in den mittleren Nördlichen Kalkalpen 18

3.1 Verbreitung im Untersuchungsgebiet 18

3.2 Tektonik und exogene Reliefgenese 21

3.3 Klima 21

3.3.1 Bayerische Alpen 21

3.3.2 Tiroler Oberinntal 22

3.3.3 Föhn 23

3.3.4 Mesoklimatische Bedingungen der Schneeheide-Kiefernwaldstandorte 25

3.4 Geomorphologisch-dynamische Standortstypen 25

3.4.1 Dauerhaft unreife edaphische Extremstandorte 26

3.4.2 Morphodynamische Aktivitätszonen 26

3.4.2.1 Kiesige Alluvionen der Alpenflüsse 26

3.4.2.2 Griese und Dolomitschuttfächer 27

3.4.2.3 Lateralerosionshänge 28

3.4.2.4 Mergelrutschhänge 28

3.4.2.5 Junge (historische) Bergstürze 28

3.4.3 Anthropo-zoogene Sekundärstandorte 29

3.5 Böden 29

3.5.1 Ausgangssubstrate der Bodenentwicklung und ihre ökologischen Eigenschaften 29

3.5.1.1 Der Hauptdolomit und das "Dolomitphänomen" 29

3.5.1.2 Der Wettersteinkalk 32

3.5.1.3 Äolische Fremddecken 32

3.5.1.4 Pleistozäne Lockersedimente 33

3.5.2 Bodentypen 34

3.5.2.1 Allgemeiner Überblick 34

3.5.2.2 Die Böden der Hangstandorte im Tiroler Oberinntal 34

3.5.2.3 Die Böden der Hangstandorte in den Bayerischen Alpen 36

3.4.2.4 Die Böden der Auenstandorte in den Bayerischen Alpen 38

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

4 Vegetations-und Nutzungsgeschichte 40

4.1 Zur Rolle der Kiefer im Rahmen der spät- und postglazialen Vegetationsentwicklung im Alpenraum 40

4.1.1 Die Rolle der Kiefer im Rahmen der spät- und frühpostglazialen Wiederbewaldung im Alpenraum 41

4.1.2 Die Ausbreitung der Kiefer im jüngeren Holozän unter dem Einfluß des Menschen 43

4.2 Historische und rezente Nutzung 44

4.2.1 Waldweide 44

4.2.2 Streunutzung 46

4.2.3 Holznutzung 46

4.2.4 Brände 47

4.2.5 Jagdliche Nutzung 48

5 Die Flora der Schneeheide-Kiefernwälder 49

5.1 Florengeographische Aspekte 49

5.1.1 Das Florengefälle von den Bayerischen Alpen zum Tiroler Oberinntal 49

5.1.2 Die Florengeographische Sonderstellung der Arealzentren von Schneeheide-Kiefernwäldern innerhalb der Bayerischen Kalkalpen 50

5.2 Floristische Grundstrukturen der Schneeheide-Kiefernwälder 53

5.2.1 Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder 54

5.2.2 Begleitarten aus anderen soziologischen Einheiten 55

5.3 Spezielle Chorologie, Aut- und Synökologie der Schneeheide-Kiefernwaldflora 57

5.3.1 Bestandsbildende Arten der Bodenvegetation (Matrixarten) 57

5.3.1.1 *Erica herbacea* 57

5.3.1.2 *Carex humilis* 60

5.3.1.3 Hochgräser: *Calamagrostis varia* / *Molinia caerulea* agg. / *Brachypodium rupestre* 61

5.3.2 Fels- und Rohbodenspezialisten 63

5.3.3 Konkurrenzschwache, kleinwüchsige Lückenbesiedler 64

5.3.4 Ubiquitäre Arten mit breiter ökologischer und soziologischer Amplitude innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder 65

5.3.5 Anspruchsvolle, meist hochschaftige Mesophyten und Laubwaldarten 67

5.3.6 Sauerhumusbesiedler 68

6 Die Schneeheide-Kiefernwald-Gesellschaften 69

6.1 Der zentralalpische Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum BR.-BL et al. 1939 nom. inv. em. HÖLZEL) des Tiroler Inntals 69

6.1.1 Die Subassoziationen der wärmebegünstigten tieferen Lagen (Tiefmontane Höhenform mit *Viscum laxum*) 71

6.1.1.1 Herzkugelblumen-Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum globularietosum) 71

6.1.1.2 Der typische Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum typicum) 76

6.1.2 Die Subassoziationen der kühl-humideren höheren Lagen (Höhenform mit *Lotus corniculatus*) 77

6.1.2.1 Der Labkraut-Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum galietosum) . . 77

6.1.2.2 Der Wintergrün-Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum pyroletosum) 77

6.2 Der randalpische Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio variae-Pinetum sylvestris OBERD. 1957 em. HÖLZEL 1994) der Bayerischen Alpen 79

6.2.1 Die Subassoziationsgruppe der Hanglagen 84

6.2.1.1 Der Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum primuletosum) 84

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

6.2.1.2 Der Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum teucrietosum) . . . 86
6.2.1.3 Der weidegeprägte Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwald mit Zittergras (Calamagrostio-Pinetum teucrietosum, Weidenutzungform mit *Briza media*) . . . 88
6.2.1.4 Der Waldwitwenblumen-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum knautietosum) . . . 90
6.2.2 Die Alluviale Subassoziationsgruppe . . . 93
6.2.2.1 Der Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum dryadetosum) . . . 93
6.2.2.2 Der Leinblatt-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum thesietosum) . . . 98
6.2.2.3 Der Preiselbeer-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum) . . . 100
6.2.2.4 Der Sumpfwurz-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum epipactietosum) . . . 101
6.2.2.5 Alluviale Weide-Kiefernwälder . . . 102

7 Kontaktgesellschaften der Schneeheide-Kiefernwälder . . . 103

7.1 Kalkmagerrasen . . . 103
7.1.1 Die Trockenrasen des Tiroler Oberinntals . . . 103
7.1.1.1 Der Kugelblumen-Federgrasrasen (Globularia cordifolia-Stipa austriaca-Gesellschaft) . . . 105
7.1.1.2 Der Haarpfriemengras-Trockenrasen (Stipa capillata-Gesellschaft) . . . 106
7.1.2 Die Kalkmagerrasen der randalpischen Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe . . . 108
7.1.2.1 Erico-Pinion-nahe Kalkmagerrasen (Laserpitio-Seslerietum) . . . 108

7.2 Thermophile Säume . . . 112
7.2.1 Der Hirschwurzsaum mit Berglaserkraut (Geranio-Peucedanetum cervariae, montane Höhenform mit *Laserpitium siler*) . . . 114

7.3 Thermophile Schuttfluren . . . 115
7.3.1 Die Rauhgrasfluren des Tiroler Inntals . . . 115
7.3.1.1 Zentralalpische Rauhgrasflur (Stipetum calamagrostis, zentralalpische Vikariante) . . . 115
7.3.2 Die Rauhgrasfluren der Bayerischen Alpen . . . 117
7.3.2.1 Randalpische Rauhgrasflur (Stipetum calamagrostis, randalpische Vikariante) . . . 117

7.4 Kalkquellsümpfe . . . 118
7.4.1 Mehlprimel-Kopfbinsensumpf (Primulo-Schoenetum ferruginei) . . . 118

8 Bedeutung lichtökologischer Faktoren für die floristische Struktur von Schneeheide-Kiefernwäldern . . . 121

8.1 Transekt Ofenberg . . . 121

8.2 Transekt Loisachblick bei Oberau . . . 125

8.3 Transekt Kalvarienberg bei Zirl . . . 128

9 Bestandesstruktur und Verjüngungssituation . . . 133

9.1 Alters- und Bestandesstruktur . . . 133
9.1.1 Altersstruktur . . . 133
9.1.2 Bestandesstruktur . . . 134

9.2 Verjüngungssituation . . . 135
9.2.1 Bäume . . . 135
9.2.1.1 Kiefer . . . 135
9.2.1.2 Fichte . . . 137

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

9.2.1.3 Mehlbeere . . . 137
9.2.1.4 Bergahorn und Rotbuche . . . 138
9.2.2 Sträucher . . . 138
9.2.2.1 Felsenbirne . . . 139
9.2.2.2 Wacholder . . . 140
9.2.2.3 Weitere thermophile Sträucher . . . 140

10 Schlußdiskussion . . . 141
10.1 Konsequenzen und Grundprinzipien der natürlichen Dynamik von Schneeheide-Kiefernwäldern . . . 141
10.2 Bedeutung von Schneeheide-Kiefernwäldern für Naturschutz und Landschaftspflege . . . 145
10.2.1 Bedeutung der bayerischen Schneeheide-Kiefernwälder für den floristischen Artenschutz . . . 146
10.3 Landeskulturelle Bedeutung . . . 151
10.3.1 Schutzwaldfunktion . . . 151
10.3.2 Schutzwaldsanierungsmaßnahmen und deren Wirkungen . . . 152
10.4 Schlußfolgerungen für Naturschutz und Landschaftspflege . . . 152
10.5 Gebietskulisse der Schneeheide-Kiefernwälder in den Bayerischen Alpen . . . 154

11 Zusammenfassung . . . 160

12 Dank . . . 162

13 Literaturverzeichnis . . . 163

14 Anhang . . . 171
Vegetationstabellen 1-3 . . . 171
Verzeichnis der Aufnahmen . . . 182
Übersicht der Bodenprofile . . . 184
Bildteil . . . 185

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verbreitung des Amethystschwingels (Festuca amethystina) in Bayern 19
Abb. 2: Ferneisstromnetz im Werdenfelser Land, nach HIRTLREITER (1992). 24
Abb. 3: Verbreitung von Thesium rostratum, und Laserpitium siler in Bayern. 51
Abb. 4: Verbreitung von Coronilla emerus in Bayern. 52
Abb. 5: Verbreitung von Daphne cneorum in Bayern. 54
Abb. 6: Verbreitung von Erica herbacea in Bayern 58
Abb. 7: Erico-Pinetum globularietosum: Bestandesprofile 74
Abb. 8: Erico-Pinetum pyroletosum: Bestandesprofil 78
Abb. 9: Calamagrostio-Pinetum primuletosum: Bestandesprofil 85
Abb. 10: Calamagrostio-Pinetum teucrietosum und C.-P. knautietosum Bestandesprofil 87
Abb. 11: Calamagrostio-Pinetum knautietosum, Molinia-Fazies: Bestandesprofil 91
Abb. 12: Calamagrostio-Pinetum thesietosum (untere, Spirken-dominierte Terrasse) und Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum (obere Terrasse, Waldkiefern- und Fichten-dominierte Terrasse): Bestandesprofile 98
Abb. 13: Tagesgang von photosynthetisch aktiver Strahlung, Luft- und Bodentemperatur sowie Tagessummen der PhAR an zwei Strahlungstagen (15. u. 16.08.93) im Transekt Ofenberg. 124
Abb. 14: Tagesgang von photosynthetisch aktiver Strahlung, Luft- und Bodentemperatur sowie Tagessummen der PhAR an zwei Strahlungstagen (21. u. 22.08.93) im Transekt Loisachblick. 128
Abb. 15: Tagesgang von photosynthetisch aktiver Strahlung, Luft- und Bodentemperatur sowie Tagessummen der PhAR an einem Strahlungstag (19.08.93) im Transekt Kalvarienberg bei Zirl 131
Abb. 16: Zusammenhang zwischen der Alterstruktur von Beständen des Calamagrostio-Pinetum im Werdenfelser Land und dem erneuten Aufschwung der Hofjagd nach 1860. 133
Abb. 17: Verjüngung der Kiefer (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen . . 136
Abb. 18: Bedeutung offener Bodenstellen für die Verjüngung der Kiefer (0-9 cm), (mittlere Individuenzahl je Hektar und Anteil der 1m2-Flächen mit offenenBodenstellen) 137
Abb. 19: Verjüngung der Fichte (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen) . 138
Abb. 20: Verjüngung der Mehlbeere (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen) 138
Abb. 21: Verjüngung von Bergahorn und Rotbuche (mittlere Individuenzahl je Hektar) 139
Abb. 22: Sträucher (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen) 139
Abb. 23: Amelanchier ovalis (mittl. Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenkl.) 140
Abb. 24: Juniperus communis (mittl. Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenkl.) 141
Abb. 25: Rhamnus saxatilis, Viburnum lantana, Berberis vulgaris (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen) 142

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Klimatische Rahmenbedingungen in den Verbreitungszentren von Schneeheide-Kiefernwäldern im Untersuchungsgebiet (Daten aus FLIRI 1975) 22
Tab. 2: Prozentuale Niederschlagsverteilung zu verschiedenen Jahreszeiten im Profil Alpenrand - Inntal (Daten aus FLIRI 1975) 23
Tab. 3: Profil 1: Moder-Pararendzina unter Erico-Pinetum globularietosum 35
Tab. 4: Profil 2: Moder-Pararendzina unter Erico-Pinetum typicum. 35
Tab. 5: Profil 3: Moder-Braunerde-Pararendzina unter Erico-Pinetum pyroletosum. 35
Tab. 6: Profil 4: Felshumusboden unter Calamagrostio-Pinetum primuletosum. 37
Tab. 7: Profil 5: Mullartige / Mullrendzina unter Calamagrostio-Pinetum teucrietosum 37
Tab. 8: Profil 6: Mullrendzina unter Calamagrostio-Pinetum teucrietosum. 37
Tab. 9: Profil 7: Mullrendzina unter Calamagrostio-Pinetum knautietosum. 38

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tab. 10: Profil 8: Moder-Terra-fusca-Rendzina unter Calamagrostio-Pinetum knautietosum Molinia-Fazies 38
Tab. 11: Profil 9: Borowina unter Calmagrostio-Pinetum thesietosum. 39
Tab. 12: Profil 10: Moder-Borowina unter Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum. 39
Tab. 13: Xerotherm-Flora im Tiroler Oberinntal. 49
Tab. 14: Thermophile Florenelemente der Arealzentren der 50
Tab. 15: Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder. 56
Tab. 16: Ökologische und soziologische Amplitude der Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet. 56
Tab. 17: Fels- und Rohbodenpioniere. 63
Tab. 18: Kleinwüchsige konkurrenzschwache Lückenbesiedler. 64
Tab. 19: Ubiquitäre Arten mit breiter ökologischer und soziologischer Amplitude innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder. 65
Tab. 20: Anspruchsvolle, meist hochschaftige Mesophyten und Laubwaldarten. 67
Tab. 21: Sauerhumusbesiedler 68
Tab. 22: Übersicht der Assoziationen des Verbandes Erico-Pinion in Südbayern und Nordtirol, differenzierende Artengruppen und Kennarten. 70
Tab. 23: Altersstruktur von Schneeheide-Kiefernwäldern im Tiroler Oberinntal und in den Bayerischen Alpen. 132

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

1. Einleitung und Problemstellung

1.1 Schneeheide-Kiefernwälder als Gegenstand wissenschaftlicher Forschung

Auf karbonatreichen montanen Trockenstandorten der Alpen und nördlichen Dinariden ersetzen Kiefernwälder der Klasse Erico-Pinetea die klimazonalen Laub- und Nadelwaldgesellschaften. Aufgrund ihres sehr spezifischen Artenbestandes, worunter sich zahlreiche ausgesprochen reliktische Sippen befinden, sind sie schon sehr frühzeitig auf das Interesse der Pflanzengeographen gestoßen. So liefert bereits 1936 E. SCHMID mit seiner Arbeit "Die Reliktföhrenwälder der Alpen" unter Betonung synchorologischer und vegetationshistorischer Aspekte eine erste Übersicht. Eine frühe Würdigung erfahren die Schneeheide-Kiefernwälder auch bei GAMS (1930) in seiner Schrift "Über Reliktföhrenwälder und das Dolomitphänomen". Während die ersten Geobotaniker, die sich intensiver mit den Schneeheide-Kiefernwäldern beschäftigten, vornehmlich auf deren vermeintlichen Reliktcharakter abhoben, finden sich bei AICHINGER (1933 und 1952) und BRAUN-BLANQUET et al. (1954) erstmals auch eingehende Untersuchungen zur Ökologie, Dynamik und Nutzungsüberformung dieser Wälder. Dabei hat die umfassende Monographie von BRAUN-BLANQUET et al. (1954) über die Föhrenwälder Graubündens hinsichtlich ihres tiefgreifenden standortökologischen Ansatzes nach wie vor Vorbildcharakter und findet in der Folge kaum Entsprechungen.

Während im Bereich der Westalpen, wohl unter dem Eindruck der Arbeiten BRAUN-BLANQUETs, zahlreiche weitere Studien über Schneeheide-Kiefernwälder folgten (z. B. REHDER 1962, GENSAC 1968, DAFIS 1962, SCHWEINGRUBER 1972 und 1973, ROTH 1979), wurden in den Ostalpen bis in die jüngste Zeit erstaunlich wenige spezielle Arbeiten zu diesem Vegetationstyp durchgeführt. Löbliche Ausnahmen bilden lediglich die Monographie von MARTIN-BOSSE (1967) über die Schwarzföhrenwälder Kärntens und die Schilderung WENDELBERGERs (1960, 1962) der Schwarz- und Rotföhrenwälder des nordöstlichen Alpenrandes bei Wien. In anderen vegetations- und standortkundlichen Arbeiten wurden Schneeheide-Kiefernwälder meist nur randlich gestreift (JELEM 1967, ZIMMERMANN 1972, FELDNER 1978, SMETTAN 1980).

Die Erforschung der südbayerischen Schneeheide-Kiefernwälder setzte verstärkt Ende der 50er Jahre ein, erste Hinweise und kleinere Abhandlungen finden sich bereits bei TROLL (1926), SCHAFRETTER (1938), VARESCHI (1934), MEUSEL (1940), LUTZ & PAUL (1947), SCHRETZENMAYER (1950), OBERDORFER (1950), RUBNER (1951) und ZÖTTL (1952).

Einen Meilenstein in der Erforschungsgeschichte setzte dabei zweifelsohne die Arbeit von SEIBERT (1958), der im Rahmen seiner Vegetationsmonographie über die Pupplinger Au bei Wolfratshausen erstmals eine beispielhafte umfassende pflanzensoziologische und standortökologische Darstellung der Schneeheide-Kiefernwälder dieses Gebietes vorlegte. Fast zeitgleich erfolgt durch BRESINSKY (1959) eine pflanzensoziologische Beschreibung der Schneeheide-Kiefernwälder am Lech um Augsburg. Der vergleichsweise guten Durchforschung der Schneeheide-Kiefernwälder des bayerischen Alpenvorlandes an Isar und Lech, die allerdings auf Arbeiten beruht, die nunmehr bereits wieder über 30 Jahre zurückliegen, steht ein mangelhafter bzw. fehlender Kenntnisstand über die Bestände der Bayerischen Kalkalpen und des Tiroler Inntales gegenüber.

Dies erstaunt insbesondere im Falle der großflächigen, landschaftsprägenden Vorkommen im Tiroler Inntal, die selbst alpenweit hinsichtlich ihrer Flächenausdehnung kaum eine Entsprechung finden. Weitgehend unbearbeitet waren bisher auch die randalpischen Vorkommen geblieben, wenn man von den wenigen Aufnahmen, die sich in den Gebietsmonographien von FELDNER (1978), SMETTAN (1980), WEBER (1981) und STROBL (1989) finden, und der rein waldkundlichen Arbeit von RAUSCH (1981) einmal absieht.

Erst in jüngster Zeit finden sich einige Arbeiten, die sich etwas eingehender mit den Schneeheide-Kiefernwäldern dieses Raumes auseinandersetzen, so etwa die pflanzensoziologischen Abhandlungen von STARLINGER (1992) aus dem Fernpaßgebiet und von STILL (1992) vom Wank bei Garmisch-Partenkirchen. Ein größeres Kollektiv an pflanzensoziologischen Aufnahmen aus dem Raum Garmisch-Partenkirchen lieferte erst die Arbeit von LORENZ (1993), deren Durchführung in enger Kooperation und Abstimmung mit dem Verfasser erfolgte.

1.2 Problemstellung

Ist schon die Kenntnis der Verbreitung und floristischen Struktur der Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen äußerst lückenhaft, so gilt dies noch mehr für deren Standortökologie, Dynamik und anthropo-zoogene Beeinflussung. Dem gänzlich fehlenden oder nur bruchstückhaften Wissen steht ein steigendes Interesse von Naturschutz- und Forstverwaltung an diesem überaus interessanten Vegetationstyp gegenüber. Von Naturschutzseite mehren sich in jüngster Zeit Berichte über dramatische Veränderungen in Schneeheide-Kiefernwäldern, die zu einem starken Rückgang oder gar Totalausfall an seltenen und schützenswerten Arten führen (GRASSER 1992, MÜLLER 1991). Von forstlicher Seite aus gelten Schneeheide-Kiefernwälder als besondere "Problemstandorte" der Schutzwaldsanierung, die sich durch eine geradezu verheerende Verjüngungssituation auszeichnen (RAUSCH 1981) und in denen aufwendige

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Sanierungsmaßnahmen häufig scheitern (GAMPE 1989).

Der unzureichende wissenschaftliche Kenntnisstand bezüglich der Schneeheide-Kiefernwälder des bayerischen Alpenraumes und des Tiroler Inntales und der offensichtliche Bedarf an anwendungsbezogenen Grundlageninformationen waren Anlaß, diesem sowohl in wissenschaftlicher als auch naturschutzfachlicher, landeskultureller und forstlicher Hinsicht hochinteressanten Vegetationstyp eine umfassende vegetationsökologische Monographie zu widmen. Zum Verständnis der bayerischen Vorkommen erschien es dabei zwingend notwendig, die großen, landschaftsbeherrschenden Bestände im grenznahen Tiroler Inntal in die Betrachtung mit einzubeziehen, zumal über diese noch weniger bekannt war als über die bayerischen Vorkommen.

Neben einer umfassenden pflanzensoziologischen Beschreibung der Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet standen von vornherein die intensiven Wechselbeziehungen zwischen rezenter floristischer Struktur und Verbreitung einerseits und Standort, autogener Dynamik und anthropo-zoogener Nutzungsbeeinflussung andererseits im Mittelpunkt der Untersuchungen. Gerade diese kausalanalytischen Untersuchungen sind für die Klärung wichtiger anwendungsbezogener Problemfelder von überragender Bedeutung.

Im einzelnen galt es, folgende Untersuchungsgegenstände in die Studie einzubeziehen:

- Verbreitung der Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet in Abhängigkeit von großräumig und kleinräumig wirkenden biotischen und abiotischen Faktoren wie Klima, Geologie, Geomorphologie, Boden und anthropo-zoogener Nutzung.
- Typisierung der Schneeheide-Kiefernwälder auf floristisch-soziologischer Basis.
- Klärung der standörtlichen Bindung, dynamischen Stellung und Nutzungsabhängigkeit der gewonnenen Einheiten.
- Ermittlung der wichtigsten Kontaktgesellschaften.
- Klärung der standörtlichen und dynamischen Beziehungen zwischen der Kontaktvegetation und den Schneeheide-Kiefernwäldern.

Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Untersuchungen lassen sich zahlreiche anwendungsbezogene Fragen beantworten, die letztlich in einer differenzierten Gebiets- und Maßnahmenkulisse ihren Niederschlag finden sollen.

Aus naturschutzfachlicher Sicht sind dabei u. a. folgende Teilfragen von besonderer Bedeutung:

- Welche Bedeutung haben Schneeheide-Kiefernwälder und ihre Kontaktgesellschaften für den Naturschutz?
- Bestehen qualitative Unterschiede zwischen den einzelnen Typen von Schneeheide-Kiefernwäldern hinsichtlich ihrer naturschutzfachlichen Bedeutung?
- Welche gefährdeten Arten sind in Schneeheide-Kiefernwäldern und deren Kontaktgesellschaften zu finden, und wie verteilen sie sich auf die einzelnen Typen?
- Wie werden sich die Schneeheide-Kiefernwälder in Zukunft weiterentwickeln? Bei welchen Bestandestypen handelt es sich um stabile Dauergesellschaften oder aber um Bestände, die einer dynamischen Weiterentwicklung (Sukzession) unterliegen?
- Welche Bestände verdanken ihre Existenz ausschließlich menschlicher Nutzung (Sekundärbestände)?
- Wie beeinflussen autogene Sukzessionsprozesse und Nutzungen das schützenswerte Arteninventar?
- Welche Maßnahmen können ggf. ergriffen werden, um nutzungsgeprägte Sekundärbestände in ihrer heutigen Struktur und Wertigkeit zu erhalten?
- In welchen Gebieten erscheinen derartige Maßnahmen überhaupt sinnvoll bzw. realisierbar?
- Wo liegen eventuelle Interessenkonflikte zwischen Naturschutz, Wasserbau, Landwirtschaft und Forst, und wie können diese Konflikte gelöst werden?

Aus forstlicher und landeskultureller Sicht sind insbesondere folgende Fragen von großem Interesse:

- Warum fällt die Naturverjüngung der Kiefer in den Bayerischen Alpen seit langem fast vollständig aus?
- Wie beeinflussen Waldweide und Wildverbiß die Verjüngung der Kiefer?
- Unter welchen ökologischen Rahmenbedingungen findet überhaupt eine Verjüngung der Kiefer statt? Welche Faktoren hemmen bzw. fördern die Verjüngung der Kiefer?
- Wie ist es um die Altersstruktur der Schneeheide-Kiefernwälder bestellt? Ist kurz- oder mittelfristig bei Ausbleiben der Verjüngung mit Bestandeszusammenbrüchen zu rechnen?
- Erfüllen die Bestände heute noch ihre Schutzfunktion?
- Welche Gehölzarten sind neben der Kiefer natürlicherweise in Schneeheide-Kiefernwäldern zu finden und daher ggf. für Sanierungsmaßnahmen geeignet?
- Ist es sinnvoll, in Sekundärbeständen einen Umbau zu Bergmischwäldern aus Fichte, Tanne und Buche anzustreben?

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

- Wie können Sanierungsmaßnahmen und Naturschutzaspekte miteinander in Einklang gebracht werden?

2. Methoden

2.1 Allgemeine Bemerkungen zur methodischen Vorgehensweise

Ausgehend von der anwendungsorientierten Zielrichtung der Arbeit wurde von vorne herein bewußt ein hermeneutischer Ansatz (TREPL 1987) gewählt, der seine Erkenntnisse aus einer wechselseitigen Annäherung und Ergänzung großräumiger, vorwiegend qualitativer Untersuchungen (chorische Dimension) einerseits und stärker quantitativ orientierten Einzeluntersuchungen (topische Dimension) anderseits gewinnt.

Unverzichtbare Ausgangsbasis der Arbeit bildeten *großräumige* vegetationskundliche Untersuchungen mit Hilfe der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964). Nach Auswertung des umfangreichen, geographisch weit gestreuten Aufnahmematerials wurde auf floristisch-soziologischer Basis eine Typisierung der aufgenommenen Bestände vorgenommen, bei der ergänzend auch die aufgenommenen qualitativen und semiquantitativen Struktur- und Standortmerkmale mitberücksichtigt wurden. Die daraus gewonnenen Typen bildeten die Grundeinheiten für die nachfolgenden *spezielleren* quantitativen Untersuchungen, mit deren Hilfe den aus dem großräumigen qualitativen Überblick sich ergebenden Hypothesen und Detailfragen genauer nachgegangen wurde. Durch die Erstellung eines auf Differentialartengruppen und einfachen Struktur- und Standortmerkmalen beruhenden Bestimmungsschlüssels konnte jeweils eine eindeutige Zuordnung der mit quantitativen bodenkundlichen, waldkundlichen und mikroklimatischen Methoden untersuchten Repräsentativbestände getroffen werden. Dieses Vorgehen erwies sich beispielsweise im Rahmen der Verjüngungsaufnahmen als zielführend; es ermöglichte eine sehr differenzierte, typenbezogene Beurteilung des Verjüngungsgeschehens, die letztlich einen hohen Erkenntniszuwachs erbrachte. Ähnliches gilt für die feinanalytischen Transekterhebungen, mit deren Hilfe sowohl kleinstandörtlichen Unterschieden innerhalb der Bestände als auch der Verknüpfung mit den angrenzenden Kontaktgesellschaften nachgegangen wurde. Eine sinnvolle Plazierung dieser Transekte an "kritischen Stellen", die einen wirklichen Erkenntniszuwachs brachten, konnte wiederum erst erfolgen, nachdem ein großräumiger qualitativer Überblick gewonnen war.

Wie sich in der Folge zeigen sollte, hatten die durchgeführten Nachforschungen zur Nutzungs- und Bestandesgeschichte einen herausragenden Stellenwert bei der Interpretation der gewonnenen Ergebnisse; ohne ihre Einbeziehung wären Fehldeutungen Tür und Tor geöffnet worden. Vergleichende großräumige vegetationskundliche Untersuchungen erwiesen sich bei der vorliegenden Studie als unverzichtbares, überaus probates Mittel zur raschen Klärung zahlreicher anwendungsbezogener Fragestellungen.

2.2 Arbeitsmethoden

2.2.1 Vegetationsanalyse

2.2.1.1 Pflanzensoziologische Aufnahmen

Die pflanzensoziologischen Aufnahmen erfolgten nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964). Oberstes Kriterium für die Wahl der Aufnahmefläche war deren weitgehende standörtliche und strukturelle Homogenität. Als standörtliche Homogenitätskriterien wurden dabei insbesondere einheitliche Exposition, Hangneigung sowie Art, Gründigkeit und Verwitterungsgrad des Ausgangssubstrats berücksichtigt. Strukturelle Kriterien waren u.a. eine mehr oder weniger gleichmäßige Verteilung der herrschenden und untergeordneten Vegetationsschichten. Das Kriterium völliger standörtlicher Homogenität ist aber gerade im stark reliefierten Gelände eher von theoretischer Natur. Vielmehr handelt es sich beispielsweise bei ausgesprochenen Felskiefernwäldern um ein mehr oder weniger regelmäßig wiederkehrendes Mosaik von Kleinstandorten, das in seiner spezifischen Ausprägung auf größeren Flächen aber wiederum durchaus als homogen zu betrachten ist. Im Vergleich zu Bergmischwäldern der Alpen (STORCH 1983) ist die kleinstandörtliche Differenzierung innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder insgesamt aber deutlich schwächer ausgeprägt.

Bei den aufgenommenen Waldbeständen betrug die Flächengröße im Durchschnitt 100 m^2, während bei baumfreien Formationen wie Rasen, Schuttfluren etc. sich in der Regel bereits 10 - 25 m^2 als ausreichend erwiesen. Die Auswahl der Aufnahmeflächen erfolgte subjektiv, meist entlang von, durch die Geländemorphologie vorgegebenen, Standortkatenen. Bei der Untersuchung eines größeren Schneeheide-Kiefernwaldkomplexes wurde stets versucht, alle im Gelände erkennbaren Standort- und Strukturtypen repräsentativ zu erfassen. Zu jeder Aufnahme erfolgte eine Erfassung primärer Standortmerkmale wie Meereshöhe, Exposition, Neigung sowie eine Ansprache von Substrat, Bodentyp und Humusform.

Neben der vollständigen Erfassung der Gefäßpflanzen wurden Moose stets aufgesammelt und mikroskopisch nachbestimmt. Auf eine Aufnahme holz- oder rindenbewohnender Moose sowie der Flechten wurde dagegen verzichtet. Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt OBERDORFER (1983), die der Moose FRAHM & FREY (1983).

2.2.1.2 Transektanalysen

Zur Feinanalyse lichtökologischer und edaphischer Standortgradienten wurden an drei ausgewählten, repräsentativen Stellen Transekte angelegt, entlang derer parallel standortkundliche Erhebungen und

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

- Wie können Sanierungsmaßnahmen und Naturschutzaspekte miteinander in Einklang gebracht werden?

2. Methoden

2.1 Allgemeine Bemerkungen zur methodischen Vorgehensweise

Ausgehend von der anwendungsorientierten Zielrichtung der Arbeit wurde von vorne herein bewußt ein hermeneutischer Ansatz (TREPL 1987) gewählt, der seine Erkenntnisse aus einer wechselseitigen Annäherung und Ergänzung großräumiger, vorwiegend qualitativer Untersuchungen (chorische Dimension) einerseits und stärker quantitativ orientierten Einzeluntersuchungen (topische Dimension) anderseits gewinnt.

Unverzichtbare Ausgangsbasis der Arbeit bildeten *großräumige* vegetationskundliche Untersuchungen mit Hilfe der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964). Nach Auswertung des umfangreichen, geographisch weit gestreuten Aufnahmematerials wurde auf floristisch-soziologischer Basis eine Typisierung der aufgenommenen Bestände vorgenommen, bei der ergänzend auch die aufgenommenen qualitativen und semiquantitativen Struktur- und Standortmerkmale mitberücksichtigt wurden. Die daraus gewonnenen Typen bildeten die Grundeinheiten für die nachfolgenden *spezielleren* quantitativen Untersuchungen, mit deren Hilfe den aus dem großräumigen qualitativen Überblick sich ergebenden Hypothesen und Detailfragen genauer nachgegangen wurde. Durch die Erstellung eines auf Differentialartengruppen und einfachen Struktur- und Standortmerkmalen beruhenden Bestimmungsschlüssels konnte jeweils eine eindeutige Zuordnung der mit quantitativen bodenkundlichen, waldkundlichen und mikroklimatischen Methoden untersuchten Repräsentativbestände getroffen werden. Dieses Vorgehen erwies sich beispielsweise im Rahmen der Verjüngungsaufnahmen als zielführend; es ermöglichte eine sehr differenzierte, typenbezogene Beurteilung des Verjüngungsgeschehens, die letztlich einen hohen Erkenntniszuwachs erbrachte. Ähnliches gilt für die feinanalytischen Transekterhebungen, mit deren Hilfe sowohl kleinstandörtlichen Unterschieden innerhalb der Bestände als auch der Verknüpfung mit den angrenzenden Kontaktgesellschaften nachgegangen wurde. Eine sinnvolle Plazierung dieser Transekte an "kritischen Stellen", die einen wirklichen Erkenntniszuwachs brachten, konnte wiederum erst erfolgen, nachdem ein großräumiger qualitativer Überblick gewonnen war.

Wie sich in der Folge zeigen sollte, hatten die durchgeführten Nachforschungen zur Nutzungs- und Bestandesgeschichte einen herausragenden Stellenwert bei der Interpretation der gewonnenen Ergebnisse; ohne ihre Einbeziehung wären Fehldeutungen Tür und Tor geöffnet worden. Vergleichende großräumige vegetationskundliche Untersuchungen erwiesen sich bei der vorliegenden Studie als unverzichtbares, überaus probates Mittel zur raschen Klärung zahlreicher anwendungsbezogener Fragestellungen.

2.2 Arbeitsmethoden

2.2.1 Vegetationsanalyse

2.2.1.1 Pflanzensoziologische Aufnahmen

Die pflanzensoziologischen Aufnahmen erfolgten nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964). Oberstes Kriterium für die Wahl der Aufnahmefläche war deren weitgehende standörtliche und strukturelle Homogenität. Als standörtliche Homogenitätskriterien wurden dabei insbesondere einheitliche Exposition, Hangneigung sowie Art, Gründigkeit und Verwitterungsgrad des Ausgangssubstrats berücksichtigt. Strukturelle Kriterien waren u.a. eine mehr oder weniger gleichmäßige Verteilung der herrschenden und untergeordneten Vegetationsschichten. Das Kriterium völliger standörtlicher Homogenität ist aber gerade im stark reliefierten Gelände eher von theoretischer Natur. Vielmehr handelt es sich beispielsweise bei ausgesprochenen Felskiefernwäldern um ein mehr oder weniger regelmäßig wiederkehrendes Mosaik von Kleinstandorten, das in seiner spezifischen Ausprägung auf größeren Flächen aber wiederum durchaus als homogen zu betrachten ist. Im Vergleich zu Bergmischwäldern der Alpen (STORCH 1983) ist die kleinstandörtliche Differenzierung innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder insgesamt aber deutlich schwächer ausgeprägt.

Bei den aufgenommenen Waldbeständen betrug die Flächengröße im Durchschnitt 100 m^2, während bei baumfreien Formationen wie Rasen, Schuttfluren etc. sich in der Regel bereits 10 - 25 m^2 als ausreichend erwiesen. Die Auswahl der Aufnahmeflächen erfolgte subjektiv, meist entlang von, durch die Geländemorphologie vorgegebenen, Standortkatenen. Bei der Untersuchung eines größeren Schneeheide-Kiefernwaldkomplexes wurde stets versucht, alle im Gelände erkennbaren Standort- und Strukturtypen repräsentativ zu erfassen. Zu jeder Aufnahme erfolgte eine Erfassung primärer Standortmerkmale wie Meereshöhe, Exposition, Neigung sowie eine Ansprache von Substrat, Bodentyp und Humusform.

Neben der vollständigen Erfassung der Gefäßpflanzen wurden Moose stets aufgesammelt und mikroskopisch nachbestimmt. Auf eine Aufnahme holz- oder rindenbewohnender Moose sowie der Flechten wurde dagegen verzichtet. Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt OBERDORFER (1983), die der Moose FRAHM & FREY (1983).

2.2.1.2 Transektanalysen

Zur Feinanalyse lichtökologischer und edaphischer Standortgradienten wurden an drei ausgewählten, repräsentativen Stellen Transekte angelegt, entlang derer parallel standortkundliche Erhebungen und

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

mikroklimatische Messungen erfolgten. Anhand der Transekte sollte insbesondere eine Überprüfung und ggf. Verfeinerung der bereits aus den pflanzensoziologischen Aufnahmen abgeleiteten Beziehung zwischen der Vegetation und den herrschenden Standortfaktoren erfolgen. Ziel war ferner, kontinuierliche bzw. diskontinuierliche Übergänge zwischen verschiedenen Vegetationstypen (Rasen / Kiefernwald) im Gelände zu analysieren, deren Deutung zunächst Schwierigkeiten bereitete.

Die Transekte setzten sich aus 14 bis 20 jeweils 2 x 2m messenden, unmittelbar aneinandergereihten Teilflächen zusammen, die streng schematisch entlang einer eingemessenen Linie orientiert wurden. Das Aufnahmeverfahren der einzelnen 4 m^2 - Flächen entspricht im wesentlichen dem der pflanzensoziologischen Aufnahmen, doch fand eine im unteren Bereich verfeinerte Schätzskala Verwendung (vgl. WILMANNS 1993)

Eine genaue Beschreibung der Lage der Transekte erfolgt im Rahmen der Ergebnisdarstellung (Kap.8).

2.2.1.3 Tabellenarbeit

Die Verarbeitung der Vegetationsaufnahmen erfolgte am PC unter Verwendung eines speziell für vegetationskundliche Fragestellungen entwickelten FORTRAN-Tabellenkalkulationsprogramms (STORCH 1983). Dieses erlaubt neben einer automatischen Sortierung der Aufnahmen und Arten nach Ähnlichkeit eine statistische Auswertung der Tabellenkopfdaten sowie u.a. auch die Berechnung der Evenness und der ökologischen Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1991).

Bei der Tabellenarbeit wurden 397 selbst erhobene Aufnahmen, 118 Aufnahmen von LORENZ (1993) und 4 Aufnahmen von BICHLER (1993) verwendet. Auf die Verarbeitung von Vegetationsaufnahmen weiterer Autoren wurde verzichtet, da diese hinsichtlich der Methodik (z. B. Flächengröße) mit dem eigenen Material nur sehr bedingt vergleichbar waren oder sonstige Mängel aufwiesen. Dagegen waren die Aufnahmen aus der Diplomarbeit von LORENZ voll verwertbar, da deren methodische Erhebung in enger Abstimmung und Kooperation mit dem Autor erfolgte. Unterschiede in der Methodik treten hier nur bezüglich Deckungsgradeinschätzung auf. So wurde von LORENZ der Deckungsgrad 2 auch bei sehr reichlichem Auftreten, aber weniger als 5% Deckung sowie zusätzlich das Zeichen R für Einzelindividuen verwendet. Die Vergleichbarkeit mit dem eigenen Material wird dadurch aber nicht wesentlich eingeschränkt.

Die Unterscheidung der einzelnen Vegetationseinheiten erfolgt überwiegend auf der Basis empirisch ermittelter Artengruppen, die sich zunächst aus dem Tabellenvergleich ergaben und zusätzlich anhand einer automatisierten Sortierung der Arten nach Ähnlichkeit nach STRENG/SCHÖNFELDER (STORCH 1983) und der feinanalytischen Transektanalysen auf ihre Gültigkeit überprüft wurden.

Eine Überprüfung der auf floristischer Basis gewonnenen Artengruppen und der daraus abgeleiteden Vegetationseinheiten erfolgte schließlich auch anhand der Betrachtung der Aut- und Synökologie der einzelnen Arten sowie durch eine Einbeziehung standortökologischer Befunde.

2.2.2 Waldkundliche Untersuchungen

2.2.2.1 Verjüngungsaufnahmen

Zur Erfassung des Verjüngungsgeschehens innerhalb der einzelnen Kiefernwaldtypen wurden in Ergänzung zu den pflanzensoziologischen Aufnahmen quantitative Verjüngungserhebungen durchgeführt, die Befunde über die potentielle Regenerationsfähigkeit bzw. über eine mögliche Weiterentwicklung der Bestände liefern sollten (Diplomarbeit NIEDERMEIER 1993). Die Aufnahme der Gehölzverjüngung fand auf quadratischen 25 m^2-Probeflächen statt. Die Bezugsbasis für die Aufnahmen bildeten die verschiedenen, auf floristischer Basis ermittelten Typen und Untertypen der Schneeheide-Kiefernwälder, die anhand von Differentialartengruppen sowie einfacher struktureller und standörtlicher Kriterien leicht zu bestimmen waren. Innerhalb der Probeflächen wurden sämtliche Gehölze kleiner 3 m Höhe mit Ausnahme der Keimlinge aufgenommen. Da eine Totalaufnahme der Gehölze von 0 - 9 cm Höhe zu langwierig und im dichten Gras- und Schneeheide-Filz mit zu großen Fehlern behaftet gewesen wäre, fand für diese Größenklasse innerhalb der Probefläche ein Stichprobenverfahren Anwendung. Dabei wurde entlang einer Diagonalen an fest markierten Punkten dreimal ein 1 m^2-Rahmen angelegt und darin jeweils der gesamte Jungwuchs der Größenklasse 0 - 9 cm erfaßt.

Für jede Probefläche wurden zusätzlich potentiell verjüngungsrelevante Standortfaktoren erhoben. Neben primären Grunddaten wie Meereshöhe, Hangneigung und Exposition waren dies insbesondere:

- Deckung der Baumschicht
- Höhe und Deckung der Krautschicht
- Deckung der Moosschicht
- Mächtigkeit und Deckung der Streuauflage
- Flächenanteil offener Bodenstellen.

2.2.2.2 Untersuchungen zur Bestandesstruktur

Zur Überprüfung der Annahme, daß sich die auf floristischer Basis dokumentierten Unterschiede zwischen den einzelnen Kiefernwaldtypen auch in der Bestandesstruktur niederschlagen, wurden auf acht repräsentativen Teilflächen, die jeweils einem bestimmten flächenmäßig bedeutsamen Kiefernwaldtyp entsprachen, ergänzende waldkundliche Untersuchungen zur Bestandesstruktur durchgeführt.

Auf eingemessenen quadratischen Probeflächen, deren Größe sich an den jeweiligen Stammzahlen-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

verhältnissen orientierte, wurden dabei folgende Daten erhoben:

- Brusthöhendurchmesser und Anzahl der Bäume (> 130 cm)
- Individuenzahlen des Baumjungwuchses (50 - 129 cm)
- Individuenzahlen der Sträucher (> 50 cm)
- Baumhöhen (auf Teilflächen)

Der Brusthöhendurchmesser wurde mit einem Umfangmaßband in 130 cm Höhe ermittelt. Innerhalb der quantitativ untersuchten Probeflächen wurde jeweils auch ein graphisches Bestandesprofil erstellt. Die Aufnahme der Bestandesprofile erfolgte je nach Bestandesstruktur (Stammzahlreichtum) innerhalb eines 18 bis 58 m langen und 8 bzw. 10 m breiten Streifens, wobei alle Bäume nach Lage und Höhe eingemessen und graphisch dargestellt wurden. Die Kronenradien wurden mit Hilfe der tangentialen Hochblickmethode nach PREUHSLER ermittelt und als Horizontalprojektion parallel zum Bestandesaufriß abgebildet.

Zur Bestimmung des Bestandesalters erfolgten auf den Probeflächen zusätzlich Jahrringbohrungen. Dabei wurden an 5 bis 10 (20) Bäumen, die jeweils möglichst das gesamte Spektrum der auftretenden Stammstärken repräsentierten, in Brusthöhe (130 cm) mit einem Zuwachsbohrer nach PRESSLER Bohrspäne entnommen und anschließend im Labor mikroskopisch analysiert (Digitalpositiometer nach JOHANN). Bei sehr niederwüchsigen Beständen wurden die Bohrspäne bereits in 50 cm Höhe entnommen, um allzu große Ungenauigkeiten zu vermeiden. Bei den Bohrungen in Brusthöhe wurden entsprechend den Angaben bei RAUSCH (1981) und eigenen Beobachtungen zur ermittelten Jahrringzahl 25 Jahre hinzuaddiert, bei Bohrhöhe 50 cm 12 Jahre.

2.2.3 Mikroklimamessungen

Zur Erfassung der Bedeutung des Mikroklimas für die Vegetationsdifferenzierung entlang der analysierten Transekte wurden ergänzend vergleichende quantitative Mikroklimamessungen durchgeführt.

Dabei fand ein Datalogger LI 1000 der Firma LI-COR Verwendung, der die Meßwerte der angeschlossenen Fühler in Intervallen von 30 Min. automatisch abspeichert. Neben Halbstundenmittelwerten der Boden- und Lufttemperatur wurden dabei die halbstündigen Summen der photosynthetisch aktiven Strahlung (PhAR) im Frequenzbereich von 400 bis 700 µm gemessen. Die Messung von Lufttemperatur und photosynthetisch aktiver Strahlung erfolgten in 50 cm Höhe über, die der Bodentemperatur in 1 cm Tiefe unter der Mineralbodenoberfläche.

2.2.4 Bodenkundliche Untersuchungen

In zehn Repräsentativbeständen, die jeweils einem bestimmten, weit verbreiteten Typus nordalpischer Schneeheide-Kiefernwälder entsprachen, wurden Bodenprofile ergraben, eingehend beschrieben und beprobt. Profilbeschreibung und Probenahme erfolgten nach den Empfehlungen der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODENKUNDE 1982). Die Nomenklatur der Bodentypen stützt sich im wesentlichen auf die derzeit gültige Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland (ARBEITSKREIS BODENSYSTEMATIK 1985) und deren neueste Ergänzungen durch KREUTZER & GROTTENTHALER (1991). Parallel hierzu fand bei den Profilbeschreibungen aber auch die alternative Systematik und Terminologie von BOCHTER (1984) Verwendung, mit Hilfe derer oft eine schärfere Kennzeichnung der ökologischen Eigenschaften und pedogenetischen Stellung von Karbonatböden möglich ist.

Die Laboranalysen beschränkten sich auf wenige einfache Standarduntersuchungen, die aber gleichwohl wichtige ökologische Eigenschaften der Böden offenbarten. Nach Bestimmung des Skelettgehalts durch Siebung wurden an der gewonnenen Feinerde folgende bodenchemische Parameter bestimmt:

- pH-Wert in $CaCl_2$ und H_20
- Organische Substanz, durch Verglühen bei 550° C
- Carbonatgehalt nach SCHEIBLER
- Organischer Kohlenstoff (C-org.) und Gesamtstickstoff (N-ges.)

Aufgrund der hohen Karbonatgehalte (Dolomit) der Böden traten bei der Laborarbeit einige methodische Probleme auf. So mußten bei der Berechnung des Carbonatgehalts die hohen Mg-Anteile (45%) berücksichtigt werden. C-org. wurde durch eine Subtraktion von C-ges../. C-carb. ermittelt. Die parallel durchgeführten Analysen der organischen Substanz durch Veraschung ergaben bei Berücksichtigung des Tongehalts (Kristallwasser) eine gute Übereinstimmung mit den C-org.-Werten.

2.2.5 Floristische Probleme

Bei der Determination einiger Arten im Rahmen der vegetationskundlichen Untersuchungen traten Probleme auf, die im Nachfolgenden kurz erläutert werden sollen.

Pinus engadiniensis

In den Bayerischen Alpen wurden in Höhenlagen meist oberhalb 1.000 m N. N. neben den normalerweise dominierenden breitkronigeren Formen von *Pinus sylvestris* auch vereinzelt auffallend spitzkronige und feinästige Waldkiefern gefunden, die hinsichtlich ihres Habitus weitgehend der Engadiner Föhre entsprechen (z.B. OBERDORFER 1983). Diese extrem schmalkronigen Formen werden in der Kiefernrassenmonographie von RUBNER (1959) als "Alpenkiefer" bezeichnet, die breitkronigeren dagegen als "Voralpenkiefer" und lediglich auf Rassenebene voneinander geschieden. Bei beiden

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Rassen handelt es sich um zumeist bis in die Spitze lotrecht geradschaftige Kiefern, die sich durch eine leuchtend ockergelbe, weit am Stamm herunterreichende Spiegelrinde bzw. Feinborke auszeichnen.

Auffallend ist ferner eine oft recht dünne Benadelung; statt 2 bis 3 sind in der Regel nur ein, höchstens zwei Nadeljahrgänge vorhanden. Dies ist keinesfalls als krankhafte Erscheinung zu werten, sondern vielmehr als eine Anpassung zur Verminderung winterlicher Schneeauflast (RUBNER 1958). Großflächig sind Formen mit besonders spitzer und schlanker Kronenausformung auch in den höheren Lagen des Tiroler Inntals anzutreffen, so insbesondere im Raum Seefeld-Reith.

Im Gegensatz dazu findet man in den trockeneren Tieflagen des Oberinntals fast durchweg auffallend breitkronige und rauhborkige, gedrungene Kiefern, die im Vergleich zu den schlanken, gelbleuchtenden Kieferngestalten der höheren Lagen und der Randalpen einen eher düsteren Eindruck vermitteln. Ob es sich bei den auffälligen Unterschieden im Erscheinungsbild der Kiefern im Untersuchungsgebiet lediglich um rein standörtlich bedingte Modifikationen der Wuchsform handelt oder um genetisch fixierte Formen muß in Ermangelung entsprechender Untersuchungen letztlich offen bleiben.

Dies gilt auch für die extrem schmalkronige Engadiner Föhre oder "Alpenkiefer" im Sinne von RUBNER (1959), deren taxonomische Eigenständigkeit als Subspezies (z.B. OBERDORFER 1983) in Ermangelung sicherer konstanter Merkmale ohnehin äußerst unsicher ist (RUBNER 1959). In den Vegetationstabellen wird *Pinus engadiniensis* daher nicht als eigenständige Sippe unterschieden.

Pinus mugo-Komplex

Die Systematik des *Pinus mugo*-Komplexes bereitet aufgrund der großen Vielfalt seiner Phänotypen bis zum heutigen Tage erhebliche Schwierigkeiten. Zur Unterscheidung der verschiedenen Sippen werden entweder nur die Wuchsform, nur die Zapfenform (CHRISTENSEN 1987b) oder am häufigsten eine Kombination aus beiden Merkmalen (z.B. OBERDORFER 1983, ROTHMALER 1990, ADLER et al. 1994 u. a.) verwendet. Grundsätzlich zu unterscheiden gilt es hinsichtlich des Habitus zwischen der aufrechten, monokormen Baumform (*P. uncinata*) und der niederliegenden, polykormen Strauchform (*P. mugo*); bezüglich der Zapfenform zwischen verdickt oder flach ausgebildeten Apohypsen (vgl. Zeichnungen bei CHRISTENSEN 1987b). Der aufrechte reine *uncinata*-Typ mit stark aufgewölbten Apohypsen ist fast ausschließlich im Westteil des Areals, in den Pyrenäen und in den Westalpen zu finden, während in den Ostalpen der niederliegende *mugo*-Typ mit flachen Apohypsen eindeutig dominiert. Diese morphologische Differenzierung wird auf unterschiedliche Entwicklung in geographisch weit getrennten Refugialräumen während des Pleistozäns zurückgeführt. Im Bereich der Ostschweiz, Nordtirols und der Bayerischen Alpen überschneiden sich die Areale aufrechter Baumtypen und niederliegender Strauchtypen. Dies hat zur Folge, daß gerade in diesem Raum ein gehäuftes Auftreten von Phänotypen festzustellen ist, die fließend zwischen den reinen Wuchs- und Zapfenformen vermitteln. Diese Übergangsformen werden als Ergebnis einer introgressiven Hybridisation zwischen der aufrechtmonokormen Baumform und der niederliegend-polykormen Buschform gewertet (CHRISTENSEN 1987a) und können allgemein unter dem Begriff *rotundata*-Typ zusammengefaßt werden (CHRISTENSEN 1987b, MAIER 1994).

Nach den neueren Untersuchungen von MAIER (1993, 1994) und anderer Autoren müssen die bisherigen Vorstellungen in einigen Teilen erheblich revidiert bzw. relativiert werden; dies betrifft insbesondere den Wert zapfenmorphologischer Merkmale (Apohypsenform) zur Differenzierung des *Pinus mugo*-Formenkreises. Habitus und Zapfenform variieren entgegen der vielfach in Florenwerken geäußerten Ansichten weitgehend unabhängig voneinander. So können bereits innerhalb lokaler, habituell einheitlicher Populationen die Zapfenformen in sehr starkem Maße voneinander abweichen (MAIER 1994). Dies gilt erst recht bei überregionaler Betrachtung; so haben beispielsweise die lokalen Reliktpopulationen niederliegender *mugo*-Formen in den französischen SW-Alpen stark aufgewölbte Apohypsen, während andererseits die aufrechte monokorme Population der Isarauen bei Mittenwald Zapfen aufweist, die dem reinen *mugo*-Typ im Sinne von CHRISTENSEN (1987b) entspricht (MAIER 1994).

Anhand von Terpen- und Isoenzymanalysen läßt sich der *Pinus mugo*-Komplex nach MAIER (1994) genetisch deutlich in eine westliche und eine östliche Gruppe aufspalten. Die Grenze fällt etwa zusammen mit der Grenze zwischen Ost- und Westalpen und entspricht damit zugleich der Westgrenze des sympatrischen Areals von *uncinata* und *mugo*. Damit ergibt sich nicht nur eine Trennung in *uncinata*-West und *mugo*-Ost sondern auch eine ebensolche in *uncinata*-Ost und *uncinata*-West! Innerhalb der östlichen Gruppe konnte MAIER mit den von ihm angewandten Methoden keine signifikanten genetischen Unterschiede zwischen *mugo*-, *uncinata*- und *rotundata*-Formen feststellen. Nach den eigenen Erfahrungen ist eine saubere morphologische Definition und Abgrenzung des zwischen reinem *mugo*-Typ und reinem *uncinata*-Typ vermittelnden *rotundata*-Typs wohl kaum möglich. Dies wäre im Grunde auch widernatürlich, da beide Grundtypen letztlich fließend ineinander übergehen, ganz zu schweigen von der Praktikabilität der Ansprache im Gelände, wo das phänotypische Erscheinungsbild häufig zusätzlich durch Umwelteinflüsse (z. B. Schneedynamik) maßgeblich beeinflußt wird.

Aus praktischen Erwägungen wurde daher bei den Geländearbeiten nur zwischen niederliegenden polykormen Strauchformen und eindeutig aufrechten,

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

meist monokormen, teilweise aber auch polykormen Baumformen unterschieden. Dieses Vorgehen läßt sich insbesondere dadurch rechtfertigen, daß es sich bei der Wuchsform letztlich um das vegetationsökologisch entscheidende und damit für die Fragestellung der Arbeit primär relevante Merkmal handelt. In den Vegetationstabellen werden die aufrechten Formen als *Pinus uncinata/rotundata* bezeichnet, um den fließenden Übergang zum *mugo*-Typ zu verdeutlichen. Ein vergleichbares Vorgehen schlägt letztlich auch MAIER (1994) vor, wobei er allerdings den systematischen Wert des *rotundata*-Typs grundsätzlich in Frage stellt, und letztlich nur noch nach Wuchsform zwischen *mugo*-Typ und *uncinata*-Typ unterscheiden möchte.

Eine abschließende Wertung und Vereinheitlichung der systematischen und taxonomischen Ansichten den *Pinus mugo*-Komplex betreffend, ist bisher aber in keiner Weise erreicht und bedarf in Zukunft sicher weiterer Klärung. Im Text werden die aufrechten Baumformen vielfach neutral als "Spirken" bezeichnet.

Molinia caerulea / M. arundinacea

Entgegen der z. B. bei CONERT (1981) vertretenen Ansichten bereitet die Unterscheidung beider Sippen, wenigstens im Untersuchungsgebiet, erhebliche Schwierigkeiten. Von Seiten des Autors bestehen sogar massive Zweifel an der Eigenständigkeit beider Typen. Gerade im Bereich der Schneeheide-Kiefernwälder kann man sich nicht des Eindrucks erwehren, daß es sich bei *Molinia arundinacea* lediglich um luxurierende Teilpopulationen ein und derselben Art handelt. So läßt sich entlang steiler Wasserhaushaltsgradienten häufig beobachten, wie ein eindeutiger *arundinacea*-Typ zum Trockeneren hin innerhalb weniger Meter fließend in einen *caerulea*-Typ übergeht. Die Ansicht, daß es sich bei *Molinia arundinacea* lediglich um eine standörtliche Modifikation handelt, die auf die bessere Wasser- und Nährstoffversorgung ihres Standorts mit einer größeren Wuchsleistung reagiert, ist daher mehr als naheliegend, insbesondere wenn man berücksichtigt, daß die Hauptunterscheidungsmerkmale zwischen beiden Sippen rein quantitativer Natur sind. Massive Zweifel an der Unterscheidbarkeit von *Molinia arundinacea* und *M. caerulea* werden auch von vielen anderen südbayerischen Feldbotanikern geäußert (z.B. EGGENSBERGER 1993). Letztlich bedarf die Klärung dieser Frage sicherlich weiterer systematischer Untersuchungen. Bei der Tabellenarbeit wurde aus den oben genannten Gründen auf eine Unterscheidung beider Sippen verzichtet; sie erscheinen daher als *Molinia caerulea agg.* Die Masse der angetroffenen Phaenotypen entsprach aber dem *arundinacea*-Typ, insbesondere auf frischeren Hangstandorten; der wesentlich seltenere *caerulea*-Typ ist dagegen weitgehend auf trockenere und nährstoffärmere Standorte konzentriert. Dazwischen gab es auch ein breites Spektrum von Übergängen, das sich kaum zuordnen ließ.

Brachypodium rupestre / B. pinnatum

Trotz der guten Unterscheidbarkeit der beiden Sippen (SCHIPPMANN 1986) wurde *Brachypodium rupestre* bis in die jüngste Zeit von vielen Floristen und Vegetationskundlern nicht als eigenständige Art aufgefaßt und von *Brachypodium pinnatum* unterschieden (z.B. STILL 1991). Im Nordalpenraum und im bayerischen Alpenvorland wird *Brachypodium pinnatum* fast vollständig von *Brachypodium rupestre* ersetzt. Ersteres fehlt zwar nicht gänzlich, kommt aber ausgesprochen spärlich vor und ist sehr lückenhaft verbreitet. Interessanterweise deckt sich die Verbreitung von *Brachypodium rupestre* in Südbayern weitgehend mit der von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen!

Dactylis glomerata

In standörtlich extremen Volltrockenrasen des Tiroler Inntales wurde in Nachbarschaft von *Carex humilis*, *Stipa eriocaulis* ssp. *austriaca* und *Fumana procumbens* verbreitet eine zwergwüchsige Form von *Dactylis glomerata* agg. gefunden. Nach dem Bestimmungsschlüssel der Flora von OBERDORFER handelt es sich dabei um *Dactylis hispanica* Roth. Ein Vergleich mit dem Herbarmaterial der Botanischen Staatssammlung München ergab jedoch, daß sich die Tiroler Exemplare morphologisch erheblich von der "echten" *Dactylis hispanica* des Mediterranraumes unterscheiden. Vielmehr handelt es sich offenbar lediglich um eine an die ökologischen Bedingungen in Volltrockenrasen angepaßte Varietät von *Dactylis glomerata* s.l.. Ähnliches dürfte für die Mehrzahl der vermeintlichen *Dactylis hispanica*-Vorkommen in Xerothermrasen des übrigen Mitteleuropas gelten (LIPPERT mündl.).

Viola collina / V. hirta

Das Hügelveilchen (*Viola collina*) wurde in der Vergangenheit vielfach übersehen und als *Viola hirta* angesprochen. Im Sommer, wenn die Nebenblätter bereits vertrocknet sind, kann die Unterscheidung beider Arten große Probleme bereiten. Als sicheres Unterscheidungsmerkmal bleibt dann nur der verschiedenartige Blattgrundschnitt übrig. Neben eindeutigen *Viola collina*-Individuen mit rundlichem Blattgrundschnitt, stumpfer Spitze und enger Bucht sowie eindeutigen *Viola hirta*-Individuen mit länglichen, deutlich zugespitzten Blättern und weiter, offener Bucht wurden aber auch nicht selten Übergänge zwischen beiden Typen gefunden, deren Zuordnung Schwierigkeiten bereitet.

Offenbar handelt es sich bei derartigen morphologischen Übergangsformen um Bastarde *Viola hirta* x *collina*, die häufig durch Rückkreuzung bald der einen, bald der anderen Elternsippe näher stehen (HIEMEYER 1992). Auf die Ausscheidung eines Bastards wurde daher verzichtet und die unsicheren Zwischenformen je nach Überwiegen der *collina*- bzw. *hirta*-Merkmale der einen oder der anderen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Sippe zugeordnet. Ökologisch ergeben sich zwischen beiden Arten deutliche Unterschiede. *Viola collina* ist in viel stärkerem Maße eine nutzungsfliehende Waldart, die auch verbreitet in standörtlich extremen, primären Felskiefernwäldern und selbst in konsolidierten thermophilen Rauhgrasfluren anzutreffen ist. Dagegen bevorzugt *Viola hirta* im Untersuchungsgebiet deutlich mesophilere, in der Regel nutzungsgeprägte Vegetationstypen wie lichte, weidebeeinflußte Kiefernwälder und Halbtrockenrasen auf vergleichsweise frischen Standorten. In den standörtlich extremen Kiefernwäldern des Tiroler Inntals wurde fast ausschließlich *Viola collina* angetroffen!

Scabiosa lucida / S. columbaria / S. gramuntia

Im Bereich der Bayerischen Kalkalpen ist *Scabiosa lucida* bis in die Täler herab eindeutig die dominierende Sippe. In tieferen Lagen und thermischen Gunstlagen können bisweilen Übergangsformen zu *Scabiosa columbaria* auftreten, die aber gleichfalls noch *Scabiosa lucida* zugerechnet wurden. Ähnliche Übergangstypen konnten auch in höheren Lagen des Tiroler Inntales und am Südrand des Fernpaßgebietes gefunden werden. In der untersten Talstufe des Oberinntales (bis ca. 800 m) dominiert in Trockenrasen bereits die südalpische *Scabiosa gramuntia* sowie deren Bastarde mit *Scabiosa columbaria.* Reine Formen von *Scabiosa gramuntia* konnten u. a. am Kalvarienberg bei Zirl gefunden werden.

Thymus polytrichus / T. praecox

Ähnlich wie bei *Scabiosa columbaria* agg. gestaltet sich die räumliche Verbreitung bei *Thymus praecox* agg. Während *Thymus polytrichus* als Hochlagenform in den Bayerischen Alpen bis ins Vorland hinaus eindeutig dominiert, konnte *Thymus praecox* nur einige Male im Raum Garmisch unter Vorbehalt angesprochen werden. Dagegen ist der xerothermophile *Thymus praecox* im Tiroler Inntal eindeutig die dominierende Sippe, während *Thymus polytrichus* hier nur auf kühlfeuchten Sonderstandorten und in höheren Lagen gefunden werden konnte. Im Kontaktbereich beider Sippen gestaltet sich eine eindeutige Zuordnung oftmals ausgesprochen schwierig!

Hieracium murorum / H. bifidum

Eine sichere Unterscheidung beider Typen war häufig nicht möglich, da in den Aufnahmeflächen oft nur Grundblätter oder kümmernde, nicht voll entwickelte Individuen gefunden wurden. Zudem bestehen zahllose fließende Übergänge zwischen beiden Formen, die auch von Spezialisten oft nicht eindeutig zugeordnet werden können. In den Vegetationstabellen erscheinen beide Arten daher zusammengefaßt als *Hieracium bifidum/murorum.* Eindeutige *bifidum*-Formen wurden insbesondere auf Fels- und Schotterstandorten angetroffen. Im Kontaktbereich von *Hieracium bifidum* zu *H. glaucum* oder *H. bupleuroides* wurde öfters auch *Hieracium oxyodon* (- *glaucum* od. *bupleuroides* > *bifidum*) beobachtet (insbesondere Schotterstandorte der Auen!). Aufgrund der oben genannten Schwierigkeiten einer eindeutigen Erkennbarkeit (schlechter Entwicklungszustand) der Formen in den Aufnahmeflächen wurde auf eine Unterscheidung in den Tabellen auch hier verzichtet. Besonders reiche Formenschwärme aus *Hieracium bifidum, H. glaucum* und *H. bupleuroides* sind vor allem in den jungen Entwicklungsstadien alluvialer Kiefernwälder auf Grobschotterterrassen wie etwa im NSG Riedboden bei Scharnitz zu beobachten. Eine eingehende Untersuchung der dort zu beobachtenden Formenvielfalt hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt und sollte einer speziellen systematischen Untersuchung vorbehalten bleiben!

Hieracium glaucum / H. bupleuroides

Die Unterschiedung beider Sippen bereitete zunächst erhebliche Schwierigkeiten, da die in Florenwerken (z.B. OBERDORFER 1983) angegebenen Merkmale zum Teil unbrauchbar sind bzw. nur Relativ-Merkmale darstellen, ohne daß dies deutlich zum Ausdruck kommt. Erst durch einen Vergleich des eigenen gesammelten Herbarmaterials mit der umfangreichen Belegsammlung der Botanischen Staatssammlung München und nach eingehender Beratung durch Herrn Dr. SCHUHWERK konnte weitgehende Klarheit über die Zugehörigkeit des eigenen Materials geschaffen werden. Dabei stellte sich schließlich heraus, daß es sich beim eigenen Material mit Ausnahme weniger Zweifelsfälle durchweg um *Hieracium glaucum* handelte.

3. Grundzüge der Verbreitung und Standortökologie von Schneeheide-Kiefernwäldern in den mittleren Nördlichen Kalkalpen

3.1 Verbreitung im Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die mittleren Nördlichen Kalkalpen auf dem Gebiet Bayerns und der südlich angrenzenden österreichischen Bundesländer Tirol und Salzburg. Während auf der Nordseite des Tiroler Oberinntals zwischen Innsbruck und Landeck Schneeheide-Kiefernwälder großflächig als landschaftsprägender Vegetationstyp auftreten, konzentrieren sich die Vorkommen im Bereich der Bayerischen Alpen im wesentlichen auf zwei Schwerpunktgebiete, die sehr gut anhand der Verbreitung des reliktischen und ausbreitungsuntüchtigen Amethystschwingels nachgezeichnet werden (Abb. 1). Zum einen handelt es sich dabei um das Werdenfelser Land und dessen weiteres Umfeld, insbesondere das obere Isar- und Loisachtal sowie das Walchenseegebiet und zum anderen um das Saalachtal zwischen Bad Reichenhall und Melleck-Steinpaß mit den angrenzenden Bereichen der östlichen Chiemgauer und Berchtesgadener Alpen. Zwischen diesen beiden Verbreitungsschwerpunkten

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Sippe zugeordnet. Ökologisch ergeben sich zwischen beiden Arten deutliche Unterschiede. *Viola collina* ist in viel stärkerem Maße eine nutzungsfliehende Waldart, die auch verbreitet in standörtlich extremen, primären Felskiefernwäldern und selbst in konsolidierten thermophilen Rauhgrasfluren anzutreffen ist. Dagegen bevorzugt *Viola hirta* im Untersuchungsgebiet deutlich mesophilere, in der Regel nutzungsgeprägte Vegetationstypen wie lichte, weidebeeinflußte Kiefernwälder und Halbtrockenrasen auf vergleichsweise frischen Standorten. In den standörtlich extremen Kiefernwäldern des Tiroler Inntals wurde fast ausschließlich *Viola collina* angetroffen!

Scabiosa lucida / S. columbaria / S. gramuntia

Im Bereich der Bayerischen Kalkalpen ist *Scabiosa lucida* bis in die Täler herab eindeutig die dominierende Sippe. In tieferen Lagen und thermischen Gunstlagen können bisweilen Übergangsformen zu *Scabiosa columbaria* auftreten, die aber gleichfalls noch *Scabiosa lucida* zugerechnet wurden. Ähnliche Übergangstypen konnten auch in höheren Lagen des Tiroler Inntales und am Südrand des Fernpaßgebietes gefunden werden. In der untersten Talstufe des Oberinntales (bis ca. 800 m) dominiert in Trockenrasen bereits die südalpische *Scabiosa gramuntia* sowie deren Bastarde mit *Scabiosa columbaria.* Reine Formen von *Scabiosa gramuntia* konnten u. a. am Kalvarienberg bei Zirl gefunden werden.

Thymus polytrichus / T. praecox

Ähnlich wie bei *Scabiosa columbaria* agg. gestaltet sich die räumliche Verbreitung bei *Thymus praecox* agg. Während *Thymus polytrichus* als Hochlagenform in den Bayerischen Alpen bis ins Vorland hinaus eindeutig dominiert, konnte *Thymus praecox* nur einige Male im Raum Garmisch unter Vorbehalt angesprochen werden. Dagegen ist der xerothermophile *Thymus praecox* im Tiroler Inntal eindeutig die dominierende Sippe, während *Thymus polytrichus* hier nur auf kühlfeuchten Sonderstandorten und in höheren Lagen gefunden werden konnte. Im Kontaktbereich beider Sippen gestaltet sich eine eindeutige Zuordnung oftmals ausgesprochen schwierig!

Hieracium murorum / H. bifidum

Eine sichere Unterscheidung beider Typen war häufig nicht möglich, da in den Aufnahmeflächen oft nur Grundblätter oder kümmernde, nicht voll entwickelte Individuen gefunden wurden. Zudem bestehen zahllose fließende Übergänge zwischen beiden Formen, die auch von Spezialisten oft nicht eindeutig zugeordnet werden können. In den Vegetationstabellen erscheinen beide Arten daher zusammengefaßt als *Hieracium bifidum/murorum.* Eindeutige *bifidum*-Formen wurden insbesondere auf Fels- und Schotterstandorten angetroffen. Im Kontaktbereich von *Hieracium bifidum* zu *H. glaucum* oder *H. bupleuroides* wurde öfters auch *Hieracium oxyodon* (- *glaucum* od. *bupleuroides* > *bifidum*) beobachtet (insbesondere Schotterstandorte der Auen!). Aufgrund der oben genannten Schwierigkeiten einer eindeutigen Erkennbarkeit (schlechter Entwicklungszustand) der Formen in den Aufnahmeflächen wurde auf eine Unterscheidung in den Tabellen auch hier verzichtet. Besonders reiche Formenschwärme aus *Hieracium bifidum, H. glaucum* und *H. bupleuroides* sind vor allem in den jungen Entwicklungsstadien alluvialer Kiefernwälder auf Grobschotterterrassen wie etwa im NSG Riedboden bei Scharnitz zu beobachten. Eine eingehende Untersuchung der dort zu beobachtenden Formenvielfalt hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt und sollte einer speziellen systematischen Untersuchung vorbehalten bleiben!

Hieracium glaucum / H. bupleuroides

Die Unterschiedung beider Sippen bereitete zunächst erhebliche Schwierigkeiten, da die in Florenwerken (z.B. OBERDORFER 1983) angegebenen Merkmale zum Teil unbrauchbar sind bzw. nur Relativ-Merkmale darstellen, ohne daß dies deutlich zum Ausdruck kommt. Erst durch einen Vergleich des eigenen gesammelten Herbarmaterials mit der umfangreichen Belegsammlung der Botanischen Staatssammlung München und nach eingehender Beratung durch Herrn Dr. SCHUHWERK konnte weitgehende Klarheit über die Zugehörigkeit des eigenen Materials geschaffen werden. Dabei stellte sich schließlich heraus, daß es sich beim eigenen Material mit Ausnahme weniger Zweifelsfälle durchweg um *Hieracium glaucum* handelte.

3. Grundzüge der Verbreitung und Standortökologie von Schneeheide-Kiefernwäldern in den mittleren Nördlichen Kalkalpen

3.1 Verbreitung im Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die mittleren Nördlichen Kalkalpen auf dem Gebiet Bayerns und der südlich angrenzenden österreichischen Bundesländer Tirol und Salzburg. Während auf der Nordseite des Tiroler Oberinntals zwischen Innsbruck und Landeck Schneeheide-Kiefernwälder großflächig als landschaftsprägender Vegetationstyp auftreten, konzentrieren sich die Vorkommen im Bereich der Bayerischen Alpen im wesentlichen auf zwei Schwerpunktgebiete, die sehr gut anhand der Verbreitung des reliktischen und ausbreitungsuntüchtigen Amethystschwingels nachgezeichnet werden (Abb. 1). Zum einen handelt es sich dabei um das Werdenfelser Land und dessen weiteres Umfeld, insbesondere das obere Isar- und Loisachtal sowie das Walchenseegebiet und zum anderen um das Saalachtal zwischen Bad Reichenhall und Melleck-Steinpaß mit den angrenzenden Bereichen der östlichen Chiemgauer und Berchtesgadener Alpen. Zwischen diesen beiden Verbreitungsschwerpunkten

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

klafft eine breite Lücke, in der allenfalls sehr kleinflächige oder fragmentarisch entwickelte Bestände anzutreffen sind. Ähnliches gilt für das gesamte Allgäu (OBERDORFER 1950, HERTER 1990).

Bedeutende randalpische Bestände gibt es außerhalb Bayerns ferner im Tiroler Lechtal, im Fernpaßgebiet, am Achensee, am Südwestabfall des Kaisergebirges sowie im Anschluß an die bayerischen Vorkommen südlich von Bad Reichenhall im österreichischen Teil des Saalachtales.

Als ausgesprochen extrazonales Phänomen reichen Schneeheide-Kiefernwälder auf den Schotterterrassen von Isar und Lech in teilweise bedeutenden Beständen weit ins Alpenvorland hinaus bis vor die Tore Münchens und Augsburgs (Abb. 1). Die letztgenannten Vorkommen konnten aber im Rahmen der Untersuchungen nur kursorisch gestreift werden. Die Untersuchungsschwerpunkte lagen eindeutig im Werdenfelser Land, im bayerischen Teil des Saalachtales und im Tiroler Oberinntal.

Nördlich der Vorkommen in den Schotterauen des Alpenvorlandes sind Erico-Pinion-Gesellschaften in Bayern nur sehr kleinflächig im südlichen Frankenjura (GAUCKLER 1938) sowie in recht ausgedehnten Beständen auf den Dolomit-Knocks der nördlichen Frankenalb anzutreffen (HOHENESTER

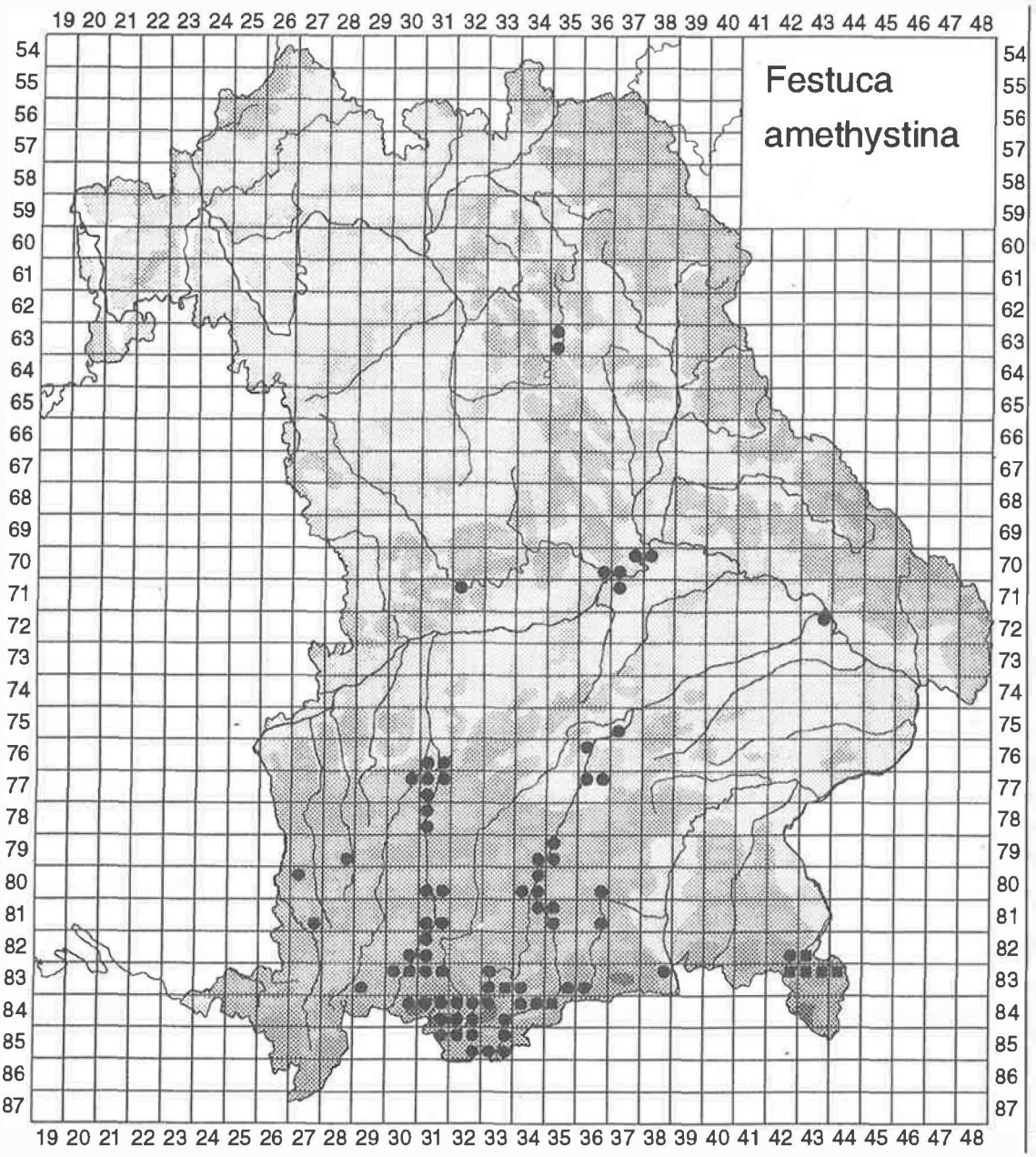


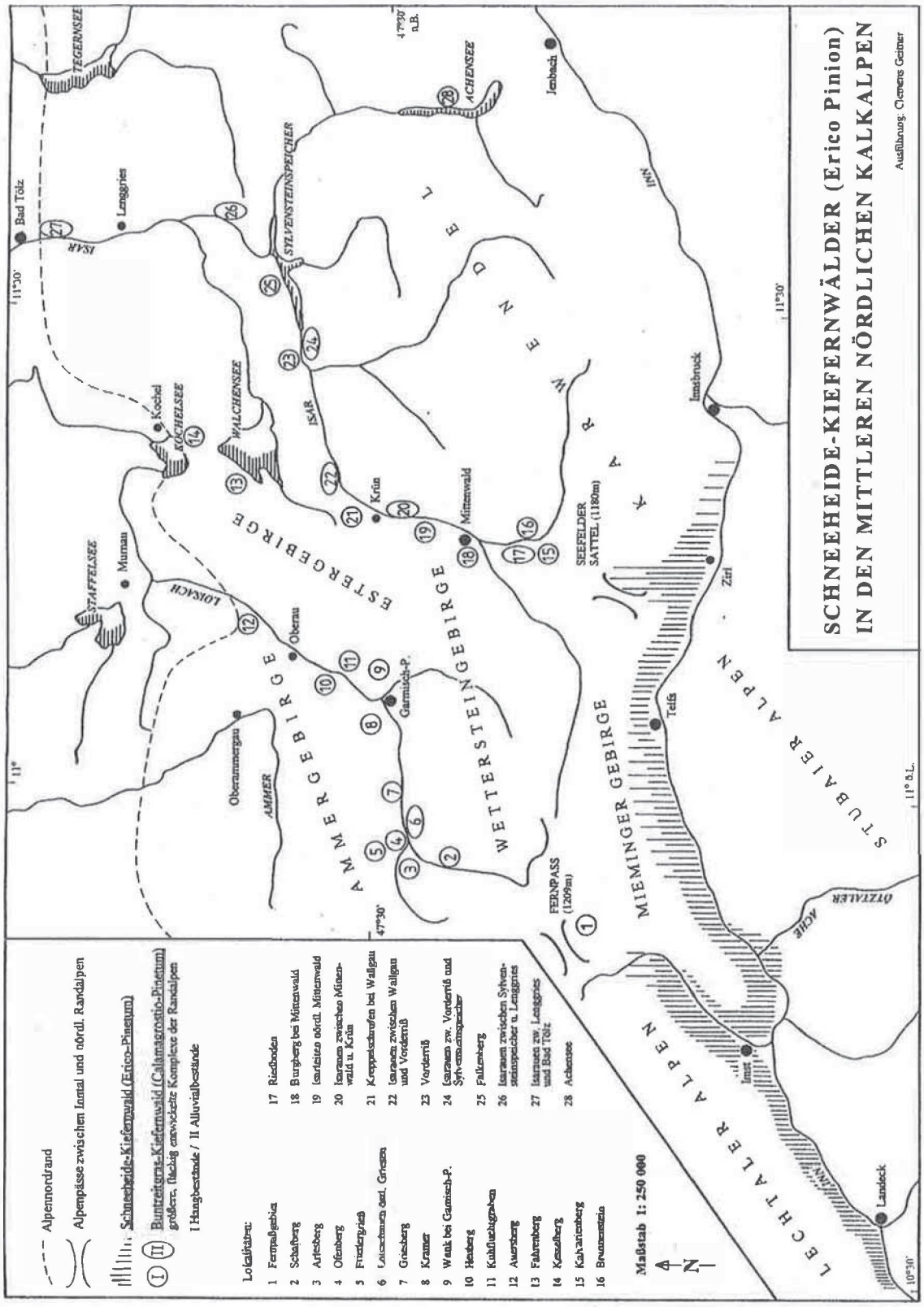
Abbildung 1

Verbreitung des Amethystschwingels (*Festuca amethystina*) in Bayern (ZENTRALSTELLE FÜR DIE FLORISTISCHE KARTIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, Datenstand 1994, ergänzt durch aktuelle Neufunde des Autors). - Der Amethystschwingel zeichnet besonders scharf die Verbreitung von Erico-Pinion-Phytozönsen in Bayern nach.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Übersichtskarte

Untersuchungsgebiet Werdenfelser Land - Oberinntal



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

1960, HEMP 1995). Außerhalb Bayerns sind Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen nur noch extrem kleinflächig und fragmentarisch auf der südwestlichen Schwäbischen Alb (oberers Donautal, Wutach) und im Bodenseegebiet zu finden (MÜLLER 1980, WITSCHEL 1980, LANG 1973).

3.2 Tektonik und exogene Reliefgenese

Das oben geschilderte Verbreitungsbild der Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet wird in hohem Maße bestimmt durch geomorphologische Großstrukturen. Diese üben vor allem auf die Ausgestaltung der lokalen und regionalen klimatischen, aber auch der edaphischen Verhältnisse einen dominanten Einfluß aus. So zeigen die Vorkommen in den Nördlichen Kalkalpen eine m.o.w. enge Bindung an die *Südhanglagen tief eingesenkter, breiter Quertalstrukturen und meridional durchgängiger Talzüge* wie Inn-, Lech-, Loisach-, Isar- und Saalachtal (vgl. Übersichtskarte Werdenfelser Land - Oberinntal). Die Entstehung dieser Strukturen geht letztlich auf spezifische tektonische Prozesse im Rahmen der ostalpiden Orogenese zurück. Die Hauptmasse des Gebirgskörpers im Untersuchungsgebiet wird von der Lechtaldecke und der als Großscholle aufgelagerten Inntaldecke gebildet.

Bezeichnend für den Deckenbau der Nördlichen Kalkalpen ist ein System ost-west-streichender Muldenzüge (Synklinalen) und Aufwölbungen (Antiklinalen), das durch nordwärtsgerichtete Überschiebung und Faltung während der Kreidezeit entstand. Markante Produkte dieses Faltenbaues sind neben dem Oberinntal, das sich exakt an der tektonischen Grenze zwischen den Nördlichen Kalkalpen und dem südlich angrenzenden Ötztalkristallin orientiert, auch die in Ost-West-Richtung verlaufenden Talabschnitte des oberen Isar- und Loisachtals, deren weitläufige, dem Föhnwind zugewandte, nach Norden hin abgeschirmte Südhanglagen heute großflächig Schneeheide-Kiefernwälder tragen.

Die Decken der Nördlichen Kalkalpen zeigen zudem ein jüngeres System von gekreuzten Diagonalzerscherungsflächen, das bei der Heraushebung des Alpenkörpers während des Jungtertiärs angelegt wurde. Diese Störungslinien sind südwest-nordost bzw. auch nordwest-südost orientiert und u.a. für die Ausbildung des Loisach-, Isar- und Saalachtals verantwortlich. Aber auch das Tal des Urinns zwischen Imst und Nassereith, das nördlich der Bergsturzmassen des Fernpasses im obersten Loisachtal seine Fortsetzung findet, orientiert sich entlang einer derartigen tektonischen Störungslinie. Das Zusammentreffen von ausgeprägten Südhanglagen des west-östlichen Deckenbaus mit Südwest-Nordost gerichteten Störungslinien, die als ausgesprochene Föhnschneisen wirken, begünstigt in hohem Maße das Auftreten von Schneeheide-Kiefernwäldern. So zeigen sämtliche größeren Vorkommen in den Hanglagen der Bayerischen Alpen eine enge Bindung an derartige, durch die Tektonik und exogene Reliefbildung vorgegebenen Situationen. Von überragender Bedeutung ist dabei zweifelsohne die meridionale Durchlässigkeit dieser Talsysteme für die aus dem zentralalpischen Raum übertretenden Föhnwinde.

Von großer Bedeutung für die Entstehung von Schneeheide-Kiefernwaldstandorten war aber auch das Eiszeitalter. So hat vor allem glaziale Erosion der großen Talgletscher durch starke Übersteilung und intensive Ausräumung von Verwitterungsmaterial zur Entstehung großflächiger edaphischer Extremstandorte beigetragen. Eine sehr enge Bindung an glazial übersteilte und erodierte Prallhänge des Ferneisstroms (Gletscherschliff) zeigen Schneeheide-Kiefernwälder in den Bayerischen Alpen, so z. B. besonders eindrucksvoll im Raum Scharnitz (Foto 2). Produkte intensiver glazialer Erosion sind aber auch die steil aufstrebenden Felshänge der Dolomitmassive auf der Nordseite des Oberinntals, die heute großflächig Schneeheide-Kiefernwälder tragen (Foto 6).

3.3 Klima

Schneeheide-Kiefernwälder bilden nirgends in den Alpen die zonale, primär klimabedingte Vegetation. Gleichwohl ist ihr Auftreten nicht nur von edaphischen und mesoklimatischen Faktoren abhängig, sondern wird in hohem Maße von der Ausprägung des Allgemeinklimas beeinflußt. Auffallendstes klimatisches Phänomen innerhalb des Untersuchungsgebietes ist der steile Klimagradient zwischen den subozeanisch getönten, kühl-feuchten nördlichen Randalpen und dem subkontinental getönten, warm-trockenen Tiroler Inntal. Dieses Klimagefälle entspricht dem klassischen zentral-peripheren Formenwandel innerhalb des Alpenbogens, wie er bereits von BRAUN-BLANQUET (1961) anhand vieler Beispiele in unübertroffener Weise geschildert wurde.

Als Datengrundlage für die Darstellungen im nachfolgenden wurde vor allem auf die umfangreiche Klima-Monographie Tirols von FLIRI (1975) zurückgegriffen.

3.3.1 Bayerische Alpen

Die Bayerischen Alpen zeichnen sich durch ein kühles, wolken- und niederschlagsreiches Montanklima aus. Selbst auf den Talböden übersteigen die Niederschläge fast überall 1.400 mm pro Jahr, wovon rund zwei Drittel im Sommerhalbjahr während der Vegetationsperiode fallen. Die Jahresmitteltemperaturen liegen auch auf den Talböden überall zwischen 7 und 8°C.

Der randalpische Verbreitungsschwerpunkt der Schneeheide-Kiefernwälder im Werdenfelser Land hebt sich als "relative Trockeninsel" deutlich vom übrigen bayerischen Alpenraum ab, worauf bereits GAMS (1931) hinweist. So liegen die Niederschlagssummen im Mittenwalder und Garmischer

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Becken deutlich unter 1.400 mm und erreichen im Raum zwischen Mittenwald und Scharnitz mit 1.323 bzw. 1.253 mm ihr absolutes Minimum im gesamten bayerischen Alpenraum. Im Vergleich zum nur 15 bis 20 km entfernten Alpenrand liegen die Werte hier bereits zu allen Jahreszeiten um rund 15 % niedriger (Tab. 2). Sichtbar wird diese relative Trockeninsel selbst in den kleinmaßstäblichen Karten von BAUMGARTNER et al. (1983). Nach Westen setzt sich das Garmisch-Mittenwalder "Trockengebiet" unter zunächst leichter Abschwächung über das Obere Loisachtal bis ins Ehrwalder Becken auf der Nordseite der Fernpasses fort, wo erneut mit 1.230 mm für randalpische Verhältnisse vergleichsweise wenig Niederschlag fällt (Tab. 1).

Begründet sind die deutlich geringeren Niederschläge in den Beckenlagen des Werdenfelser Landes insbesondere in der stärkeren Abschirmung gegen Norden durch die bis über 2.000 m N. N. aufragenden Gebirgsstöcke des Ammer- und Estergebirges. Dies wird insbesondere auch daran deutlich, daß die Niederschläge in Vorderriß bei gleicher Entfernung zum Alpenrand aber fehlender Abschirmung mit 1.599 mm bereits wieder deutlich über den Werten im Garmisch-Mittenwalder Becken liegen (Tab. 1).

Die Schneeheide-Kiefernwaldvorkommen um Vorderiß sind somit ähnlich wie die am unmittelbaren Alpenrand im Walchenseegebiet besonders humiden Klimabedingungen ausgesetzt.

Der zweite Arealschwerpunkt der Schneeheide-Kiefernwälder in den Bayerischen Alpen im Saalachtal südlich Bad Reichenhall zeichnet sich erst jenseits der deutsch-österreichischen Grenze (Station Unken, Tab. 1), durch leicht unterdurchschnittliche Niederschläge aus, insbesondere wenn man die Sommerniederschläge berücksichtigt. Dagegen werden im vorderen, alpenrandnahen Bereich des Saalachtales (Bad Reichenhall) in Anbetracht der Höhenlage sogar überdurchschnittlich hohe Werte erreicht. Die schwache thermische Begünstigung des Saalachtales im Vergleich zum Werdenfelser Land, die insbesondere anhand der Anzahl der Sommertage zum Ausdruck kommt, ist wohl vor allem auf die wesentlich geringere (um ca. 150 m) Basishöhe der Täler zurückzuführen.

3.3.2 Tiroler Oberinntal

Steigt man über Fernpaß oder Seefelder Sattel in die tiefe Furche des Inntals herab, so ändern sich die

Tabelle 1

Klimatische Rahmenbedingungen in den Verbreitungszentren von Schneeheide-Kiefernwäldern im Untersuchungsgebiet (Daten aus FLIRI 1975).

Ort	N Jahr (mm)	N Sommer (mm)	T Jahr (°C)	T Juli (°C)	Sommertage (Tage > 25°)
Fernpaßgebiet und Werdenfelser Land					
Fernpaß, 1210 m	1.355	498	-	-	-
Ehrwald, 997 m	1.230	517	-	-	-
Griesen, 822 m	1.450	524	-	-	-
Garmisch-Partenkirchen, 706 m	1.357	529	7,9	17,0	29
Oberau, 655 m	1.427	548	-	-	-
Krün, 875 m	1.368	565	-	-	-
Mittenwald, 915 m	1.323	543	7,2	15,6	17
Scharnitz, 960 m	1.253	480	-	-	-
Alpenrand					
Walchensee, 805 m	1.675	638	-	-	-
Vorderriß, 783 m	1.599	609	-	-	-
Saalachtal					
Bad Reichenhall, 466 m	1.630	587	8,4	17,7	39
Unken, 543 m	1.424	529	8,0	17,4	43
Oberinntal					
Innsbruck, 579 m	895	353	8,6	18,5	56
Haiming, 660 m	706	284	-	-	48
Imst, 827 m	741	305	8,0	17,7	46
Zams, 772 m	804	326	9,0	17,9	-
Landeck, 825 m	775	314	8,6	18,0	52

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

klimatischen Bedingungen auf relativ kurzer Distanz sehr grundlegend. Die Niederschläge sinken zu allen Jahreszeiten bis auf die Hälfte der Durchschnittswerte des bayerischen Alpennordrandes ab (Tab. 2). Derartig niedrige Werte werden im Vorfeld der Alpen erst wieder nördlich von München erreicht. Bereits in Innsbruck liegen die Jahresniederschläge unterhalb 1.000 mm und sinken inntalaufwärts weiter deutlich ab bis auf Werte unter 800 mm (Haiming, Imst, Landeck; Tab. 1).

Der Trockentalcharakter ist im Inntal in erster Linie ein Phänomen der unteren Talstufe bis zu einer Höhe von ca. 1.000 m. Mit zunehmender Meereshöhe nähern sich die hygrischen Bedingungen auf der Nordseite wieder dem Typus des Randalpenklimas an (vgl. Karten von BAUMGARTNER et al. 1983). Die hygrische Grenze zwischen dem stark humiden Randalpenklima und dem trockeneren Zentralalpenklima des Oberinntals fällt in etwa mit der 1.200 mm Isohyete zusammen. Das trockene Zentralalpenklima reicht von Innsbruck innaufwärts bis ins Unterengadin. Nach Norden greift es unter Abschwächung bis an den Fuß des Fernpasses bei Nassereith und der Mieminger Kette aus. Unterhalb Innsbrucks herrscht dagegen bereits wieder der ausgeprägt humide, randalpische Klimatypus. Der Jahresgang der Niederschläge ähnelt weitgehend dem der Randalpen mit einem ausgeprägten Sommermaximum im Juni, Juli und August. Relative Trockenphasen treten vor allem im Winter, zeitigen Frühjahr und Herbst auf. Im Vergleich zu anderen Trockentälern der Alpen, wie etwa dem südlich der Ötztaler Alpen anschließenden Vintschgau, wo die Niederschläge weithin sogar unter 500 mm sinken, ist der Trockentalcharakter im Oberinntal eher schwach ausgeprägt. Der gegenüber den Randalpen wesentlich trockenere Klimacharakter ist vor allem begründet in der fast völligen, allseitigen Abkammerung der tiefen Talfurche des Inngletschers. Nach Norden hin wird das Gebiet durch die weit über 2.000 m N. N. aufragenden Kalkstöcke der Lechtaler Alpen, des Wettersteinmassivs, der Mieminger Kette und des Karwendels gegenüber feuchten Luftmassen abgeschirmt, während nach Süden hin eine ebensolche Abschirmung durch die Stubaitaler und Ötztaler Alpen erfolgt.

Bei vergleichbarer Meereshöhe liegen auch die Jahresmitteltemperaturen im Oberinntal um rund 1 K höher als in den bayerischen Randalpen (Tab. 1). Die höheren Durchschnittstemperaturen gegenüber den Randalpen schlagen mit Ausnahme des Winters während aller übrigen Jahreszeiten deutlich zu Buche. Besonders hoch sind die Differenzen allerdings im Frühjahr, insbesondere April, was vor allem darauf zurückzuführen ist, daß die durch Einstrahlung gewonnene Energie infolge der trockeneren Bedingungen in weitaus stärkerem Maße direkt in fühlbare Wärme umgesetzt wird als in den feuchteren Randalpen (FLIRI 1975). Noch deutlicher wird eine thermische Begünstigung des Inntales gegenüber den Randalpen anhand der mittleren Anzahl der Sommertage (Tage mit Maximum über 25° C). Auch die Jahresschwankungen der Lufttemperatur liegen im Inntal um rund 1-3 K über denen der Randalpen, wodurch sich das Inntal durch eine merklich größere thermische Kontinentalität auszeichnet. Die höheren Jahresmitteltemperaturen und der insgesamt höhere Wärmegenuß sind wiederum eine Folge der intensiveren Einstrahlung aufgrund geringerer Bewölkungsgrade sowie der Abschirmung kalter Luftmassen bzw. der trockenadiabatischen Erwärmung zuströmender Luftmassen beim Abstieg in den tiefen Taltrog des Inns (Föhneffekte).

3.3.3 Föhn

Die Schneeheide-Kiefernwälder der Bayerischen Alpen zeigen eine auffallend enge Bindung an die Einrahmungen größerer, meridional durchgängiger Talräume, die über niedrige Paßhöhen einen direkten Anschluß an den zentralalpischen Gebirgsraum besitzen. Die Anbindung der großen Talsysteme von Loisach und Isar im Werdenfelser Land erfolgt über den Fernpaß und das Ehrwalder Becken bzw. den Seefelder Sattel, die des Saalachtales südlich Bad Reichenhall über die niedrige Paßhöhe des Steinpasses bei Melleck. Bezeichnenderweise handelt es sich bei diesen Strukturen durchweg um ausgesprochene Transfluenzpässe, über die sich während der Eiszeiten zentralalpische Eismassen in den Nordalpenraum ergossen (Abb. 2). In ganz ähnlicher Weise dienen diese Pässe und die daran anschließenden glazial überformten Talsysteme heute als geomorphologisch vorgegebene Leitbahnen beim Übertritt trockenadiabatisch erwärmter Luftmassen, gemeinhin als Föhn bezeichnet, in den Nordalpenraum. Die auffällige Konzentration der randalpischen Schneeheide-Kiefernwälder auf die oben genannten Talräu-

Jahresabschnitt	Alpennordrand	Garmisch-Mittenwald	Oberinntal
N Jahr	100	86	51
N Mai bis Sept.	100	86	49
N Juni bis August	100	89	53
N Sept. bis Nov.	100	83	52
N Dez. bis Febr.	100	87	57
N März bis Mai	100	81	40

Tabelle 2

Prozentuale Niederschlagsverteilung zu verschiedenen Jahreszeiten im Profil Alpenrand - Oberinntal (Daten aus FLIRI 1975)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

me ist vornehmlich in deren Funktion als "Föhngassen" begründet, was zu einer allgemeinen thermischen Begünstigung insbesondere im Frühjahr und Herbst führt. Von besonderer ökologischer Bedeutung ist dabei vor allem auch die stark austrocknende Wirkung (hohes Sättigungsdefizit, starke Ventilation) des Föhnwindes. Nach Berechnungen von FLIRI (1975) geht beispielsweise in Innsbruck rund ein Drittel der gesamten Jahresverdunstung auf Föhnereignisse zurück, die im Durchschnitt an 50 Tagen im Jahr auftreten.

Anhand der Daten amtlicher Klimastationen läßt sich der Einfluß des Föhns kaum quantifizieren; doch zeugt neben der räumlichen Konzentration von Schneeheide-Kiefernwaldbeständen auf ausgesprochene Föhnprallhänge auch das auffällige Ansteigen der Höhengrenzen zahlreicher wärmebedürftiger Sippen bei ansonsten eher ungünstigen klimatischen Rahmenbedingungen von der großen ökologischen Bedeutung des Föhns. So steigen beispielsweise gerade in der Talenge zwischen Wetterstein- und Karwendelmassiv bei Scharnitz (Scharnitzer Klause), die eine fast düsenartige Verengung für die über den Seefelder Sattel herüberströmenden Föhnwinde darstellt, thermophile Sippen wie *Coronilla emerus* und *Rhamnus saxatilis* bis auf fast 1.200 m N.N. und stoßen damit an die Obergrenze ihrer Verbreitung in den Bayerischen Alpen. Ungewöhnlich hoch geht hier auch *Carex humilis*, die noch in 2.000 m N.N. Höhe bestandsbildend angetroffen werden kann (GÖTZ mündl.).

Eine ähnlich offensichtliche Föhnbegünstigung ist am steilen Südhang des Fahrenbergs an der Westseite des Walchensees zu beobachten. Trotz überdurchschnittlicher Niederschläge (bereits in Urfeld 857 m am Ufer des Walchensees 1812 mm!) und großem Wolkenreichtum in Folge der alpenrandnahen Lage, Bedingungen also, die für das Auftreten von thermophilen Arten keinesfalls förderlich sind, erreichen hier viele Sippen die Obergrenze ihrer Verbreitung in den Bayerischen Alpen überhaupt; so steigen u.a. *Gladiolus palustris*, *Scorzonera humilis* und *Asperula tinctoria* bis 1.350 m. Durch eine föhnbedingte besondere thermische Begünstigung zeichnen sich auch inselartig aus dem Talzug der Loisach herausragende Berge wie der Ofenberg bei Grießen und der Auersberg zwischen Oberau und Eschenlohe aus. So ist es sicherlich kein Zufall, daß just in diesen beiden Gebieten die einzigen Vorkommen von *Aster amellus* im gesamten bayerischen Alpenraum zu finden sind und sich weitere thermophile Elemente wie z. B. *Dorycnium germanicum* (Ofenberg) und *Coronilla coronata* (Auersberg) in auffälliger Weise häufen. Auf eine generelle thermische Begünstigung des Loisachtals zwischen Farchant und Eschenlohe deutet neben der Föhnhäufigkeitskarte von SÖNNING (1982) (deren Datengrundlage allerding recht unklar bleibt) auch das inselartige Auftreten der Kiefernmistel (*Viscum laxum*) hin, die als Epiphyt in besonderem Maße dem warmen Föhnwind ausgesetzt ist. Die trichterförmig verbreiterte Öffnung des Loisachtals begünstigt offensichtlich ein besonders häufiges divergentes Absinken der warmen Luftmassen bis in Bodennähe, vergleichbar etwa dem berühmten "Innsbrucker Föhndelta" (GAMS 1931).

Im Bereich des Tiroler Oberinntals sind die Wirkungen des Föhns zunächst weniger augenfällig als in den Randalpen. Dies liegt aber in erster Linie daran, daß Föhneffekte hier m.o.w. flächenhaft wirksam werden und entscheidend zu einer generellen thermischen Begünstigung gegenüber den Randalpen beitragen. Gleichwohl ist aber auch hier eine deutliche Häufung xero-thermophiler Florenelemente im Bereich ausgesprochener Föhnprallhänge und beckenartiger Talweitungen, die ein divergentes Absinken begünstigen, zu beobachten. Als Beispiele seien hier nur der Raum Landeck mit Vorkommen von *Linum tenuifolium* im Bereich der Stanzer Leithen oder die Steilabfälle des Mieminger Plateaus bei Mötz mit Vorkommen von *Diplachne serotina* und *Limodorum abortivum* (vgl. WEBER 1981) genannt. In beiden Gebieten sind bezeichnen-

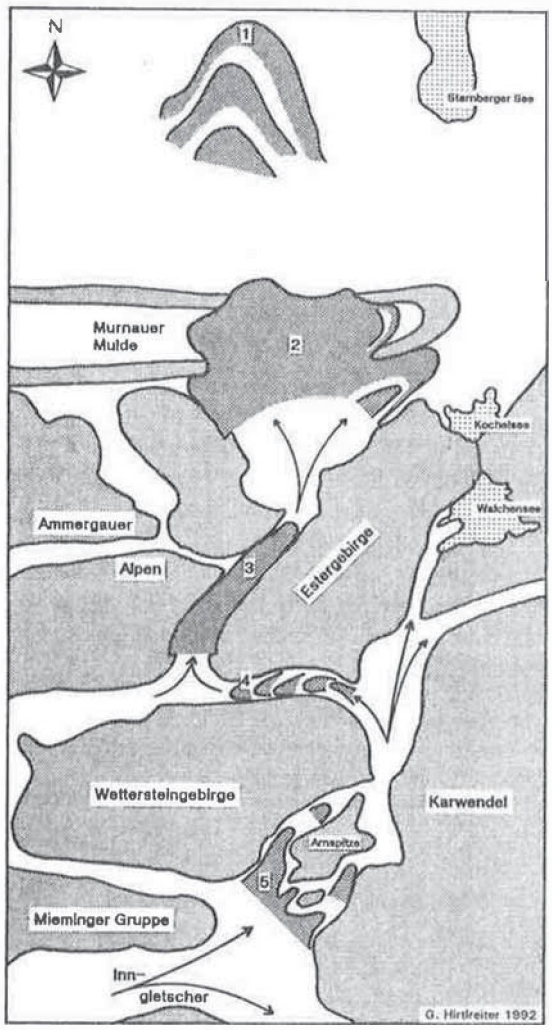


Abbildung 2

Netz des Ferneisgletschers im Werdenfelser Land, nach HIRTLREITER (1992).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

derweise bis in Höhen von rund 900 m N.N. kleinflächig auch thermophile Eichenwälder zu finden.

3.3.4 Mesoklimatische Bedingungen der Schneeheide-Kiefernwaldstandorte

Schneeheide-Kiefernwälder zeigen, mit Ausnahme der Bestände in Flußauen, eine sehr enge Bindung an sonnseitige Steilhanglagen. Diese Standorte zeichnen sich infolge ihrer Steilheit und geringen Horizontabschattung auch während des Winterhalbjahrs durch einen bemerkenswert hohen Strahlungsgenuß aus. Besonders deutlich wird dies im Spätwinter und Frühjahr, wenn auf den früh ausapernden südseitigen Steilhängen bereits *Carex humilis*, *Sesleria varia* und *Erica herbacea* blühen, während auf den übrigen Hangexpositionen und im flachen Talgrund die Vegetation häufig noch unter einer mächtigen Schneedecke ruht.

Aber selbst während des Hochwinters sind die Südhänge oft wochen- oder sogar monatelang aper. Bereits im März können nach eigenen Messungen in unmittelbarer Bodennähe die Temperaturen Werte von über 30° C erreichen. Verstärkt wird der überproportional hohe Wärmegenuß im Spätwinter und Frühjahr noch durch Föhnwetterlagen, die gerade während dieser Jahreszeit besonders häufig und intensiv auftreten. Die durch den hohen Strahlungsgenuß bedingte allgemeine Schneearmut sowie das frühe und häufige Ausapern haben weitreichende ökologische Konsequenzen: Neben starken Temperaturschwankungen sowohl in Bodennähe als auch im Bereich der Bestandesoberfläche kommt es bereits im Frühjahr zu hohen Evapotranspirationsverlusten und einer raschen Aufzehrung der ohnehin vergleichsweise geringen Winterfeuchtigkeitsreserven aus der Schneeablation. Verstärkt wird diese Austrocknungstendenz während des Spätwinters und Frühjahrs häufig noch durch eine ausgeprägte Niederschlagsdepression während dieser Jahreszeit.

Hohe Sättigungsdefizite der Luft können in Verbindung mit eingeschränkter Wasseraufnahmefähigkeit der Wurzeln infolge noch niedriger Bodentemperaturen oder gar Frostwechsel zwischen Tag und Nacht die Bäume bereits im Frühjahr unter einen erheblichen Trokkenstreß setzen, was die robuste Kiefer naturgemäß weniger beeinträchtigt als etwa die Fichte, die als Mischbaumart in Schneeheide-Kiefernwaldbeständen häufig unter Wipfeldürre leidet, insbesondere wenn sie aus dem schützenden Schirm der Kiefern herausgewachsen ist (AICHINGER 1965). Starke Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht begünstigen aber auch die Insolationsverwitterung, insbesondere auf ausgesprochenen Felshängen, denen eine geschlossene Bodenvegetation weitgehend fehlt, wodurch die Instabilität dieser Standorte noch erheblich gesteigert wird.

Allgemeine Schneearmut, frühes und häufiges Ausapern sowie eine reliefbedingt meist schlechte Zugänglichkeit machen Schneeheide-Kiefernwälder zu bevorzugten Wintereinstandsgebieten des Schalenwildes, insbesondere der Gams. Dadurch sind viele Bestände wohl schon von Natur aus einem überproportional hohen Verbißdruck auf Gehölze gerade während des futterarmen Spätwinters ausgesetzt, der angesichts der allgemein überhöhten Schalenwildbestände im Alpenraum heute aber um ein vielfaches verstärkt ausfällt. Der letztlich aus der mesoklimatischen Gunstsituation resultierende hohe spätwinterliche Verbißdruck hat weitreichende ökologische Konsequenzen (vgl. Kap. 9).

Die klimatischen Betrachtungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Schneeheide-Kiefernwälder in den Bayerischen Alpen bzw. im Tiroler Oberinntal existieren unter grundverschiedenen klimatischen Rahmenbedingungen. Während in den Randalpen die Niederschläge selbst in den trockensten Bereichen im Werdenfelser Land 1.200 mm und im Normalfall sogar 1.400 mm deutlich überschreiten, sinken sie im Oberinntal bis auf fast 700 mm ab, erreichen also nurmehr die Hälfte der Werte der randalpischen Stationen. Gleichzeitig liegt auch die Jahresmitteltemperatur bei vergleichbarer Höhenlage um rund 1 K über den Werten der Randalpen.

Die klimatischen Voraussetzungen für ein Auftreten von "Trockenkiefernwäldern" sind im zentralalpischen Oberinntal also wesentlich günstiger, was seine Bestätigung in einem großflächigen, landschaftsprägenden Auftreten auf der gesamten Nordseite des Inntales zwischen Innsbruck und Landeck findet. Dagegen bleiben Schneeheide-Kiefernwälder unter den ausgeprägt humiden Bedingungen der Randalpen auf vergleichsweise bescheidener Fläche eng an verdunstungsintensive thermische Gunststandorte gebunden. Von herausragender Bedeutung ist dabei insbesondere eine überdurchschnittlich starke Föhnbeeinflussung, wie sie vor allem im Bereich der meridional durchlässigen Talräume des oberen Loisach-, Isar- und Saalachtales gewährleistet ist. In den stark abgeschirmten großen Talbecken des Werdenfelser Landes, auf der Nordseite des Fernpasses und im hinteren Saalachtal wird das Auftreten zusätzlich durch für randalpische Verhältnisse leicht unterdurchschnittliche Niederschläge begünstigt.

3.4 Geomorphologisch-dynamische Standorttypen

Das Auftreten von Schneeheide-Kiefernwäldern ist stets an Standorte gebunden, deren Böden noch nicht zur vollen Reife gelangt sind. Sie sind damit geradezu Indikatoren für standörtliche Unreife bzw. regelmäßig wiederkehrende natürliche oder anthropo-zoogene Störungen der Boden- und Vegetationsentwicklung. Dies gilt nicht nur für Schneeheide-Kiefernwälder sondern auch für viele andere Kiefernwaldtypen, wie etwa für die Mehrzahl der bodensauren Sandkiefernwälder des Dicrano-Pinion

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

im diluvialen nordostmitteleuropäischen Flachland (vgl. z. B. FALINSKI et al. 1993).

Unter Zugrundelegung dynamischer Aspekte lassen sich folgende übergeordnete Standorttypen unterscheiden:

- Dauerhaft unreife Standorte in edaphischen und mesoklimatischen Extrempositionen, deren Bodenentwicklung durch latente Hangbildungsprozesse immer wieder gestört wird oder doch sehr stark gehemmt abläuft. Auf derartigen Standorten bilden Schneeheide-Kiefernwälder wenig veränderliche Dauergesellschaften, die innerhalb von m.o.w. stabilen Zonationen zwischen offenen, nicht waldfähigen Rasen-, Schutt- und Felsspaltengesellschaften einerseits und klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften andererseits vermitteln.
- Junge, primäre Rohbodenstandorte im Bereich morphodynamischer Aktivitätszonen, die im Rahmen zyklischer oder Event-artiger Akkumulations- und Erosionsprozesse immer wieder neu entstehen. Auf derartigen Standorten bilden Schneeheide-Kiefernwälder ein m.o.w. langlebiges Durchgangsstadium der Vegetationsentwicklung im Rahmen primärer autogener Sukzessionen, das zwischen offenen Pioniergesellschaften und den klimaxnahen Dauergesellschaften vermittelt.
- Sekundärstandorte, deren Potential bereits aktuell klimaxnahe Schlußwaldgesellschaften zuließe. Auf derartigen Sekundärstandorten sind Schneeheide-Kiefernwälder das Ergebnis anthropo-zoogener Standorts- und Vegetationsdegradation. Sie bilden hier zumeist ein Glied im Rahmen sekundärer Sukzessionen, die bei Ausbleiben der degradierenden Einflüsse über kurz oder lang wieder zur ursprünglichen klimaxnahen Waldvegetation zurückführen.

3.4.1 Dauerhaft unreife edaphische Extremstandorte

Beim dauerhaft unreifen Standorttyp handelt es sich im Untersuchungsgebiet um sonnseitige, extrem flachgründige, felsdurchragte Dolomit- und Hartkalksteilhänge, die infolge ihres angespannten Wasserhaushalts die Kiefer und ihre heliophilen Begleiter weitgehend von der Konkurrenz anderer Baumarten befreien (Foto 1). Typische Reliefformen sind glazial übersteilte Prallhänge des Eisstroms (Foto 2) oder die oberen Randzonen steiler Felsabstürze und schluchtartiger Einschnitte. Entscheidend ist in den Randalpen zusätzlich eine deutliche thermische Begünstigung durch starken Föhneinfluß. Im klimatisch trockeneren Tiroler Oberinntal muß der edaphische Extremcharakter insgesamt deutlich weniger stark ausgeprägt sein als in den feuchteren Randalpen, was sich insbesondere anhand der Mächtigkeit der Feinerdeauflage äußert. Standorte, die bei vergleichbarer Feinerdemächtigkeit in den Randalpen bereits von Bergmischwäldern besetzt würden, tragen hier immer noch Schneeheide-Kiefernwälder. Typisch für all diese Standorte ist, daß die Bodenentwicklung aufgrund der Feinerdearmut und Trockenheit nicht über ein relativ unreifes Stadium hinauskommt bzw. infolge der Steilheit des Reliefs durch latente Abtragungsprozesse wie Abwitterung, Steinschlag, Abschwemmung, Schuttkriechen etc. immer wieder gestört wird (Foto 14).

3.4.2 Morphodynamische Aktivitätszonen

Die Standorte im Bereich morphodynamischer Aktivitätszonen sind in ihrem Erscheinungsbild und ihrer Genese recht unterschiedlich und bedürfen daher einer weiteren Differenzierung. Im einzelnen lassen sich dabei fünf Grundtypen unterscheiden, die teilweise durch Übergänge miteinander verbunden sind:

- Kiesige Alluvionen der größeren Alpenflüsse
- Dolomitschuttfächer und Griese
- Lateralerosionshänge
- Mergelrutschhänge
- Junge Bergsturzmassen

3.4.2.1 Kiesige Alluvionen der Alpenflüsse

Der Standorttyp der kiesigen Flußalluvionen (Foto 3) zählt im Bereich der Bayerischen Alpen und deren Vorland flächenmäßig zu den bedeutendsten dieses Vegetationstyps überhaupt. Die Hauptvorkommen liegen bzw. lagen am Lech zwischen Weissbach und Augsburg und an der Isar von Scharnitz bis zur Loisacheinmündung bei Wolfratshausen. Kleinere Vorkommen sind ferner an der Loisach bei Grießen, am Unterlauf des Rißbachs und in den Weißachauen zwischen Rottach-Egern und Kreuth zu finden. Auf den Alluvionen des Inns sind Schneeheide-Kiefernwaldstandorte erst im Oberlaufbereich jenseits der österreichisch-schweizerischen Grenze im Unterengadin vorhanden (ZOLLER 1974). Begründet ist dieses Phänomen in der Tatsache, daß der Inn aufgrund seines überwiegend silikatischen Einzugsgebiets bereits im Bereich des Tiroler Oberinntals vorwiegend Schluff, Sand und Feinkies akkumuliert, wodurch im Gegensatz zu den sehr stark schotterführenden, aber schwebstoffarmen Kalkalpenflüssen Lech und Isar von vornherein keine Schneeheide-Kiefernwaldstandorte entstehen können.

Die Schneeheide-Kiefernwaldstandorte in Auenlage gehen zumeist auf eine natürliche oder anthropogene Eintiefung der Alpenflüsse in ihren eigenen Schotterkörper zurück, wodurch die dabei entstehenden Terrassen aus dem Niveau der regelmäßig überfluteten funktionalen Wildflußaue herausgehoben werden (Foto 4). Seltener bilden sich derartige Standorte aber auch im Rahmen außergewöhnlich starker, Event-artiger Hochwassereinzelereignisse, deren Aufschüttungshöhen in der Folgezeit nicht mehr erreicht werden.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Durch wasserbauliche Maßnahmen haben die alluvialen Schneeheide-Kiefernwaldstandorte insbesondere seit Beginn des 20. Jahrhunderts eine beträchtliche Flächenausdehnung erfahren; so zum Beispiel in den Weißachauen zwischen Rottach-Egern und Kreuth, wo derartige Standorte wohl überhaupt erst im Rahmen der Regulierungsmaßnahmen zur salinären Holzdrift seit Anfang des 19. Jahrhunderts entstanden (BICHLER 1993). Einen erheblichen Flächenzuwachs auf Kosten der funktionalen Aue haben Schneeheide-Kiefernwaldstandorte aber insbesondere an der Isar zu verzeichnen. Dies belegen u.a. die Luftbildvergleiche von BISSINGER & BOHNERT (1990) für den Raum Krün-Wallgau und von JERZ et al. (1988) für die Pupplinger und Ascholdiger Au auf sehr eindrucksvolle Weise. Auslösende Faktoren für eine verstärkte Eintiefungstendenz der Isar waren zunächst der Bau des Krüner Wehrs im Jahr 1923 zum Betrieb des Walchenseekraftwerkes und die damit verbundene Ausleitung weiterer kleinerer Seitenbäche, insbesondere der des Rißbachs im Jahr 1949. Zu einem völligen Versiegen der Geschiebezufuhr aus dem Oberlauf kam es schließlich durch den Bau des Sylvensteinspeichers und des Tölzer Stausees 1959 bzw. 1961, was an den unterhalb angrenzenden Laufabschnitten zu besonders massiven Eintiefungstendenzen führte (JERZ et al. 1988).

Anders als an der Isar konnten Schneeheide-Kiefernwälder am außeralpischen Lech nach dessen Regulierung in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts keinen Flächenzuwachs verbuchen. Begründet ist dies vor allem darin, daß es am Lech zu keiner schlagartigen Eintiefung kam, und somit durch allmähliche Standortüberlagerung von vornherein mesischere Gesellschaften wie Erlen- und Weidenwälder Fuß fassen konnten. Durch Überstauung gingen am außeralpischen Lech, so etwa im Bereich des heutigen Forggensees, sogar erhebliche Flächen verloren (KARL 1954). Dagegen haben am Oberlauf des Lechs in Tirol Schneeheide-Kiefernwälder durch wasserbauliche Maßnahmen gleichfalls einen deutlichen Flächenzuwachs auf Kosten der Gesellschaften der funktionalen Aue erfahren (MÜLLER & BÜRGER 1990).

Bezeichnend für die Auenstandorte ist ein kleinräumiger Wechsel der Substratverhältnisse, der häufig mit verschiedenen Terrassenniveaus innerhalb der fossilen Aue korrespondiert. Überlagert werden diese primärstandörtlichen Substratunterschiede durch pedogenetische Alterungsprozesse, die ihren sichtbaren Ausdruck im Reifegrad der Böden finden. Häufig sind die Terrassen, auf denen Schneeheide-Kiefernwälder stocken, von tieferen, oft steilwandigen Rinnen durchzogen, die zeitweilig durch Qualm- oder Druckwasser überstaut werden. Bisweilen sind sogar regelrechte Quellaufbrüche zu beobachten, die zumeist von seitlich in die Aue zuströmendem Hangwasser gespeist werden. Insgesamt hat das bewegte fossile Auenrelief auf kleinem Raum eine große standörtliche Vielfalt zur Folge, die sich in einer außergewöhnlich hohen ß-Diversität äußert.

Während früher die Schneeheide-Kiefernwaldstandorte auf den erhöhten Schotterterrassen häufiger auch wieder einer Zerstörung durch Lateralerosion und Flußbettverlagerungen unterlagen (Foto 3), herrscht heute infolge wasserbaulicher Maßnahmen fast überall vollständige Konsolidierung und Formungsruhe. Dies bedeutet, daß in Zukunft in den Auen der Alpenflüsse kaum mehr Standorte entstehen werden, auf denen sich Schneeheide-Kiefernwälder im Rahmen primärer Sukzessionen (Foto 4) regenerieren können. Besonders prekär gestaltet sich in dieser Hinsicht die Situation an den außeralpischen Laufstrecken von Isar und Lech, wo die Morphodynamik praktisch vollständig zum Erliegen gekommen ist.

3.4.2.2 Griese und Dolomitschuttfächer

Der dynamische Standorttyp der Griese und Dolomitschuttfächer hat insbesondere am Fuße der steil aufragenden Dolomitberge an der Nordseite des Oberinntals zwischen Mötz und Landeck eine weite, oftmals sogar landschaftsprägende Verbreitung (Foto 6). Weniger häufig und großflächig ist er dagegen in den Bayerischen Alpen anzutreffen. Locus classicus ist hier zweifelsohne das rund 80 ha umfassende Friedergries am Südrand der Ammergauer Berge neben einigen weiteren Vorkommen im vorderen Loisachtal um Oberau und südlich Mittenwald, die gleichfalls kleinflächig Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen tragen. Auf anderen Dolomitschuttfächern und Griesen wie dem weithin berühmten Wimbachgries in den Berchtesgadener Alpen (THIELE 1978) fehlen typisch entwickelte Schneeheide-Kiefernwälder dagegen aus klimatischen Gründen (Nordexposition, große Höhenlage). Im Gegensatz zu den meist steileren Dolomitschuttfächern, wo überwiegend gravitative Massenverlagerungen erfolgen, spielen bei den meist flacheren Griesen fluviale Transportprozesse oft eine dominante oder gar ausschließliche Rolle. Genetisch nehmen die Griese somit eine Mittelstellung zwischen den Schuttfächern und den fluviatilen Schotterauen ein. Bezeichnend für die Gries- und Dolomitschuttfächerstandorte ist, daß die Vegetations- und Bodenentwicklung durch Überschüttung oder ausgeprägte Pendelbewegungen der Hauptschuttströme immer wieder gestört oder oft sogar auf einen initialen Ausgangszustand zurückgeworfen wird (Foto 5). Anhand historischer Fotographien konnte KORTENHAUS (1985) dies für das Friedergries auf sehr eindrucksvolle Art und Weise nachweisen. Der akkumulierte und umgelagerte Verwitterungsschutt stammt zumeist direkt aus den oberhalb angrenzenden Felswänden, wo er sich in Rinnen ansammelt und bei Starkregen oftmals stoßweise abtransportiert wird. Geradezu prädestiniert zur Schuttbildung ist der physikalisch sehr leicht verwitternde Hauptdolomit, der meist zu feinem Grus oder Gries zerfällt (daher z.B. der Name

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Friedergries!). Die morphodynamische Aktivität der Griese und Dolomitschuttfächer wurde im Gegensatz zu den Alluvialstandorten bisher kaum durch den Menschen beeinträchtigt.

3.4.2.3 Lateralerosionshänge

Im Vergleich zu den Auen-, Gries- und Dolomitschuttfächerstandorten besitzen Lateralerosionshänge im Untersuchungsgebiet eine vergleichsweise geringe flächenmäßige Verbreitung. Gleichwohl können sie als Überdauerungszentren von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen lokal eine große Bedeutung haben. In den Bayerischen Alpen sind größere Reste dieses dynamischen Standorttyps vor allem im Oberen Isartal im Bereich der Rißbachmündung bei Vorderriß erhalten geblieben (Foto 3). Begünstigt wurde die Entstehung von recht ausgedehnten Lateralerosionshängen in diesem Raum infolge der Abdrängung der Isar durch den von Süden einmündenden Rißbach auf die nördliche Talseite. Ein weiteres Beispiel für diesen Standorttyp sind die ausgedehnten südexponierten Erosionshänge im Kuhfluchtgraben bei Farchant, bei deren Entstehung aber zusätzlich eine ausgeprägte Tiefenerosionskomponente eine bedeutende Rolle spielt. Andernorts sind Lateralerosionshänge infolge einer massiven Unterbindung der fluvialen Morphodynamik durch wasserbauliche und infrastrukturelle Maßnahmen, insbesondere im Bereich der größeren Flußtäler als Schneeheide-Kiefernwaldstandorte weitgehend verlorengegangen. Doch zeigen vielerorts fossile morphologische (Prallhang)-Strukturen, wie etwa im Bereich des Ofenbergs bei Griesen oder an der "Eingefallenen Wand" bei Oberau, daß dieser Standorttyp noch in vorindustrieller Zeit wesentlich weiter verbreitet war. Die wenigen verbliebenen Reste dieses Standorttyps (z.B. bei Vorderriß) sind teilweise akut durch Sanierungsmaßnahmen bedroht.

3.4.2.4 Mergelrutschhänge

Mergelrutschhänge nehmen sowohl hinsichtlich ihrer Genese als auch hinsichtlich ihrer Substrat- und Wasserhaushaltseigenschaften eine gewisse Sonderstellung unter den bisher angeführten morphodynamischen Standorttypen ein. In ihrem Auftreten zeigen sie eine enge Bindung an stark übersteilte, sehr feinerdereiche pleistozäne und seltener auch tertiäre Lockersedimente, die sich infolge schlechter Dräneigenschaften zumindest phasenweise durch eine starke Übersättigung mit Wasser auszeichnen (Foto 7). Begünstigt werden Rutschungen, die sich zumeist als flachgründige Translationsrutschungen, seltener auch als m.o.w. tiefgründige Rotationsrutschungen ereignen, zusätzlich durch das Auftreten wasserstauender Quellhorizonte innerhalb der Lockersedimente. Typische Vorkommen dieses Standorttyps sind beispielsweise vielerorts, wenn auch meist recht kleinflächig, in den jungen, steilen Durchbruchstälern der Alpenvorlandflüsse Wertach (STROHWASSER 1984), Ammer (WINTERHOLLER1990/91), Isar und Mangfall (ZÖTTL 1952) anzutreffen. Im Alpenvorland bilden diese Standorte die einzigen natürlichen Vorkommen von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen außerhalb der Flußauen. In den Bayerischen Alpen sind Mergelrutschhangstandorte vor allem auf intensiv zerschnittenen pleistozänen Talverfüllungen, (Foto 7) wie z. B. im Lainbachtal bei Benediktbeuern (HÖLZEL 1990) sowie im Bereich der aus einem bunten Sammelsurium quartärer Lockersedimente (Seekreide, Schotter, Moränen) aufgebauten Isarleiten zwischen Mittenwald und Krün zu finden. Die undifferenzierte Deutung von Mergelrutschflächen als anthropo-zoogene Landschaftsschäden hat dazu geführt, daß auch bei diesem Standorttyp in Folge teilweise sehr aufwendiger wildbachtechnischer und ingenieurbiologischer "Sanierungsmaßnahmen" ein deutlicher Flächenrückgang zu verzeichnen ist. Dabei zeugt gerade das Auftreten von hochspezialisierten, ausbreitungsuntüchtigen, reliktischen Arten wie dem seltenen Kiessteinbrech (*Saxifraga mutata*)(Foto 8), der geradezu als Charakterart für Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe auf Mergelrutschstandorten (Foto 9) bezeichnet werden kann, von einer langen, das ganze Holozän währenden Standorttradition. Ein sehr schönes Beispiel hierfür liefern auch die bereits von TROLL (1926) erwähnten, völlig isolierten, kleinflächigen Vorkommen von Schneeheide-Kiefernwäldern auf brüchigen Nagelfluhfelsen und Rutschflächen im Isartal bei Grünwald im Süden von München, die auch heute noch so bemerkenswerte reliktische Arten wie *Arctostaphylus uva-ursi, Daphne cneorum* und *Festuca amethystina* (EWALD mündl.) beherbergen.

3.4.2.5 Junge (historische) Bergstürze

Als Produkt singulärer geomorphologischer Großereignisse mit hoher Augenblicksleistung nehmen Bergstürze unter den bisher betrachteten morphodynamischen Standorttypen eine absolute Sonderstellung ein. Alpenweit betrachtet bilden Bergstürze aber gleichwohl geradezu klassische Schneeheide-Kiefernwaldstandorte. So stammen bezeichnenderweise viele der ersten Beschreibungen von Schneeheide-Kiefernwäldern aus Bergsturzgebieten wie dem berühmten Pfynnwald im Mittleren Wallis (BRAUN-BLANQUET & RICHARD 1949), dem Flimser Bergsturz im Churer Rheintal (BRAUN-BLANQUET 1954) oder dem weitläufigen Bergsturzgelände der Dobratsch in Kärnten (AICHINGER 1933 u. 1951).

Auch das eigentliche Untersuchungsgebiet kann mit zwei sehr spektakulären Bergsturzlandschaften aufwarten. Zum einen handelt es sich dabei um den Tschirgant-Bergsturz am Ausgang des Ötztales im Oberinntal (Foto 6) und zum anderen um den Affrigal-Bergsturz im Fernpaßgebiet. Nach neuesten Untersuchungen von PATZELT & POSCHER (1993) handelt es sich beim Tschirgant-Bergsturz, entgegen früherer Ansichten, um einen relativ jungen Berg-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

sturz, der erst vor rund 2.900 Jahren niederging, und auch größere Teile der Bergstürze im Fernpaßgebiet sind wohl postglazialen Ursprungs (ABELE 1994). Mit ihrem überaus bewegten Oberflächenrelief, das immer wieder von fast zimmergroßen Felsblöcken durchragt wird (Tomalandschaft), gehören die genannten Bergsturzgelände zu den ästhetisch reizvollsten Schneeheide-Kiefernwaldvorkommen überhaupt (Foto 12) . Das großflächige Auftreten von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen auf Bergstürzen ist nicht nur eine Folge der extremen Substratverhältnisse auf den Bergsturzhügeln (Tomas), sondern ebenso ein Ausdruck standörtlicher Unreife und verweist somit gleichfalls auf deren vergleichsweise geringes Alter.

In den Bayerischen Alpen sind Schneeheide-Kiefernwälder auf Bergsturzstandorten nur sehr kleinflächig in exponierten Bereichen des Eibseebergsturzes anzutreffen, während der größte Teil dieses in Teilen gleichfalls postglazialen Bergsturzes heute bereits von Tannenwäldern (Pyrolo-Abietetum) und Blockfichtenwäldern (Asplenio-Piceetum) eingenommen wird. Das großflächige Auftreten von diesen Gesellschaften im Bereich des Eibseebergsturzes ist also nicht nur eine ausschließliche Frage des größeren Alters, sondern wird wohl vor allem auch durch die höheren Niederschläge im Bereich der Randalpen begünstigt.

3.4.3 Anthropo-zoogene Sekundärstandorte

Sekundärbestände auf Standorten, die ursprünglich von Bergmischwäldern besetzt waren, zeigen gleichfalls eine enge Bindung an thermisch begünstigte, sonnseitige Steilhänge. In der Regel stehen sie in direktem Kontakt zu Primärbeständen und sind vielfach als sekundäre, anthropo-zoogene Erweiterung derselben zu betrachten (Foto 24). Die wesentlichen Unterschiede zu den Standorten der Primärbestände sind überwiegend edaphischer Natur. So zeichnen sich die Standorte der Sekundärbestände in der Regel durch

- weniger extreme Substratverhältnisse (größere Gründigkeit, höherer Feinerdereichtum),
- fortgeschrittenere Bodenentwicklung und
- geringere Steilheit

aus. Auf der Nordseite des Inntales sind die Voraussetzungen für die Etablierung von Sekundärbeständen quasi flächendeckend gegeben, woraus nicht zuletzt das heutige landschaftsbeherrschende Auftreten resultiert. Dagegen konzentrieren sich in den Randalpen auch Sekundärbestände in auffälliger Weise auf die durch die Naturraumausstattung vorgegebenen Verbreitungsschwerpunkte von Primärbeständen. Begründet ist dieses Phänomen in erster Linie in der Tatsache, daß unter den trockeneren und wärmeren klimatischen Bedingungen des Oberinntals die zonalen Schlußwaldgesellschaften besonders leicht, nachhaltig und großflächig zu Schneeheide-Kiefernwäldern degradiert werden können, während hierfür in den feuchteren Randalpen bestimmte Rahmenbedingungen, insbesondere eine deutliche thermische Begünstigung der Standorte, von Nöten sind.

3.5 Böden

3.5.1 Ausgangssubstrate der Bodenentwicklung und ihre ökologischen Eigenschaften

Dolomitgesteine ($CaMg(CO_3)_2$) bilden das klassische Ausgangssubstrat für Schneeheide-Kiefernwälder schlechthin, insbesondere der großflächig im Untersuchungsgebiet dominierende Hauptdolomit. Dies gilt nicht nur für die weitverbreiteten Hangstandorte (Foto 1), sondern ebenso für Alluvialterrassen, Griese und Schuttfächer, die sich gleichfalls zu einem hohen Anteil oder oft sogar gänzlich aus Hauptdolomit zusammensetzen. Im Vergleich zum Hauptdolomit sind andere Dolomitgesteine im Untersuchungsgebiet nur von lokaler Bedeutung, so z. B. im Inntal bei Zirl (Wettersteindolomit) oder im Raum Bad Reichenhall - Berchtesgaden (Ramsaudolomit). Neben den vorherrschenden Dolomitgesteinen spielt lediglich der Wettersteinkalk, insbesondere im Raum Mittenwald-Scharnitz, noch eine größere Rolle als Schneeheide-Kiefernwaldstandort. Dagegen wird der im Untersuchungsgebiet gleichfalls recht weitverbreitete, dem Hauptdolomit aufliegende Plattenkalk, mit Ausnahme von Bereichen mit ausgeprägter Morphodynamik (z. B. Kuhfluchtgraben), in auffälliger Weise gemieden.

Im Tiroler Inntal haben neben autochthonen Gesteinen und deren Umlagerungen auch spätglaziale äolische Fremddecken flächenmäßig eine große Bedeutung als Schneeheide-Kiefernwaldstandorte, während andere pleistozäne Bildungen im gesamten Untersuchungsgebiet eher eine untergeordnete Rolle spielen.

3.5.1.1 Der Hauptdolomit und das "Dolomitphänomen"

"Die reinen Dolomite verwittern noch schwieriger als Kalk und geben einen sehr steinreichen, erdarmen Boden von geringer Fruchtbarkeit. Vorspringende Felsnasen ragen vielfach völlig unbewachsen hervor." (RAMANN 1911 S. 595, zit. in GAMS 1930).

Auf die eindeutige, auch im überregionalen Maßstab gültige Präferenz von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen für Dolomitgesteine gegenüber reinen Kalken hat bereits GAMS (1930) hingewiesen. Sie ist wohl hauptsächlich begründet in den vergleichsweise ungünstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften des Dolomits, wodurch die anspruchslose Kiefer und ihre heliophilen Begleiter gegenüber anderen Baumarten im Vergleich zu reinen Kalkstandorten in stärkerem Maße begünstigt werden. Die auffällige standörtliche Ungunst von Dolomitsubstraten ist, wie oben stehendes Zitat beweist, bereits seit den Anfängen der Bodenkunde

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

in Mitteleuropa wohlbekannt, in ihren Einzelheiten aber bis zum heutigen Tage nicht vollständig geklärt.

Physikalische Eigenschaften und Wasserhaushalt

Der Hauptdolomit der Nordalpen ist ein sehr sprödes, gegenüber physikalischer Verwitterung extrem anfälliges Gestein, das sich bis in den mikroskopischen Bereich aus unregelmäßigen, mit Kalzit wieder verkitteten Bruchstücken zusammensetzt. Bei der Verwitterung zerfällt es entlang dieser Bruchstellen und bildet den typischen eckigen Dolomitgrus mit Bruchstückgrößen von 0,5 mm bis 8 cm. In Bereichen starker tektonischer Beanspruchung ist die Zertrümmerung besonders intensiv und führt bis zur Entstehung von Dolomitsanden (Dolomitasche). Gegenüber Lösungsverwitterung ist der Dolomit im Vergleich zu reinen Kalken wesentlich resistenter, was u.a. daran deutlich wird, daß kaum Verkarstungserscheinungen auftreten und in der Regel nur in sehr geringem Maße Verlehmungsprodukte freigesetzt werden (PRIESNITZ 1967). Der sehr durchlässige Dolomitgrus besitzt je nach Zertrümmerungsgrad somit kaum eine wasserhaltende Kraft, wodurch insbesondere nach längeren Trockenperioden mit Engpässen bei der Wasserversorgung der Vegetation zu rechnen ist.

Neben sehr reinen Dolomitgesteinen, die bis zu über 99 % aus nahezu reinem ($CaMg(CO_3)_2$) bestehen, enthält die gesamte Hauptdolomitserie immer wieder Einschaltungen kohlenwasserstoffreicher (bituminöser), tonreicher Karbonate, deren Mächtigkeit sich im Zentimeter- bis Meterbereich bewegt. Diese morphologisch weicheren, tonreicheren Lagen verleihen den aus Hauptdolomit aufgebauten Steilhängen oft eine charakteristische treppenartige Struktur. Lokal können diese tonreichen Lagen bei hangparallelem Schichteinfallen durchaus großflächig an die Oberfläche treten, wie z. B. am Südosthang des Fahrenbergs oberhalb Walchensee. Hinsichtlich Wasserhaushalt und Nährstoffsituation sind sie eindeutig günstiger zu beurteilen als die vorherrschenden reinen, rückstandsarmen Dolomitgesteine.

Die regelmäßige Einschaltung von tonreichen Zwischenlagen und die geringe Verkarstungsfähigkeit bedingen generell, daß die Gesteine des Hauptdolomits, abseits von Störungs- und Kluftzonen, nur in sehr geringem Maße Wasser aufnehmen und speichern können. Die Folge hiervon ist eine ausgeprägte Tendenz zur Oberflächenentwässerung, die sich u.a. im häufigen Auftreten tiefeingeschnittener, steilwandiger Rinnen und Gräben äußert. Besonders stark ausgeprägt ist die oberflächennahe Entwässerung bei hangparallelem Einfallen der Hauptdolomitschichten. Deutlich sichtbar wird dies an Weganschnitten oder Straßenböschungen, wo selbst mehrere Tage nach Niederschlagsereignissen ein intensives Austreten von seichtem und tieferem Interflow aus den Hangschutt- und Zersatzzonen über den anstehenden, als Staukörper fungierenden, hangparallel einfallenden Hauptdolomitschichten zu beobachten ist. Die ausgeprägte oberflächennahe Entwässerung bewirkt, daß selbst auf steilen Felsabstürzen mit 50 ° Neigung Kalkquellsümpfe entstehen können, die durch Interflow aus den Hangschutt- und Zersatzzonen oberhalb angrenzender, flacherer Hangpartien gespeist werden. Die hangwärts gerichteten oberflächennahen Sickerwasserströme auf Hauptdolomit sind in hohem Maße (klein-) reliefgesteuert, wodurch relativ frische Partien im Bereich konkaver Hangformen und überdurchschnittlich trockene Standorte im Bereich konvexer Kleinreliefelemente oft einem raschen kleinräumigen Wechsel unterliegen und in ihrem standörtlichen Charakter zusätzlich akzentuiert werden. Aber auch in der floristischen Struktur der auf diesen Dolomitstandorten stockenden Kiefernwälder findet die oberflächennahe Entwässerung ihren deutlichen Niederschlag im verbreiteten und häufigen Auftreten von ausgesprochenen Zeigern für wechseltrockene Standortverhältnisse wie *Molinia caerulea* agg., *Galium boreale* und *Festuca amethystina*. Diese Arten fehlen ebenso wie Hangquellsümpfe bezeichnenderweise auf dem leicht verkarstungsfähigen, in die Tiefe entwässernden Wettersteinkalk praktisch vollständig. In niederschlagsarmen Perioden können selbst die Hangquellsümpfe fast vollständig trocken fallen, was am Besten zum Ausdruck kommt im teilweise recht kurios anmutenden Zusammentreffen von ausgesprochen xerophytischen Arten wie dem Berggamander (*Teucrium montanum*) mit Feuchtezeigern wie der Sumpf-Gladiole (*Gladiolus palustris*). Aufgrund ihrer spezifischen Drainageeigenschaften haben Dolomitstandorte unter den stark humiden Klimabedingungen der Randalpen im Vergleich zu reinen Hartkalken einen wesentlich unausgeglicheneren Wasserhaushalt, der sowohl zum Trockenen wie auch zum Feuchten hin einer wesentlich stärkeren zeitlichen und räumlichen Schwankungsbreite unterliegt.

Der Wasserhaushalt der Dolomitstandorte wird wesentlich bestimmt durch die Entfestigungstiefe und den Zersetzungsgrad des Ausgangssubstrats. Dabei gilt es folgende Formen zu unterscheiden:

- autochthon anstehender Dolomitfels
- autochthoner grusiger Dolomitzersatz
- umgelagerter spätglazialer oder auch holozäner Dolomithangschutt

Die Abfolge dieser Erscheinungsformen ist überwiegend reliefgesteuert und entspricht in der Regel zugleich einer zunehmenden Standortgunst in punkto Wasserhaushalt. Bei entsprechend grober Substrattextur können aber auch noch m.o.w. mächtige Hangschuttdecken in Unterhanglage ausgesprochene Trockenstandorte darstellen; dies gilt insbesondere für jüngere holozäne Bildungen.

Chemische Eigenschaften

Ähnlich ungünstig für den Pflanzenwuchs wie viele physikalische Eigenheiten sind die chemischen Eigenschaften des Dolomits, wobei insbesondere extrem hohe Mg-Gehalte bei gleichzeitig geringen K-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

und P-Gehalten zu wachstumshemmenden Engpässen bei der Nährstoffversorgung führen können (z. B. KRAPFENBAUER 1969). Nach stichprobenartigen eigenen Analysen bestehen die Dolomitgesteine im Untersuchungsgebiet etwa zu gleichen Teilen aus Ca- und Mg-Karbonaten, wobei Ca-Karbonate im Verhältnis von ca. 55/45 % leicht überwiegen. Der hohe Gehalt an Mg wird vielfach als die Hauptursache für das bereits von GAMS (1930) beschriebene "Dolomitphänomen" angesehen, welches auf die Beobachtung zurückgeht, daß sich Dolomit- und reine Kalkstandorte in ihrem Florenbestand deutlich und in markanter Weise unterscheiden. Derartige Dolomitphänomene lassen sich verbreitet auch in Schneeheide-Kiefernwäldern und anderen Pflanzengesellschaften (z.B. EGGENSBERGER 1993) im Untersuchungsgebiet beobachten, wobei aber zunächst offen bleiben muß, ob letztlich eher Unterschiede in der physikalischen Beschaffenheit oder aber im Chemismus der Gesteine hierfür von ausschlaggebender Bedeutung sind. Angesichts der flächenmäßigen Überrepräsentanz von Dolomitgesteinen im Untersuchungsgebiet muß vor allzu weitreichenden Interpretationen und Verallgemeinerungen aber eher gewarnt werden. So zeigt z.B. *Festuca amethystina* im Untersuchungsgebiet eine ausschließliche Bindung an stark dolomithaltige Substrate und könnte somit wie bei GAMS (1930) als klassische Dolomitpflanze bezeichnet werden. Im überregionalen Vergleich zeigt sich aber, daß es sich hierbei eher um ein regionales Phänomen handelt, da die Art z.B. in der Nordschweiz und auf der Schwäbischen Alb bevorzugt auf kalkhaltigen Mergelgesteinen des Tertiärs bzw. Juras auftritt (ZOLLER 1951, REHDER 1962, WITSCHEL 1989).

Eine direkte schädigende oder gar toxische Wirkung hoher Mg-Konzentrationen auf bestimmte Pflanzen ist bisher nur sehr selten überzeugend nachgewiesen worden, wobei die Ergebnisse im Einzelfall oft sehr widersprüchlich sind (KINTZEL 1982). Dies gilt nicht nur für Dolomit, sondern selbst für ultrabasische, extrem Mg-reiche Serpentingesteine, wo wohl vor allem auch die allgemeine Nährstoffarmut, starker Ca-Mangel und hohe Schwermetallkonzentrationen neben dem einseitigen Ionenmilieu zur Ausbildung einer sehr spezifischen Serpentinflora führen (KINTZEL 1982).

Für Dolomitgesteine liegen in diesem Zusammenhang bisher nur sehr wenige Untersuchungen vor. Nach experimentellen Versuchen von COOPER & ETHRINGTON (1974) an Trockenrasenpflanzen wird *Helianthemum nummularium* auf Dolomit stark, *Koeleria pyramidata* und *Plantago media* leicht geschädigt, womit die Autoren den Ausfall dieser Arten auf Dolomit in Süd-Wales erklären. Hierzu gilt allerdings anzumerken, daß bei den durchgeführten Versuchen eine Schädigung von *Helianthemum nummularium* erst bei Ca/Mg-Verhältnissen von 40/60, bei *Plantago media* und *Koeleria pyramidata* sogar erst bei solchen von 10/90 auftraten, Werten also, wie sie auf dem triassischen Hauptdolomit (im Untersuchungsgebiet 45/55) in der Regel nicht erreicht werden. Anhand eigener Geländebeobachtungen können diese Befunde in keinster Weise bestätigt werden. Vielmehr kommen die erwähnten Arten im Untersuchungsgebiet in Halbtrockenrasen auch weit verbreitet auf reinen Dolomitstandorten vor. Anhand dieses Beispiels wird nochmals deutlich, daß es sich bei Dolomitphänomenen häufig um lokale und regionale Erscheinungen handelt, aus denen keine allgemeingültigen oder gar weitreichende physiologische Schlußfolgerungen gezogen werden dürfen.

Noch weniger als eine direkte Schädigung von Pflanzen durch hohe Mg-Konzentrationen am natürlichen Standort ist bisher eine physiologische Förderung dolomitsteter Arten durch hohe Mg-Gehalte bewiesen. So keimen und gedeihen "Dolomitpflanzen" bei Reinkultur auf reinen, Mg-armen Kalksubstraten teilweise besser als auf Dolomit selbst (ELLENBERG 1986).

Wesentlich bedeutungsvoller als eine direkte Schädigung erscheint der indirekte Einfluß hoher Mg-Konzentrationen auf die *Ionenbalance*, insbesondere auf die Verfügbarkeit des in Dolomitböden in der Regel im Minimum auftretenden Kaliums. So bedingen die überreichlich in der Bodenlösung angebotenen Mg-Ionen aufgrund ihrer antagonistischen Wirkung eine Verschärfung des ohnehin bestehenden Kaliummangels (GLATZEL 1968, KRAPFENBAUER 1969, GIGON 1971). Die Aufnahme des überwiegend an Tonmineralen gebundenen Kaliums wird zusätzlich erschwert durch zeitweise Austrocknung, wodurch Kalium sehr stark fixiert wird.

Hauptursache für die schwache Ausstattung mit Kalium und Phosphor ist neben geringer absoluter Gehalte insbesondere die, im Vergleich zu reinen Kalken schwerere Löslichkeit des Dolomits, die eine nur sehr zögerliche Freisetzung von Verlehmungsprodukten nach sich zieht. Die Phosphor- und Spurenelementversorgung (Fe und Mn) wird gleichfalls durch den Karbonatreichtum und hohe pH-Werte erheblich beeinträchtigt, da diese Elemente überwiegend in schwer löslicher Form, z.B. als Calcium-Phosphate, vorliegen (KINTZEL 1982).

Mangelsituationen bei der Versorgung mit K, P, Mn, Fe und auch Bor (BOSCH 1986) sind von vielen Autoren bei Kiefern und Fichten auf südexponierten, feinerdearmen Dolomitböden immer wieder beschrieben worden (GLATZEL 1968, KRAPFENBAUER 1969, ZECH 1968 u. 1970, KREUTZER 1970, LIU et al. 1991). Mit zunehmender Humusakkumulation und der Freisetzung von Verlehmungsprodukten verringert sich diese Nährstoffmangelsituation aber auch auf Dolomit deutlich.

Die sich floristisch und vegetationskundlich deutlich manifestierenden ökologischen Unterschiede zwischen Dolomit- und reinen Kalksubstraten, die in der Vergangenheit Anlaß zu weitreichenden Spekulationen und Mutmaßungen gaben, lassen sich

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

somit weitgehend auf die im Grunde recht simple Kernaussage reduzieren, daß Dolomite im Durchschnitt trockenere und vor allem deutlich nährstoffärmere Substrate darstellen. Das gehäufte Auftreten reliktischer, konkurrenzschwacher Arten ist somit nicht Folge einer spezifischen physiologischen Adaption oder gar einer direkten Abhängigkeit der entsprechenden Sippen von hohen Mg-Konzentrationen, sondern letztlich wohl vor allem Ausdruck einer Verdrängung auf den standörtlich extremeren und damit konkurrenzärmeren Dolomitstandort. Insgesamt bedarf das "Dolomitphänomen" aber sicher weiterer Klärung, wobei insbesondere experimentelle Ansätze neue Erkenntnisse liefern könnten.

Auch die auffällige Konzentration der Schneeheide-Kiefernwälder auf Dolomitsubstrate ist auf der Ebene der Pflanzengesellschaft letztlich eine Folge der Verdrängung auf einen konkurrenzärmeren Extremstandort durch konkurrenzkräftigere Waldgesellschaften, wie bei der nachfolgenden Besprechung des Wettersteinkalks deutlich zum Ausdruck kommen wird.

3.5.1.2 Der Wettersteinkalk

Auf Wettersteinkalk zeigen Schneeheide-Kiefernwälder eine sehr enge Bindung an extrem steile, flachgründige Felsschrofen und rohe Schuttstandorte, auf denen oft der blanke anstehende Kalkfels noch flächenhaft zu Tage tritt (Foto 2 und 14). Etwas weniger extreme Standorte werden im Unterschied zum Hauptdolomit dagegen bereits von Bergmischwäldern eingenommen. Bei vergleichbarer pedogenetischer Reife und Gründigkeit zeichnen sich Wettersteinkalksubstrate im Vergleich zum Hauptdolomit also offensichtlich durch wesentlich günstigere Wuchsbedingungen aus.

Dies kommt nicht nur anhand der auffälligen Abdrängung von Schneeheide-Kiefernwäldern auf die edaphisch extremsten Reliefpositionen zum Ausdruck, sondern auch anhand der floristischen Struktur der Bestände. So treten in ausgesprochenen Felskiefernwäldern auf Wettersteinkalk bereits vergleichsweise anspruchsvolle Arten wie *Valeriana tripteris*, *Rubus saxatilis* und *Mercurialis perennis* auf, die auf Hauptdolomit erst auf mesischeren Standorten mit fortgeschrittener, relativ reifer Bodenentwicklung zu finden sind, extremeren standörtlichen Ausbildungen dagegen vollständig fehlen. Dies ist wohl insbesondere darin begründet, daß aus dem leichter löslichen Wettersteinkalk bereits in initialen Phasen der Bodenentwicklung in wesentlich stärkerem Maße Nährelemente freigesetzt werden als aus dem gegenüber chemischer Verwitterung wesentlich resistenteren Hauptdolomit. Auf einen relativ größeren Nährstoffreichtum von Wettersteinkalkstandorten in frühen Phasen der Bodenentwicklung deutet auch die ausgesprochen hohe biologische Aktivität in den Felshumusböden hin. Trotz extremer Feinerdearmut findet man selbst auf blankem anstehenden Fels sehr günstige, tiefschwarze Humusformen, deren lockere, feine Krümelstruktur von einer sehr intensiven biologischen Fraß- und Wühltätigkeit zeugt.

Auch in hydrologischer Hinsicht sind Wettersteinkalkstandorte in der Regel als für das Baumwachstum günstiger zu beurteilen. Die im Vergleich zum Hauptdolomit stark ausgeprägte Verkarstungsfähigkeit des Wettersteinkalks begünstigt die Entstehung zahlreicher tiefreichender Karren, Spalten und Klüfte. Gerade die Baumarten vermögen durch ein tiefes Absenken ihrer Wurzeln sich dieses Kluftwasser zu Nutze zu machen. Im Gegensatz dazu stehen den Bäumen auf dem vorwiegend oberflächennah entwässernden, kaum verkarstenden Hauptdolomit in wesentlich geringerem Umfang tiefreichende Kluftwasserreserven zur Verfügung. Bezeichnenderweise konzentrieren sich Schneeheide-Kiefernwälder daher auch in sehr starkem Maße auf massig entwickelte, spalten- und kluftarme Partien innerhalb der Wettersteinkalkserie, da stärker klüftige Bereiche bereits zu günstige Bedingungen aufweisen und die Existenz von Schlußbaumarten des Bergmischwaldes zulassen. Ein vergleichbares Alternieren von xerophytischen Kiefern- und Eichenwäldern je nach Klüftigkeit der anstehenden Kalkfelsen beobachtete MÜLLER(1980) im Bereich des oberen Donautals auf der Schwäbischen Alb.

Deutliche floristische Unterschiede zwischen Hauptdolomit und reinen Hartkalken wie dem Wettersteinkalk, die früher häufig als "Dolomitphänomene" interpretiert wurden, gehen wohl eindeutig auf deren sehr stark voneinander abweichende physikalische Eigenschaften zurück. So sind typische Felsspaltenvereine der Ordnung Potentilletalia caulescentis auf dem kompakten Wettersteinkalk großflächiger und in wesentlich reinerer und floristisch reichhaltigerer Form entwickelt, als auf dem scherbig zerfallenden Hauptdolomit. Dieser bietet selbst in extremen Steillagen bereits Rasenpflanzen relativ günstige Existenzbedingungen, während die Felsspaltenarten durch die permanente Abwitterung deutlich beeinträchtigt werden bzw. dem Konkurrenzdruck der Rasenpflanzen unterliegen. Dies führt beispielsweise dazu, daß der Spalierstrauch *Rhamnus pumila* auf Hauptdolomit fast vollständig fehlt, während andererseits die auf Wettersteinkalk recht seltene rasenbildende "Dolomitpflanze" (GAMS 1930) *Carex mucronata* hier oft faziesbildend in den Vordergrund tritt.

3.5.1.3 Äolische Fremddecken

Äolische Fremddecken haben im gesamten Tiroler Inntal zwischen Zirl und Landeck eine weite Verbreitung. Besonders großflächig und mächtig sind sie im Talabschnitt zwischen Zirl und Telfs entwickelt. In flacheren Akkumulationsbereichen liegen sie nicht selten als fast steinfreie, mehrere Dezimeter mächtige, gelb-braune Lößdecken vor,

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

wesentlich häufiger sind sie aber an der Basis oder sogar gänzlich mit dem steinigen Zersatz des anstehenden Dolomit intensiv solifluidar verwürgt und durchmischt (Foto 13). Die weite Verbreitung und erhebliche Mächtigkeit dieser Decken unter Schneeheide-Kiefernwäldern, die bis in Höhen von 1.400 m N. N. reicht und selbst sehr steile Reliefbereiche erfaßt, überraschte zunächst, doch zeigte sich beim Literaturstudium, daß lößartige Bildungen auch in anderen inneralpischen Trockentälern wie dem Wallis oder dem Aostatal eine große Bedeutung erlangen (z.B. BRAUN-BLANQUET 1961). Die äolische Genese dieser Fremddecken konnten für das Inntal im Bereich Seefeld-Leutasch erstmals SCHÖNHALS & POETSCH (1976) mit Hilfe von Korngrößen- und Schwermineralanalysen auf überzeugende Weise darlegen.

Im Gegensatz zum Tiroler Inntal spielen äolische Fremddecken in den Bayerischen Alpen generell eine wesentlich geringere, und wenn, dann häufig kaum sicher erkennbare Rolle. An den untersuchten Profilen und Aufschlüssen sowie bei zahlreichen Schürfungen und Bohrstockeinschlägen konnten silikatische Deckschichten unter Schneeheide-Kiefernwäldern in den Randalpen nie mit Sicherheit nachgewiesen werden. Zwar kann die Beteiligung gerade äolischer Stäube nicht vollkommen ausgeschlossen werden, ist aber, wenn überhaupt gegeben, derart gering, daß sie nicht oder nur höchst spekulativ diagnostizierbar wird.

Die von HANTSCHEL & PFIRRMANN (1990) getroffenen Verallgemeinerungen bezüglich der weiten Verbreitung glaziärer oder äolischer silikatischer Deckschichten in den Bayerischen Alpen sind für die untersuchten randalpischen Schneeheide-Kiefernwaldstandorte in dieser Form sicher nicht haltbar.

Der im Inntal akkumulierte Löß besteht entsprechend dem überwiegend zentralalpischen Einzugsgebiet des Inngletschers zu einem sehr hohen Anteil aus silikatischem Material. Durch die Verwürgung mit Dolomitschutt entstehen Mischsubstrate, die potentiell kaum mehr einer Rendzina-Terra fusca- sondern eher einer Pararendzina-Parabraunerde-Dynamik unterliegen (vgl. REHFUESS 1990). Der edaphische Extremcharakter vieler Schneeheide-Kiefernwald-Standorte im Inntal wird durch die starke Beteiligung von äolischem Material in hohem Maße abgemildert. Dies gilt insbesondere für den Wasserhaushalt der Standorte, auf den die schluffig-feinsandigen Lößbeimischungen einen sehr positiven Einfluß ausüben. Aber auch nährstoffökologisch sind die äolischen Fremddecken aufgrund ihrer erheblichen Silikatanteile hinsichtlich der Versorgung mit Kalium, Phosphor, Eisen und Mangan wesentlich günstiger zu beurteilen als etwa reine Dolomitstandorte. Die relativ günstigen Wasserhaushaltseigenschaften des lößhaltigen Substrats werden aber offenbar mehr als überkompensiert durch die im Vergleich zu den Randalpen wesentlich geringeren Niederschläge und das verdunstungsintensivere Allgemeinklima im Tiroler Oberinntal.

3.5.1.4 Pleistozäne Lockersedimente

Weitere pleistozäne Bildungen spielen als Schneeheide-Kiefernstandort im Untersuchungsgebiet flächenmäßig nur eine untergeordnete Rolle. Neben durch Calcit verfestigten Schottern und Moränenablagerungen (Nagelfluh) und pleistozänen Talverfüllungen (z. B. Lainbachtal) handelt es sich dabei im Raum Mittenwald-Krün teilweise auch um Seekreide. Alle diese Substrate spielen nur im Bereich junger, stark übersteilter Durchbruchstäler, Lateralerosions- und Rutschhänge eine Rolle als Schneeheide-Kiefernwaldstandorte und unterliegen meist auch noch rezent einer m.o.w. starken morphodynamischen Überformung (Foto 7). Neben den in der Regel eindeutig dominierenden Kalken und Dolomiten enthalten die pleistozänen Lockersedimente oft auch höhere Anteile an zentralalpischem (Gneis, Glimmerschiefer) oder randalpischem Silikatmaterial (Flysch). Bezeichnend ist für die meisten Substrate ein relativ hoher Feinerdegehalt, der zunächst recht günstige Wasserhaushaltseigenschaften erwarten läßt. Doch handelt es sich aufgrund der oft extrem starken Verdichtung und Kohärenz der Lockersedimente (Eisauflast, Verkittung durch Karbonat) trotz des Feinerdereichtums zumeist um physiologisch sehr flachgründige Standorte, die einem starken Wechsel zwischen oberflächlicher Vernässung und Austrocknung unterliegen (HÖLZEL 1990). Bei Austrocknung kommt es infolge der hohen Gehalte an feinem carbonatischem Gesteinsabrieb zu einer regelrechten "Zementierung" des Substrats, das sich dann oft nur unter Einsatz eines Hammers herauslösen läßt, während es andererseits in Phasen besonders starker Durchfeuchtung eine breiartige, zähflüssige Konsistenz annehmen kann. Die Entfestigungszone der dichtlagernden Lockersedimente beträgt oft nur wenige Dezimeter, wodurch insbesondere der Wurzelraum der Gehölze erheblich eingeschränkt wird. Dementsprechend kommt die zeitweilige scharfe Austrocknung der Standorte vor allem anhand der Gehölzschichten zum Ausdruck, weniger dagegen anhand der naturgemäß weniger tief wurzelnden Bodenvegetation, die oft bereits vergleichsweise mesophile Züge trägt (Foto 9). In besonders niederschlagsreichen, alpenrandnahen Lagen, wie etwa dem Lainbachtal bei Benediktbeuern, kann dies soweit führen, daß sich unter einer edaphische Trockenheit anzeigenden Baum- und Strauchschicht in der Feldschicht eine ausgesprochen mesophile Artenkombination einstellt, der zahlreiche ansonsten weitverbreitete xerothermophile Elemente wie z. B. *Carex humilis* fast vollständig fehlen, während andererseits frischebedürftige Mesophyten und Laubwaldarten stark in den Vordergrund treten HÖLZEL (1990). Mit fortschreitender Entfestigung des Substrats und Bodenentwicklung verlieren derartige Standorte vergleichsweise rasch ihren edaphi-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

schen Extremcharakter, und die Erico-Pinion-Gesellschaften müssen Bergmischwäldern Platz machen. Die dauerhafte Existenz von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen auf derartigen pleistozänen Lockersediment-Standorten ist daher in besonders hohem Maße abhängig von einer regelmäßigen Störung der Bodenentwicklung durch morphodynamische Prozesse.

3.5.2 Bodentypen

3.5.2.1 Allgemeiner Überblick

Unter Schneeheide-Kiefernwäldern sind fast durchweg rendzinoide Böden anzutreffen. Das Spektrum der Bodenbildungen reicht dabei von Rendzina-Vorstufen wie Carbonat-Festgesteins- und -Lockersyrosemen über Mullartige Rendzinen, Typische Rendzinen bis hin zu m.o.w. stark verlehmten Rendzinen und seltener auch Parabraunerde- und Terra-fusca-Vorstufen. Ebenso vielfältig ist auch die Ausprägung der Humusformen; sie reicht von Mull über Mull-Moder bis hin zu m.o.w. mächtigem, vielfach saurem Trockenmoder. Dagegen sind Rohhumus oder tangelartige Humusformen im engeren Sinne nur ausnahmsweise zu finden.

Die Vielfalt der Bodentypen und Humusformen spiegelt die ebenso große Vielfalt der standörtlichen Ausbildungen der Schneeheide-Kiefernwälder wider. Neben den primärstandörtlichen Ausgangsbedingungen kommen anhand der zeitlich gesteuerten Bodenbildung insbesondere auch der Reifegrad der gleichfalls zeitlich gesteuerten Vegetationsentwicklung besonders deutlich zum Ausdruck. Der Reifegrad der Bodenentwicklung läßt daher wichtige Rückschlüsse auf die dynamische Stellung und den Natürlichkeitsgrad der einzelnen Vegetationseinheiten zu.

Alle rendzinoiden Böden unter Schneeheide-Kiefernwäldern zeichnen sich in der Regel bis in den Oberboden durch großen Skelettreichtum sowie hohe pH-Werte und Carbonatgehalte aus. Der Humusgehalt im Oberboden schwankt in sehr weiten Bereichen. Er steigt, ausgehend von den noch extrem humusarmen Syrosemen, mit zunehmender Dauer der Bodenentwicklung deutlich an, erreicht bei der Mullartigen Rendzina oft bereits sein Maximum und geht mit zunehmendem Verlehmungsgrad über die Mull-Rendzina bis hin zur Lehmrendzina wieder deutlich zurück. Die Bodenentwicklung führt auf sehr reinen Kalken langfristig (Jahrtausende) in Richtung Terra-fusca (vgl. BIERMAYER & REHFUESS 1985), auf Mischsubstraten mit erhöhtem Silikatgehalt dagegen über eutrophe Braunerden weiter zur Parabraunerde (vgl. REHFUESS 1990).

Mit zunehmender Humusakkumulation, Entcarbonatisierung und Verlehmung verbessern sich die Nährstoff- und Wasserhaushaltseigenschaften der Rendzinen deutlich, und die Standorte verlieren allmählich ihren edaphischen Extremcharakter. Der natürliche Herrschaftsbereich der konkurrenzschwachen Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen konzentriert sich dementsprechend auf die jungen, unreifen Rendzina-Entwicklungsstufen, die insbesondere aufgrund ihres angespannten Wasserhaushalts anspruchsvolleren Waldgesellschaften noch keine oder nur eingeschränkte Existenzmöglichkeiten bieten. Reife Rendzinen oder gar Vorstufen zur Terra fusca- und Parabraunerde-Entwicklung sind dagegen in der Regel nur unter ausgesprochenen Sekundärbeständen zu finden. Die m.o.w. enge Bindung an unreife Böden bedingt, daß Schneeheide-Kiefernwälder sich nur auf Standorten dauerhaft zu halten vermögen, die einer regelmäßigen latenten oder Event-artigen Störung der Bodenentwicklung durch Erosions- und Akkumulationsprozesse unterliegen oder auf denen die Bodenentwicklung aufgrund der extremen primärstandörtlichen Ausgangssituation sehr verzögert abläuft und nie über ein relativ unreifes Stadium hinauskommt.

Von ausschlaggebender ökologischer Bedeutung für das Auftreten von Schneeheide-Kiefernwäldern ist zweifelsohne der angespannte Wasserhaushalt der Standorte. Dieser wird aber nicht nur durch den Reifegrad der Böden bestimmt, sondern in ebenso entscheidendem Maße durch die Textur des Ausgangssubstrats, die Reliefposition im Gelände und insbesondere auch durch klimatische Faktoren. Eine alleinige Berücksichtigung der Bodenentwicklung reicht daher zur standörtlichen Charakterisierung von Schneeheide-Kiefernwäldern keinesfalls aus; sie erhält vielmehr erst bei Einbeziehung weiterer den Wasserhaushalt elementar beeinflussender Standortfaktoren wie Allgemein- und Mesoklima, Exposition und Reliefpostion etc. eine wirklich indikatorische Bedeutung.

Bei der Auswahl der Bodenprofile wurden schwerpunktmäßig "kritische" Bestände berücksichtigt, bei denen die standörtliche Extremsituation auf den ersten Blick nicht oder nur sehr bedingt zu erkennen war. Auf eine eingehende Analyse von Profilen, bei denen sich bereits auf den ersten Blick eindeutig und zweifelsfrei der edaphische Extremcharakter ablesen läßt (z.B. Syroseme, Protorendzinen), wurde dagegen weitgehend verzichtet, da hiervon kein wesentlicher Erkenntniszuwachs zu erwarten war.

3.5.2.2 Die Böden der Hangstandorte im Tiroler Oberinntal

Die Bodenentwicklung unter Schneeheide-Kiefernwäldern im Oberinntal geht auch bei einer stärkeren Beteiligung von eingemischtem Löß im Ausgangssubstrat fast nirgends über das Stadium einer Pararendzina wesentlich hinaus (Foto 13). Die Prozesse der Carbonatauswaschung, Verlehmung und Verbraunung sind trotz recht hoher silikatischer Anteile meist nur wenig weit vorangeschritten. Neben anthropogen induzierten Erosionsprozessen, die zum Verlust bereits stärker verlehmter Oberböden führten, ist hierfür wohl vor allem auch der relativ trockene Klimacharakter des Tiroler Oberinntals von ausschlaggebender Bedeutung. Auf vergleich-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 3

Profil 1: Analytische Kennzeichnung einer Moder-Pararendzina unter *Erico-Pinetum globularietosum.*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pHWert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	2 cm	-	-	-	-	-	-	-	-
Of	7 cm	-	-	-	6,7	6,3	38,6	1,21	31,9
Oh	5 cm	-	67,0	-	7,1	6,7	34,3	1,20	28,7
Ah	0-11 cm	53	12,5	49	7,9	7,5	7,24	0,391	18,5
(Ah)lCv	11-21cm	56	5,6	64	8,2	7,6	2,78	0,193	14,4
II lCv	21-35cm	63	5,4	43	8,4	7,8	-	-	-
lCcv	35-50cm	79	3,9	42	8,5	7,9	-	0,289	-
III lCn	50-70cm	84	1,9	38	8,5	7,7	-	0,105	-

Tabelle 4

Profil 2: Analytische Kennzeichnung einer Moder-Pararendzina unter *Erico-Pinetum typicum.*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pHWert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	3-2 cm	-	-	-	-	5,0	46,2	1,41	32,8
Of	5 cm	-	-	-	5,1	4,8	45,9	1,58	28,9
Oh1	5-3 cm	-	65,0	-	5,1	4,7	32,4	1,16	27,9
Oh2	3 cm	47	56,9	15	6,1	5,7	28,7	1,06	27,1
(Ah)lCv	0-35 cm	74	8,9	44	8,2	7,7	4,12	0,275	15,0
II lCcv	35-60cm	93	5,2	59	8,3	7,9	-	0,168	-

Tabelle 5

Profil 3: Analytische Kennzeichnung einer Moder-Braunerde-Pararendzina unter *Erico-Pinetum pyroletosum*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pHWert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	2-1 cm	-	-	-	5,4	4,8	44,3	1,05	42,3
Of/Oh	5-4 cm	-	-	-	5,2	4,4	30,6	0,958	31,9
Ah	0-12 cm	48	18,1	9,5	7,4	7,1	9,26	0,522	17,7
BvAh	12-34cm	60	9,3	14	7,8	7,4	5,05	0,267	18,9
BvlCv1	34-58cm	48	3,0	16	8,1	7,7	-	0,086	-
BvlCv2	58-82cm	66	1,1	59	8,3	7,7	-	0,086	-
II lCv	0,82-1m	48	1,0	72	8,4	7,7	-	0,056	-

baren Mischsubstraten (Würmmoräne) sind beispielsweise im sehr niederschlagsreichen südlichen Alpenvorland bereits durchweg Parabraunerden anzutreffen. Neben Pararendzinen, die großflächig auf "normalen" Hangstandorten mit Lößbeimischung unter Schneeheide-Kiefernwäldern eindeutig dominieren, sind im Oberinntal auf jüngeren holozänen Bildungen, wie z. B. Dolomitschuttfächern, auch Rendzinen anzutreffen.

Auffälligstes Merkmal der Böden unter Schneeheide-Kiefernwäldern im Tiroler Inntal ist deren ausgeprägte Tendenz zur Ausbildung mächtiger, biologisch inaktiver Trockenmoderauflagen mit oft stark hervortretenden, lockeren Of-Lagen (Foto 13). Im Vergleich zu den humideren Randalpen ist die Bildung von Trockenmoder unter Schneeheide-Kiefernwäldern im Inntal praktisch flächendeckend ausgeprägt. Hierfür sind u.a. folgende Faktoren von ausschlaggebender Bedeutung:

- dominantes Auftreten ungünstiger, schwer zersetzlicher und nährstoffarmer Schneeheide-, Kiefern- und Moosstreu,
- starke Hemmung der biologischen Aktivität durch häufige scharfe Austrocknung des Oberbodens infolge des trockeneren und wärmeren Klimas,
- Verlust oder Degradation der Ah-Horizonte durch historische Nutzungen wie Streurechen und/oder intensive Waldweide, Kahlschlagwirtschaft etc. (Nährstoffverarmung, insbesondere Stickstoff).

Die Trockenmoderauflagen erreichen teilweise eine Mächtigkeit von über 15 cm. Die Übergänge zwischen den einzelnen Lagen und auch zum Ah sind

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

meist äußert unscharf. Selbst lockere Of-Lagen weisen nicht selten humose Mineralbodenkrümel auf, was darauf hindeutet, daß zumindest phasenweise eine stärkere biologische Aktivität herrscht. In der Auflage ist ein Großteil der Stickstoff- und organischen Kohlenstoffvorräte gespeichert.

Die C/N-Verhältnisse liegen, wie für Moderhumusformen typisch, zwischen 28 und 32 (Tab. 3, Tab. 4, Tab. 5). In Verbindung mit häufiger Austrocknung der Auflagen herrschen somit für die Stickstoffmineralisation sehr ungünstige Bedingungen. Im Vergleich zu randalpischen Rendzinen sind die Humusgehalte im Ah oft erstaunlich gering.

Dies ist wohl vor allem auf frühere standortdegradierende Nutzungen zurückzuführen, wobei insbesondere das im Inntal weit verbreitete Abplaggen der Schneeheide zum teilweisen oder gar vollständigen Verlust des Ah-Horizontes geführt hat. An der Grenze zwischen Auflage und Mineralboden ausgebildete "stone lines" zeugen oft davon, daß nach dem Abplaggen auch ein verstärkter Böschungsabtrag einsetzte.

Die Mineralböden sind bis in den Oberboden sehr carbonatreich und reagieren noch durchweg alkalisch. Zwischen Mineralboden und Auflage besteht oft innerhalb eines Zentimeters ein scharfer Sprung des pH-Werts von über 7 auf unter 5 (Profil 2, Tab 4; Profil 3, Tab. 5). Unter dem Einfluß regelmäßiger Überschüttung oder stärkerer Einwehung von carbonatischen Stäuben reagieren aber selbst mächtige Auflagen allenfalls schwach sauer (Profil 1, Tab. 3).

Angesichts der Tiefgründigkeit und des relativen Feinerdereichtums der im Tiroler Inntal näher analysierten Pararendzina-Profile ist ein ausgesprochener standörtlicher Extremcharakter, insbesondere im Vergleich zu randalpischen Standorten, auf den ersten Blick oft kaum zu erkennen. Doch werden die günstigeren Wasserhaushaltseigenschaften des Substrats, in dem die Pararendzinen entwickelt sind, offenbar mehr als überkompensiert durch die im Vergleich zu den Randalpen wesentlich geringeren Niederschläge und das verdunstungsintensivere Allgemein- und Lokalklima. So waren die im September 1992 ergrabenen Profile 1 und 2 bis an die Profilbasis staubtrocken; lediglich Profil 3 in den niederschlagsreicheren und kühleren Hochlagen wies im Unterboden noch eine gewisse Restfeuchte auf.

Bei Profil 1 und 2 ist der derzeitige standörtliche Extremcharakter wohl vor allem auch auf eine nachhaltige Degradation durch Nutzungen in der Vergangenheit zurückzuführen, die sich insbesondere in einer deutlichen Schädigung des Humuspotentials niederschlagen. Dies hat neben einer Verschlechterung der Wasserhaushaltseigenschaften insbesondere auch zu einer Verschärfung des ausgeprägten Stickstoffmangels (ungünstige Humusformen) beigetragen. Auch die Versorgung mit K, P und Spurenelemeten dürfte trotz recht hoher silikatischer Anteile im Substrat infolge fehlender Verlehmung sowie hoher Carbonatgehalte und pH-Werte gleichfalls noch in hohem Maße beeinträchtigt sein.

Wesentlich günstiger hinsichtlich Wasserhaushalt und Nährstoffversorgung ist dagegen Profil 3 (Tab. 5) aus den höheren Lagen des Inntals zu beurteilen, das sich bereits durch eine recht tiefreichende Verlehmung auszeichnet. Von einem standörtlichen Extremcharakter kann bei dieser Braunerde-Pararendzina nicht mehr die Rede sein; es handelt sich vielmehr eindeutig um einen Sekundärstandort, der potentiell bereits heute anspruchsvollere Waldgesellschaften tragen könnte. Dagegen ist bei den Profilen 1 und 2 erst bei einer deutlichen Regeneration des Humuspotentials und fortschreitender Verlehmung mit einer Verbesserung des Standortpotentials zu rechnen. Bei einem Ausbleiben von Störungen (z. B. Kahlschlag) erscheint dies mittelfristig durchaus möglich.

3.5.2.3 Die Böden der Hangstandorte in den Bayerischen Alpen

Im Gegensatz zum Tiroler Oberinntal spielen silikatische Fremddecken in den steilen Hanglagen der Bayrischen Randalpen keine oder eine nicht erkennbare Rolle. Stattdessen bilden fast ausschließlich anstehender Hauptdolomit und seltener auch Wettersteinkalk sowie deren Zerfalls-und Umlagerungsprodukte das Ausgangssubstrat für die Bodenentwicklung. Aufgrund des sehr reinen carbonatischen Ausgangssubstrats haben wir es hier nicht mehr mit Pararendzinen sondern durchweg mit Rendzinen zu tun. Die Rendzinen haben im Vergleich zu den Inntaler Pararendzinen mit Ausnahme initialer Bildungen im Durchschnitt beträchtlich höhere Humusgehalte im mineralischen Oberboden, während gleichzeitig die Tendenz zur Ausbildung von mächtigen Trockenmoderauflagen wesentlich schwächer ausgeprägt ist. Statt Moder dominieren eindeutig Mull oder Mullmoder, und selbst reine Moderformen erreichen nie die Mächtigkeit wie im Tiroler Inntal. Dies ist insbesondere auf folgende Faktoren zurückzuführen:

- Dominanz leichter zersetzlicher Gräserstreu mit hoher ober- und unterirdischer Biomasse bei der Humusbildung,
- kühlerers und vor allem niederschlagsreicheres Allgemeinklima mit geringerer Häufigkeit und Intensität von Austrocknungsphasen, die zu einem fast völligen Aussetzen der biologischen Aktivität im Oberboden führen,
- schwächere bzw. weniger nachhaltige anthropozoogene Standortdegradation in der Vergangenheit,
- sehr effektiver Abtragungsschutz durch Ausbildung von dichtem Wurzelfilz und Streufilzdecken,
- größere Bedeutung schneedynamischer Prozesse, die der Auflagenbildung entgegenwirken.

Aufgrund der geringen Tendenz zur Ausbildung von sauren Auflagen treten Säurezeiger in den Hangla-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 6

Profil 4: Analytische Kennzeichnung eines Felshumusboden unter *Calamagrostio-Pinetum primuletosum.*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pHWert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	1,5-0 cm	-	-	-	-	-	-	-	-
Of	8-0 cm	-	-	-	7,3	7,0	39,0	1,39	28,2
Oh1	4-3 cm	-	59,4	-	7,4	7,0	32,4	1,48	21,9
Oh2	20-10cm	40	43,0	40	7,4	7,2	22,0	1,26	17,4
(Ah)mCn	0-25cm	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 7

Profil 5: Analytische Kennzeichnung einer Mullartigen/Mullrendzina unter *Calamagrostio-Pinetum teucrietosum.*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pHWert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	2 cm	-	-	-	-	-	-	-	-
Of	1-0,5 cm	-	-	-	-	-	-	-	-
Ah	0-15 cm	56	36,6	30	7,4	7,4	19,1	1,24	15,4
Ah mCv	15-35cm	(40)	7,1	75	7,8	7,3	3,75	0,31	11,9
mCv	35-55cm	(36)	4,0	90	7,9	7,4	-	0,07	-

Tabelle 8

Profil 6: Analytische Kennzeichnung einer Mullrendzina unter *Calamagrostio-Pinetum teucrietosum.*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pHWert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	2-0,5 cm	-	-	-	-	-	-	-	-
Of	1-0 cm	-	-	-	-	-	-	-	-
Ah	0-15 cm	66	16,0	76	7,7	7,4	10,1	0,71	14,3
Ah lCv	15-35cm	89	1,1	94	8,0	7,5	1,65	0,14	11,5
II lCv	35-60cm	75	2,8	96	8,1	7,4	-	0,11	-

gen der Randalpen im Vergleich zum Inntal wesentlich schwächer oder gar nicht in Erscheinung. Dagegen begünstigen die feuchteren Klimabedingungen, der generelle Humusreichtum und die höhere biologische Aktivität die Stickstoffmineralisation, was u. a. im häufigeren Auftreten recht anspruchsvoller Mullbodenpflanzen zum Ausdruck kommt.

Dagegen dürfte es aufgrund der extrem hohen Carbonatgehalte und pH-Werte bei gleichzeitig geringer Freisetzung von Verlehmungsprodukten im Vergleich zu den primär silikatreicheren Pararendzinen des Inntals noch zu stärkeren Engpässen bei der Versorgung mit P, K und Spurenelementen kommen. Mit fortschreitender Humusakkumulation, Entkarbonatisierung und der Anreicherung von Verlehmungsprodukten wird diese Mangelsituation in ihrer extremen Ausprägung aber deutlich gemildert. Die Wasserhaushaltseigenschaften der Rendzinen verbessern sich mit zunehmender Gründigkeit und stärkerem Zersetzungsgrad des Ausgangssubstrats und sind damit überwiegend reliefgesteuert.

Das Spektrum der in den Hanglagen der Bayerischen Alpen näher untersuchten Böden (Profil 4 - 8) reicht von einem extrem flachgründigen Felshumusboden (Tab. 6) auf anstehendem Wettersteinkalk über Mull-Rendzinen (Tab. 7, Tab. 8, Tab. 9) verschiedener Gründigkeit bis hin zu einer Terra fusca-Rendzina (Tab. 10). Durch einen erkennbaren standörtlichen Extremcharakter zeichen sich unter diesen Böden nur die Profile 4, 5 und 6 aus. Dieser ist vor allem begründet im angespannten Wasserhaushalt, der vornehmlich aus der Flachgründigkeit und Steilheit der entsprechenden Standorte resultiert.

Die Stickstoffversorgung dieser Böden ist infolge der dominierenden Mull- und Mullmoder-Humusformen wesentlich günstiger zu beurteilen als bei Profil 1 und 2 im Oberinntal, dürfte aber gleichfalls

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 9

Profil 7: Analytische Kennzeichnung einer Mullrendzina unter *Calamagrostio-Pinetum knautietosum.*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pHWert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	3-2 cm	-	-	-	-	-	-	-	-
Of	4-2 cm	-	73,1	-	6,2	5,9	37,7	1,64	23,1
Ah	0-18 cm	54	24,6	37	7,6	7,2	12,7	0,88	14,5
AhBv	18-30cm	43	3,8	91	8,1	7,4	-	0,14	-
IIBv lCv	30-45cm	55	0,7	94	8,5	7,7	-	0,073	-
lCv	45-80cm	69	0,7	96	8,5	7,6	-	0,069	-

Tabelle 10

Profil 8: Analytische Kennzeichnung einer Moder -Terra fusca-Rendzina unter *Calamagrostio-Pinetum knautietosum.*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pHWert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	7-4 cm	-	-	-	-	-	-	-	-
Of	2 cm	-	-	-	4,6	4,0	46,6	1,81	25,8
Oh	6-4 cm	-	66,6	-	4,5	3,8	34,8	1,49	23,4
Ah	0-16 cm	1	15,8	4,9	7,3	6,8	7,95	0,621	12,8
TAh	16-34cm	32	8,7	39	8,0	7,4	3,84	0,347	11,0
TlCv1	34-48cm	64+X	1,3	78	8,2	7,5	-	0,184	-
II(T)lCv2	48-62cm	66+X	0	83	8,3	7,5	-	0,128	-
lCv	62-92cm	85+X	0	89	8,3	7,6	-	0,108	-

häufiger durch Austrocknung beeinträchtiget werden. Hinsichtlich der Versorgung mit P, K und Spurenelementen ist insbesondere bei den Profilen 4 und 6 aufgrund sehr schwacher Verlehmung und extrem hoher Carbonatgehalte bis in den Oberboden noch mit stärkeren wachstumsrelevanten Engpässen zu rechnen.

Dagegen ist weder bei Profil 7 und noch bei Profil 8 ein standörtlicher Extremcharkter hinsichtlich Wasserhaushalt und Nährstoffversogung gegeben. Vielmehr handelt es sich dabei sogar um vergleichsweise tiefgründige und reife Böden mit günstigen chemischen Eigenschaften, die potentiell zweifelsfrei Bergmischwälder tragen könnten. Dies ergibt sich vor allem aus dem Vergleich mit benachbarten Bergmischwaldbeständen, die teilweise sogar auf weniger günstigen Böden stocken.

Vergleicht man die eigenen analysierten Profile mit Profilen anderer Autoren von Dolomitstandorten in den Bayerischen Alpen (BIERMAYER 1981, MISHRA 1982, BOCHTER 1984, BOSCH 1986), die unter Bergmischwäldern aufgenommen wurden, so fällt auf, daß bodentypologische Unterschiede zwischen Bergmischwäldern und Schneeheide-Kiefernwäldern oft nur in erstaunlich geringem Maße bestehen. Dies ist wohl vor allem darauf zurückzuführen, daß der entscheidende ökologische Faktor für das Auftreten von Schneeheide-Kiefernwäldern der angespannte Wasserhaushalt der Standorte ist; dieser wird aber nicht nur durch den Bodentyp, sondern in hohem Maße auch durch die Geländemorphologie und klimatische Faktoren (z. B. Exposition, Föhneinfluß) bestimmt! Bodenchemische Faktoren scheinen demgegenüber eher von sekundärer Bedeutung zu sein bzw. erst in Verbindung mit einem angespannten Wasserhaushalt an Bedeutung zu gewinnen, da Bodenprofile, die hinsichtlich Reife und Gründigkeit den eigenen von mutmaßlich primären Schneeheide-Kiefernwaldbeständen weitgehend entsprechen, beispielsweise in Nordexposition bereits durchweg Bergmischwälder tragen.

3.5.2.4 Die Böden der Auenstandorte in den Bayerischen Alpen

Die Böden der alluvialen Schneeheide-Kiefernwälder unterliegen rezent in aller Regel nicht mehr der spezifischen, durch regelmäßige Überflutung, Sedimentation, Organismenaustausch etc. geprägten Auendynamik. Es handelt sich vielmehr lediglich um ehemalige, "fossile" Auenstandorte, die rezent zumeist von einer rein terrestrischen Dynamik beherrscht werden. Folgerichtig ist es durchaus mißverständlich, in diesem Zusammenhang auenspezifische Termini bei der Bezeichnung entsprechender Böden zu benutzen (z. B. SEIBERT 1958), insbesondere, wenn damit mehr als eine geographische Lagebeziehung zum Ausdruck gebracht werden soll.

Gemäß des kalkalpischen Einzugsgebiets von Lech, Loisach und Isar bilden Kalke und Dolomite der

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 11

Profil 9: Analytische Kennzeichnung einer Borowina unter *Calamagrostio-Pinetum thesietosum.*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pH-Wert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	3-1 cm	-	-	-	6,6	6,2	38,6	1,25	30,8
Of	3-2 cm	-	-	-	6,8	6,3	39,4	1,31	30,1
Oh	1 cm	-	37,3	-	7,4	7,0	24,8	0,93	26,7
Ah	0-18 cm	1	12,0	79	7,8	7,4	6,77	0,42	16,2
IIAh ICv	18-30cm	65 + X	1,5	94	8,3	7,7	-	0,13	-
ICv	30-55cm	65 + X	0,8	99	8,8	7,9	-	0,07	-

Tabelle 12

Profil 10: Analytische Kennzeichnung einer Moder-Borowina unter *Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum.*

Horizont	Mächt./ Tiefe	Skelett (Gew.%)	Humus (Gew.%)	Karbonat (Gew.%)	pH-Wert (H_2O)	pH-Wert ($CaCl_2$)	Corg (Gew.%)	N (Gew.%)	C/N
L	3-1 cm	-	-	-	5,4	4,8	47,5	1,31	36,2
Of	5-2 cm	-	-	-	5,3	4,8	45,9	1,53	30,1
Oh	4-0 cm	-	64,3	-	6,6	6,2	31,7	1,45	21,9
Ah	0-8 cm	82	27,8	42	7,5	7,3	15,0	0,87	17,2
ICv	8-55 cm	83+X	0,9	99	8,5	7,7	-	0,09	-

alpiden Trias und des Jura auch in den Auen meist über 90% des Sedimentbestandes, wobei der Hauptdolomit aufgrund seiner weiten Verbreitung und der ausgeprägten Tendenz zur Schuttbildung in der Regel deutlich dominiert. Selbst an den Laufabschnitten im Alpenvorland übersteigt der Anteil an Quarziten und Sandsteinen aus Flysch und Molasse sowie zentralalpischer kristalliner Erratiker kaum 10-12 % (JERZ et al. 1988). Dementsprechend finden sich bodentypologisch wieder durchweg Böden der Rendzina-Entwicklungsserie.

Bei den Schneeheide-Kiefernwaldstandorten der Auen handelt es sich in erster Linie um feinerdearme, stark schotterige oder kiesige Ablagerungen, die keine oder nur eine geringmächtige (Fein-) Sandüberlagerung aufweisen. Auf tiefgründig-feinerdereichen, schluffig-sandigen Ablagerungen vermögen sich Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen dagegen meist erst bei stärkerer menschlicher Einflußnahme zu etablieren. Ohne degradierenden menschlichen Einfluß bleiben diese Substrate auch bei Fossilierung der Aue noch von mesischeren Dauergesellschaften wie Lavendelweidengebüschen und Grauerlenwäldern besetzt, die dann meist direkt von klimaxnahen Gesellschaften wie z. B. Ahorn-Eschenwäldern abgebaut werden.

Da viele der alluvialen Schneeheide-Kiefernwaldstandorte erst im Verlauf dieses Jahrhunderts entstanden sind (siehe Kap. 3.4.2.1), findet man auf vergleichsweise großer Fläche sehr junge Initialstadien der Bodenentwicklung, wie Kalk-Lockersyroseme (Kalk-Rambla) und Protorendzinen (Protoborowina) (Foto 4). Etwas weiter fortgeschritten ist die Bodenentwicklung nur, wenn eine sandige Überlagerung vorliegt, was aber gerade bei den sehr jungen Terrassen recht selten der Fall ist, da die zumeist anthropogen induzierten Flußeintiefungen in der Regel sehr rasch erfolgten.

Die Bodenentwicklung auf den jungen Schotterterrassen geht in der Regel bisher kaum über eine schwache, oberflächliche Humusakkumulation hinaus. Die ökologischen Eigenschaften der Böden entsprechen daher noch weitgehend denen des Ausgangssubstrats, werden also primär von dessen Textur bestimmt. Die geringe wasserhaltende Kraft der kiesig-schotterigen Ablagerungen lassen in Verbindung mit allenfalls initialer Bodenbildung extrem trockene und nährstoffarme edaphische Extremstandorte entstehen, die nur von einzelnen krüppeligen Kiefern überstellt sind und auch am Boden nur eine sehr lückenhafte, von Spaliersträuchern wie *Dryas octopetala* dominierte Vegetation aufweisen (Foto 4). Der edaphische Extremcharakter dieser Standorte ist derart augenfällig, daß auf eine eingehende Profilanalyse an dieser Stelle verzichtet werden kann, die sich ohnehin im wesentlichen auf eine Beschreibung der Substrattextur reduzieren würde.

Eine Verbesserung der standörtlichen Extremsituation hinsichtlich Wasser- und Nährstoffhaushalt erfolgt erst mit zunehmender Humusakkumulation und Karbonatlösung. Doch schreitet die Humusakkumulation angesichts der extrem geringen Biomasseproduktion oft nur sehr zögerlich voran. Im Extremfall kann die Ausbildung eines durchgängigen,

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

etwa dezimetermächtigen Humusanreicherungshorizonts auf Grobschotterstandorten mehrere hundert Jahre in Anspruch nehmen, auf stärker sandigen Substraten allerdings auch bereits innerhalb einiger Jahrzehnte vonstatten gehen.

Durch zunehmende Humusakkumulation und Kalklösung gehen aus den initialen Bodenbildungen Rendzinen hervor, die sich durch eine wesentlich stärkere alterungsbedingte pedogenetische Differenzierung auszeichnen und dadurch über die Substrattextur hinausgehend das Erscheinungsbild der darauf stockenden Kiefernwälder maßgeblich beeinflussen. Besonders deutlich wird dies anhand von zwei in der Isaraue bei Krün analysierten Rendzinen (Borowinen) (Tab. 11, Tab. 12). So zeichnet sich Profil 9 auf einer jüngeren Terrasse infolge einer geringmächtigen Sandüberlagerung durch eine deutlich günstigere Substrattextur aus als Profil 10 (Foto 19) auf der höhergelegenen älteren Terrasse, die bis zur Oberfläche aus extrem groben und feinerdearmen Schottern aufgebaut ist.

Aufgrund des höheren Alters von Profil 10 sind aber Humusakkumulation und Carbonatlösung in der Feinerde bereits deutlich weiter fortgeschritten als bei Profil 9. Trotz der gröberen Substrattextur zeichnet sich Profil 10 deshalb in punkto Wasser- und Nährstoffhaushalt durch wesentlich mesischere Standortbedingungen aus als der Boden der jüngeren Terrasse mit Sandüberlagerung, was anhand der Vegetation sehr deutlich zum Ausdruck kommt. So wächst auf der unteren Terrasse nur ein schütterer Spirkenbestand, während auf der Oberen Terrasse bereits ein vergleichsweise wüchsiger Mischbestand aus Waldkiefern und Fichten zu finden ist (vgl. Abb. 12, Kap. 6.2.2.2). Der Wasserhaushalt von Profil 10 wird insbesondere durch die Ausbildung einer mächtigen, sauer reagierenden Moderauflage günstig beeinflußt. Die Ausbildung derart mächtiger Moderauflagen unter Schneeheide-Kiefernwäldern, die an die Trockenmoderhumusformen im Tiroler Inntal erinnern, ist in den Randalpen eine spezifische Erscheinung grobkörniger, extrem feinerdearmer Schotterablagerungen in ebener oder nur schwach geneigter Lage.

Anhand von Profil 10 wird aber auch deutlich, daß sich selbst auf alluvialen Schotterstandorten mit extrem grober Substrattextur durch fortschreitende Bodenentwicklung langfristig Bedingungen einstellen, die die Existenz klimaxnaher Schlußwaldgesellschaften ermöglichen. Die heute in den Auen der Alpenflüsse noch großflächig auftretenden, standörtlich extremen Rohbodenstandorte dürfen daher nicht darüber hinwegtäuschen, daß auch diese durch fortschreitende Bodenentwicklung mittel- und langfristig ihren derzeitigen Extremcharakter verlieren werden.

Als wesentliche Ergebnisse der bodenkundlichen und standortkundlichen Betrachtungen bleibt folgendes festzuhalten:

Mutmaßliche Primärbestände von Schneeheide-Kiefernwäldern zeichnen sich sowohl im Inntal als auch in den Randalpen durch vergleichsweise unreife und/oder extrem flachgründige Böden aus. Bei Berücksichtigung weiterer Faktoren, die den lokalen Wasserhaushalt beeinflussen, wie Klima, Relief, Exposition und Föhneinfluß, sind diese deutlich als Trockenstandorte zu identifizieren. Daneben sind unter Schneeheide-Kiefernwäldern aber auch verbreitet Böden (Profile 3, 7, 8) anzutreffen, bei denen ein derartiger standörtlicher Extremcharakter, insbesondere im Vergleich zu benachbarten klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften, kaum zu erkennen ist.

Hinsichtlich Gründigkeit und Reife der Bodenentwicklung (Profile 3 und 8) handelt es sich dabei oftmals sogar um vergleichsweise günstige Standorte, deren Potential zweifelsfrei bereits heute anspruchsvollere Waldgesellschaften zuließe. Die Tatsache, daß auf diesen Standorten heute Schneeheide-Kiefernwälder stocken, läßt sich somit alleine anhand natürlicher standörtlicher Faktoren kaum erklären; hierfür müssen vielmehr andere Faktoren von maßgeblicher Bedeutung sein, worauf im nächsten Kapitel einzugehen sein wird.

Bei der Beschreibung der einzelnen Vegetationseinheiten wird zur Erklärung der floristischen Differenzierung innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder nochmals auf die vorangestellten Profilbeschreibungen zurückgegriffen.

4. Vegetations-und Nutzungsgeschichte

4.1 Zur Rolle der Kiefer im Rahmen der spät- und postglazialen Vegetationsentwicklung im Alpenraum

Da die ökologische Rolle der Kiefer im Spätglazial und frühen Holozän ebenso wie deren Reaktion auf verstärkte anthropo-zoogene Beeinflussung der Landschaft entscheidend zum Verständnis der rezenten Verbreitung, Ökologie und Dynamik von Schneeheide-Kiefernwäldern im Untersuchungsgebiet beiträgt, soll vegetationsgeschichtlichen Aspekten an dieser Stelle etwas breiterer Raum gewährt werden.

Wesentliche Erkenntnis zu diesem Fragenkomplex vermag die Pollenanalyse in recht detaillierter Weise zu liefern. Allerdings stößt eine Interpretation von Pollendiagrammen hinsichtlich der Gattung *Pinus* auf einige methodische Schwierigkeiten, die es zu beachten gilt:

- Die Gattung ist im Untersuchungsgebiet mit drei Arten, *Pinus sylvestris*, *P. mugo* und *P. cembra* vertreten, deren Pollen sich nicht bzw. nur sehr schwer unterscheiden lassen. In den Pollendiagrammen erfolgt daher meist keine Unterscheidung der einzelnen Arten, lediglich *Pinus cembra* wird in einigen neueren Pollendiagrammen getrennt aufgeführt. Interpretationschwie-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

etwa dezimetermächtigen Humusanreicherungshorizonts auf Grobschotterstandorten mehrere hundert Jahre in Anspruch nehmen, auf stärker sandigen Substraten allerdings auch bereits innerhalb einiger Jahrzehnte vonstatten gehen.

Durch zunehmende Humusakkumulation und Kalklösung gehen aus den initialen Bodenbildungen Rendzinen hervor, die sich durch eine wesentlich stärkere alterungsbedingte pedogenetische Differenzierung auszeichnen und dadurch über die Substrattextur hinausgehend das Erscheinungsbild der darauf stockenden Kiefernwälder maßgeblich beeinflussen. Besonders deutlich wird dies anhand von zwei in der Isaraue bei Krün analysierten Rendzinen (Borowinen) (Tab. 11, Tab. 12). So zeichnet sich Profil 9 auf einer jüngeren Terrasse infolge einer geringmächtigen Sandüberlagerung durch eine deutlich günstigere Substrattextur aus als Profil 10 (Foto 19) auf der höhergelegenen älteren Terrasse, die bis zur Oberfläche aus extrem groben und feinerdearmen Schottern aufgebaut ist.

Aufgrund des höheren Alters von Profil 10 sind aber Humusakkumulation und Carbonatlösung in der Feinerde bereits deutlich weiter fortgeschritten als bei Profil 9. Trotz der gröberen Substrattextur zeichnet sich Profil 10 deshalb in punkto Wasser- und Nährstoffhaushalt durch wesentlich mesischere Standortbedingungen aus als der Boden der jüngeren Terrasse mit Sandüberlagerung, was anhand der Vegetation sehr deutlich zum Ausdruck kommt. So wächst auf der unteren Terrasse nur ein schütterer Spirkenbestand, während auf der Oberen Terrasse bereits ein vergleichsweise wüchsiger Mischbestand aus Waldkiefern und Fichten zu finden ist (vgl. Abb. 12, Kap. 6.2.2.2). Der Wasserhaushalt von Profil 10 wird insbesondere durch die Ausbildung einer mächtigen, sauer reagierenden Moderauflage günstig beeinflußt. Die Ausbildung derart mächtiger Moderauflagen unter Schneeheide-Kiefernwäldern, die an die Trockenmoderhumusformen im Tiroler Inntal erinnern, ist in den Randalpen eine spezifische Erscheinung grobkörniger, extrem feinerdearmer Schotterablagerungen in ebener oder nur schwach geneigter Lage.

Anhand von Profil 10 wird aber auch deutlich, daß sich selbst auf alluvialen Schotterstandorten mit extrem grober Substrattextur durch fortschreitende Bodenentwicklung langfristig Bedingungen einstellen, die die Existenz klimaxnaher Schlußwaldgesellschaften ermöglichen. Die heute in den Auen der Alpenflüsse noch großflächig auftretenden, standörtlich extremen Rohbodenstandorte dürfen daher nicht darüber hinwegtäuschen, daß auch diese durch fortschreitende Bodenentwicklung mittel- und langfristig ihren derzeitigen Extremcharakter verlieren werden.

Als wesentliche Ergebnisse der bodenkundlichen und standortkundlichen Betrachtungen bleibt folgendes festzuhalten:

Mutmaßliche Primärbestände von Schneeheide-Kiefernwäldern zeichnen sich sowohl im Inntal als auch in den Randalpen durch vergleichsweise unreife und/oder extrem flachgründige Böden aus. Bei Berücksichtigung weiterer Faktoren, die den lokalen Wasserhaushalt beeinflussen, wie Klima, Relief, Exposition und Föhneinfluß, sind diese deutlich als Trockenstandorte zu identifizieren. Daneben sind unter Schneeheide-Kiefernwäldern aber auch verbreitet Böden (Profile 3, 7, 8) anzutreffen, bei denen ein derartiger standörtlicher Extremcharakter, insbesondere im Vergleich zu benachbarten klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften, kaum zu erkennen ist.

Hinsichtlich Gründigkeit und Reife der Bodenentwicklung (Profile 3 und 8) handelt es sich dabei oftmals sogar um vergleichsweise günstige Standorte, deren Potential zweifelsfrei bereits heute anspruchsvollere Waldgesellschaften zuließe. Die Tatsache, daß auf diesen Standorten heute Schneeheide-Kiefernwälder stocken, läßt sich somit alleine anhand natürlicher standörtlicher Faktoren kaum erklären; hierfür müssen vielmehr andere Faktoren von maßgeblicher Bedeutung sein, worauf im nächsten Kapitel einzugehen sein wird.

Bei der Beschreibung der einzelnen Vegetationseinheiten wird zur Erklärung der floristischen Differenzierung innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder nochmals auf die vorangestellten Profilbeschreibungen zurückgegriffen.

4. Vegetations-und Nutzungsgeschichte

4.1 Zur Rolle der Kiefer im Rahmen der spät- und postglazialen Vegetationsentwicklung im Alpenraum

Da die ökologische Rolle der Kiefer im Spätglazial und frühen Holozän ebenso wie deren Reaktion auf verstärkte anthropo-zoogene Beeinflussung der Landschaft entscheidend zum Verständnis der rezenten Verbreitung, Ökologie und Dynamik von Schneeheide-Kiefernwäldern im Untersuchungsgebiet beiträgt, soll vegetationsgeschichtlichen Aspekten an dieser Stelle etwas breiterer Raum gewährt werden.

Wesentliche Erkenntnis zu diesem Fragenkomplex vermag die Pollenanalyse in recht detaillierter Weise zu liefern. Allerdings stößt eine Interpretation von Pollendiagrammen hinsichtlich der Gattung *Pinus* auf einige methodische Schwierigkeiten, die es zu beachten gilt:

- Die Gattung ist im Untersuchungsgebiet mit drei Arten, *Pinus sylvestris*, *P. mugo* und *P. cembra* vertreten, deren Pollen sich nicht bzw. nur sehr schwer unterscheiden lassen. In den Pollendiagrammen erfolgt daher meist keine Unterscheidung der einzelnen Arten, lediglich *Pinus cembra* wird in einigen neueren Pollendiagrammen getrennt aufgeführt. Interpretationschwie-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

rigkeiten bestehen hinsichtlich *Pinus cembra* vorwiegend in Bezug auf das Spätglazial. Dagegen ist, angesichts der Seltenheit und strengen Bindung an wenige, hochaufragende Gebirgsstöcke im Untersuchungsgebiet (z. B. Wettersteinmassiv), im jüngeren Holozän kaum noch mit einem Auftreten dieser Art in Pollenspektren zu rechnen, zumal wenn die Profile aus tieferen Lagen stammen. Größere Schwierigkeiten ergeben sich in Bezug auf *Pinus sylvestris* und *P. mugo*, deren Pollen nicht unterschieden werden können. Eine Interpretationshilfe bieten bei diesen Arten für das jüngere Holozän die stark voneinander abweichenden Verbreitungsschwerpunkte. So hat *Pinus sylvestris* im Untersuchungsgebiet ihren eindeutigen Verbreitungsschwerpunkt in Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen der montanen Stufe, während *Pinus mugo* in der subalpinen Stufe absolut dominiert (subalpiner Latschengürtel). Die Bergkiefer fehlt zwar nicht vollständig in der montanen Stufe, verhält sich dort aber ökologisch ziemlich gleichsinnig zur Waldkiefer und bildet nicht selten sogar Mischbestände mit dieser. Hinsichtlich ihrer Reaktion auf menschliche Nutzung ähneln sich beide Arten in hohem Maße.
Als überaus anspruchslose, aber konkurrenzschwache Lichtholzarten mit ausgesprochenem Pioniercharakter werden beide *Pinus*-Arten durch degradierende anthropo-zoogene Eingriffe in die zonale Klimaxwaldvegetation wie Beweidung, Rodung, Brände etc. in hohem Maße gefördert. Eine deutliche Zunahme von *Pinus* in den Pollenspektren kann somit zumindest für das jüngere Holozän fast durchweg als Indikator für stärkere menschliche Nutzung der Landschaft interpretiert werden. Je nach Höhenlage und regionaler klimatischer Situation wird von diesen degradierenden anthropogenen Eingriffen mehr *Pinus sylvestris* bzw. *P. mugo* profitieren.

- *Pinus mugo* ist ein hochsteter Begleiter der Hochmoore (Pino-Sphagnetum) im Alpenraum, die zumeist als stratigraphische Pollenquelle genutzt werden. Erhebliche Pollenanteile der Bergkiefer können daher fast ausschließlich von dem erbohrten Hochmoorstandort selbst stammen, während die Art in der umgebenden Landschaft auf terrestrischen Standorten vollständig fehlte. Auch höhere Pollenprozente dürfen daher gerade bei *Pinus* nicht überinterpretiert werden, zumal die Gattung sehr viel und leicht beweglichen Pollen produziert. Besonders günstig sind in dieser Hinsicht Seebohrungen, bei denen ein intensiver Naheintrag aufgrund der ökologischen Rahmenbedingungen meist ausgeschlossen werden kann. Ein Anstieg der *Pinus*-Kurve in Pollenprofilen kann auch in einer veränderten hydrologischen Situation des Hochnmoores (Austrocknung) begründet sein, welche oft zu einer Ausbreitung der Kiefer führt.

Trotz dieser nicht unerheblichen methodischen Probleme enthalten die Pollenspektren zahlreiche wertvolle Informationen, die aber einer sehr differenzierten, die jeweiligen ökologischen Rahmenbedingungen berücksichtigenden Interpretation bedürfen.

Bei den nachfolgenden Ausführungen wurde vor allem auf die zusammenfassende Darstellung zahlreicher Pollenprofile aus dem gesamten Alpenraum durch KRAL (1979) sowie auf die Arbeit von WAHLMÜLLER (1985) aus dem Bereich des Tiroler Inntals zurückgegriffen.

4.1.1 Die Rolle der Kiefer im Rahmen der spät- und frühpostglazialen Wiederbewaldung im Alpenraum

Ein eiszeitliches Überdauern von Arten der Gattung *Pinus* im nördlichen Alpenvorland oder gar innerhalb der Alpen ist weitgehend auszuschließen (KRAL 1979). Eine Ausbreitung von Gehölzen in den kalt-ariden Wermutsteppen des Spätglazials setzt mit dem Bölling ein. Noch bevor *Pinus* erscheint, breiten sich zunächst Pioniersträucher wie *Hippophae*, *Salix* und *Juniperus* aus, die schließlich allmählich von *Pinus* unterwandert werden. Bereits im Bölling, um 13.000 b.p., erreicht *Pinus* in den Pollenspektren Werte von bis zu 80 %, während *Betula* in den Nordalpen nur eine geringe Rolle spielt. Mit der starken Ausbreitung der Kiefer ist ein drastischer Rückgang der Nichtbaumpollen verbunden, der zunächst vor allem *Artemisia* betrifft, später auch die Gramineen und Pioniersträucher wie *Juniperus* und *Hippophae*.

Zu Beginn des Holozäns, ca. 10.000 b.p. dominiert im Präboreal *Pinus* von den Tallagen bis zur Waldgrenze in rund 1.900 bis 2.000 m N.N. nahezu unumschränkt und erreicht maximale Pollenwerte. In der montanen Stufe handelte es sich dabei vermutlich bereits überwiegend um *Pinus sylvestris* während *Pinus mugo* und *Pinus cembra*, die im Spätglazial sicher auch in tieferen Lagen eine bedeutende Rolle spielten, nurmehr in den Hochlagen eine größere Bedeutung erlangen. Bei der Zirbe läßt sich dies anhand der Pollenspektren eindeutig nachweisen, bei der Bergföhre ist es aufgrund der geringeren Konkurrenzkraft in der montanen Stufe gegenüber der Waldkiefer zumindest sehr wahrscheinlich. In den Intitialphasen der Wiederbewaldung im Spätglazial dürfte dagegen *Pinus mugo* generell eine sehr große Rolle gespielt haben, da sie über noch ausgeprägtere Pioniereigenschaften als *Pinus sylvestris* verfügt.

Bereits im Boreal geht das flächendeckende und dominante Auftreten der Kiefer in den meisten Teilen der Alpen zu Ende, und *Pinus* wird durch konkurrenzkräftigere Baumarten auf montane Trockenstandorte und die obere subalpine Stufe abgedrängt. In tieferen Lagen erfolgt der Abbau der Kiefernwälder hauptsächlich durch die Hasel und teilweise auch schon durch Arten des Eichenmischwaldes, in höheren Lagen dagegen vor allem

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

durch die Fichte. Spätestens ab dem jüngeren Atlantikum sinken die *Pinus*-Werte in den Randalpen fast überall bis auf das nur schwer interpretierbare Niveau von deutlich unter 10%. Sowohl in der montanen als erstaunlicherweise auch in der subalpinen Stufe der Randalpen hatte *Pinus* im mittleren Holozän flächenmäßig sicher eine sehr geringe Bedeutung. Dies schließt aber nicht aus, daß lokal noch größere Vorkommen bestanden, zumal aus dem engeren Bereich der heutigen randalpischen Verbreitungszentren, z.B. dem oberen Loisachtal westlich Garmisch, bisher keine Pollenanalysen vorliegen. Für die Lechalluvionen südlich Augsburg konnte BÜRGER (1994) im gesamten mittleren Holozän durchgängig hohe *Pinus* - Werte nachweisen, was verdeutlicht, daß in den Randalpen und im Alpenvorland gerade morphodynamische Aktivitätszonen eine bedeutendes Refugium für das Überdauern von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen bildeten.

Auf einem sehr hohen Niveau blieben die *Pinus*-Werte während des gesamten Holozäns auch im Bereich zentralalpischer Trockentäler, wie z. B. dem Wallis (WELTEN 1982), dem Eisacktal bei Brixen (SEIWALD 1980) oder im Reschenpaßgebiet (KRAL 1979). Ähnliches gilt auch für das Tiroler Oberinntal (WAHLMÜLLER 1985) und die Südseite des Fernpasses (KRAL 1989).

Während die Kiefer im Bereich der nördlichen Randalpen also auf wenige, flächenmäßig vergleichsweise unbedeutende Restvorkommen im Bereich edaphischer Extremstandorte und morphodynamischer Aktivitätszonen zurückgedrängt wurde, konnte sie im Oberinntal und anderen zentralalpischen Trockentälern während des gesamten Holozäns größere Areale behaupten.

Der Verlauf der spät- und frühpostglazialen Wiederbewaldung im Alpenraum zeigt erstaunliche Parallelitäten zu rezent ablaufenden primären und sekundären Sukzessionen. Vegetationsbilder mit *Hippophae* und *Juniperus*, die an die ins Bölling fallende erste Pionierphase der spätglazialen Wiederbewaldung gemahnen, findet man heute beispielsweise im Rahmen von Sekundärsukzessionen auf kontinentalen Walliser Schwingel-Trockenrasen im Obervintschgau oder auch bei Primärsukzessionen auf kiesigen Flußalluvionen, insbesondere im Bereich der Westalpen (z.B. BRAUN-BLANQUET et al. 1954, BRAUN-BLANQUET 1961), aber auch am außeralpischen Lech. In beiden Fällen erfolgt ein Abbau dieser pionierhaften Strauchbestände durch die Kiefer, ganz entsprechend also wie im Rahmen der spätglazialen Waldentwicklung. Ebenso geben die alluvialen *Dryas*-reichen Kiefernwälder (Foto 4), wie man sie heute noch verbreitet auf jungen Schotterterrassen an den Oberläufen von Isar und Lech findet, strukturell und in Teilen sicher auch floristisch ein recht gutes Abbild der ersten spätglazialen Kiefernbestände (Dryas-Zeit!). Die Rolle eines Pioniers, die die Kiefer auf den spätglazialen, erst kurze Zeit vom Eis entblößten Rohböden der Alpen übernahm, ist durchaus mit der zu vergleichen, die sie heute noch auf trockengefallenen Flußschotterterrassen einnimmt. Floristisch dürften sich die lichten, spätglazialen Kiefernwälder noch deutlich von den heutigen Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen unterschieden haben; insbesondere ist noch mit einem stärkeren Anteil von Elementen der spätglazialen *Artemisia*-Steppen zu rechnen.

Dagegen mag der Florenbestand der Kiefernwälder auf Kalk- und Dolomitstandorten im wärmeren und feuchteren Präboreal vermutlich bereits weitgehend dem der heutigen Schneeheide-Kiefernwälder entsprochen haben, da ab dem Boreal zahlreiche dort heute anzutreffende heliophile, konkurrenzschwache Sippen in der Folge keine Möglichkeit zur Wiederbesiedlung des Alpenraumes mehr besessen hätten. Sehr günstige Rückwanderungsbedingungen bestanden dagegen in der noch sehr offenen und konkurrenzarmen Landschaft des Spätglazials und frühen Präboreals.

Die dominante Rolle, die die Kiefer noch während des Präboreals einnimmt, ist nicht alleine mit ausbreitungsbiologischen Vorteilen (Wandergeschwindigkeit) zu erklären; vielmehr fällt wohl gerade den damals großflächig herrschenden extremen edaphischen Bedingungen hierfür eine entscheidende Bedeutung zu. So boten die initialen Bodenbildungen (vgl. ROHDENBURG & MEYER 1968) des ausgehenden Spätglazials mit Einsetzen des Postglazials den meisten anspruchsvolleren Baumarten überhaupt noch keine adäquaten Existenzbedingungen. Erst nachdem sich unter den nordalpischen Kiefernwäldern beispielsweise auf Karbonatgesteinen Rendzinen entwickelt hatten, konnten Arten wie Fichte, Ulme und Hasel dort Fuß fassen. Der Abbau erfolgt nach einer Phase fortschreitender Pedogenese entsprechend rasch, oftmals sicher bereits nach einer Kieferngeneration, wobei die Kiefer zunächst von den günstigeren Standorten verdrängt wurde, während sie sich auf primär ungünstigeren Standorten (z.B. flachgründige Südhanglagen) wesentlich länger zu behaupten vermag. Durch fortschreitende Pedogenese und damit einhergehende Standortmelioration verliert die Kiefer bis zum Jüngeren Atlantikum aber zunehmend an Boden und bleibt auf die extremsten edaphischen und mesoklimatischen Trockenstandorte und morphodynamische Aktivitätszonen der montanen Stufe verbannt.

Auch für den borealzeitlichen Abbau der Kiefernwälder finden sich in der heutigen Landschaft zahlreiche völlig gleichlaufende Beispiele. So trifft man in den warmen Tieflagen des Tiroler Oberinntals weit verbreitet sekundäre Kiefernbestände an, die derzeit massiv von der Hasel unterwandert werden, und bei deren Anblick zwangsläufig der Gedanke an die "Haselwälder" der Borealzeit aufkommen muß (Foto 27). Ähnliches gilt für die höheren Lagen des Inntals, wo zahlreiche sekundäre Schneeheide-Kiefernwälder derzeit im Begriff sind, von der Fichte abgebaut zu werden. Aber auch aus dem Bereich

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

der randalpischen Alluvialbestände lassen sich entsprechende Beispiele anführen. So verläuft die Primärsukzession auf groben Schotterstandorten gleichfalls in Richtung fichtendominierter Bestände, während auf sandig-schluffigen Substraten aus Kiefernwäldern zumeist edellaubholzreiche Bestände hervorgehen, die dem Eichenmischwald des Boreals und Atlantikums weitgehend entsprechen.

Der Pionier- bzw. Übergangscharakter der (Schneeheide-)Kiefernwald-Phytozönosen des Spät- und frühen Postglazials entspricht also in vielfacher Hinsicht der Rolle, die diese Gesellschaften auch in der heutigen Landschaft spielen, allerdings mit dem elementaren Unterschied, daß derartige Pioniersituationen damals in der gesamten Landschaft herrschten, heute aber nurmehr vergleichsweise kleinräumig natürlicherweise (Primärsukzessionen) oder aber auch größerflächig nach stärkeren menschlichen Eingriffen (Sekundärsukzessionen nach Kahlschlag, Brand etc.) auftreten. Der Begriff "Sukzession" scheint daher gerade für die frühen Phasen der Wiederbewaldung durchaus gerechtfertigt, da durch fortschreitende Pedogenese unter den Kiefernwäldern des Präboreals vielfach überhaupt erst die standörtlichen Voraussetzungen für das Auftreten anspruchsvollerer Baumarten geschaffen wurden.

4.1.2 Die Ausbreitung der Kiefer im jüngeren Holozän unter dem Einfluß des Menschen

Nachdem die Kiefer in den Randalpen spätestens ab dem Atlantikum vor ca. 7.500 Jahren bis auf sehr wenige Reliktstandorte zurückgedrängt wurde und nur im trockeneren Tiroler Oberinntal sich in größerem Umfang behaupten konnte, erfolgt mit dem verstärkten Einsetzen menschlicher Nutzung in fast allen Pollenprofilen wieder ein deutlicher Anstieg der *Pinus*-Werte. Ein schwacher, aber deutlicher Anstieg setzt oft bereits während der Römerzeit ein, verstärkt sich massiv aber erst während der bajuwarischen Landnahme in den Nordalpen ab dem Frühmittelalter und den damit einhergehenden umfangreichen Rodungen, die oft bereits im Hochmittelalter ihren Höhepunkt erreichen (BÄTZING 1991). Selbst in tiefmontanen Lagen steigen die *Pinus*-Werte seit dieser Zeit auf 20 bis 30 % an, und im obersten, neuzeitlichen Horizont der Pollenprofile werden teilweise sogar Werte von über 50 % erreicht, die aber wohl oft auf eine verstärkte Ausbreitung von *Pinus mugo* auf Hochmooren seit Einsetzen des Industriezeitalters zurückgehen (KÜSTER mündl.). Der Anstieg von *Pinus* vollzieht sich stets parallel zur raschen Zunahme der Nichtbaumpollen und Kulturzeiger, wodurch die mittelbare Förderung der Kiefer durch anthropogene Rodung und Waldauflichtung recht deutlich zum Ausdruck kommt.

In vielen Gebieten dürfte der Anstieg von *Pinus* in den Pollenprofilen, insbesondere wenn sie aus höheren Lagen stammen, vor allem auf die Bergföhre zurückgehen, die auf Kosten subalpiner Fichtenwälder, die der Almrodung zum Opfer fielen, gerade in den nördlichen Kalkalpen einen sehr breiten subalpinen Latschengürtel ausbilden konnte. In der montanen Stufe hat aber auch *Pinus sylvestris* in ganz ähnlicher Weise von der verstärkten menschlichen Nutzung profitiert und konnte ihre lokalen Vorkommen auf trockene Grenzstandorte von Bergmischwäldern ausdehnen. Derartige Entwicklungen deuten sich für die Randalpen u.a. anhand der tiefmontanen Pollenprofile Lermoos auf der Nordseite des Fernpasses (KRAL 1989) sowie Lindenmoos (BORTENSCHLAGER 1984) und Egelsee (WAHLMÜLLER 1985) im Unterinntal an, in deren Umgebung auch heute noch größere Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe zu finden sind.

Besonders deutlich kommt eine massive Förderung der Kiefer mit Einsetzen stärkerer menschlicher Nutzungen aber anhand des Pollenprofils vom Mieminger See (800 m N.N.) im Bereich des Tiroler Oberinntals zum Ausdruck (WAHLMÜLLER 1985), in dessen weiterer Umgebung heute fast ausschließlich Schneeheide-Kiefernwälder zu finden sind. Nach C 14 - Datierungen herrschten in der Umgebung des Mieminger Sees noch um 4.430 b.p. von Fichte und Tanne dominierte Wälder vor, während die Kiefer nur eine vergleichsweise bescheidene Rolle spielte. Mit dem Einsetzen menschlicher Nutzungen (Auftreten von Kulturzeigern) vor allem ab der Römerzeit gehen Fichte und Tanne dramatisch zurück, und die Kiefer wird wieder zur vorherrschenden Baumart. Parallel zum Anstieg der Kiefer vollzieht sich auch eine Ausbreitung von *Juniperus* und *Pteridium*, was auf eine intensive Weidebelastung der Wälder hindeutet. Frühneuzeitlich sinkt der Baumpollenanteil auf teilweise weniger als 25 %, wodurch eine sehr starke Entwaldung der Landschaft im Umfeld des Sees zum Ausdruck kommt (vgl. auch FROMME 1957). Im jüngsten Horizont des Pollenprofils erfolgt dann wieder ein steiler Anstieg des Baumpollenanteils auf über 75 %, wobei es sich, ähnlich wie im heutigen Landschaftsbild, fast ausschließlich um *Pinus* handelt.

Dieser Befund spricht dafür, daß sich die Kiefer neuzeitlich vor allem auf ehemals völlig entwaldeten Flächen ausbreiten konnte. Vergleichbare Entwicklungen lassen sich bezeichnenderweise anhand von Pollenprofilen auch für den Seefelder Sattel (WAHLMÜLLER 1985) und das südliche Fernpaßgebiet (KRAL 1989) nachweisen. Der Fernpaß wurde bereits von den Römern als Nachschublinie (Via Claudia Augusta) für die eroberten Gebiete nördlich der Alpen ausgebaut. Eine ähnliche Bedeutung für den frühen Handelsverkehr über die Alpen hatten im Bereich der westlichen Ostalpen aber auch Brenner (Brandrodung!!!), Reschenpaß und Seefelder Sattel (Scharnitzer Klause bzw. Porta Claudia) sowie die daran anschließenden großen Haupttäler wie z. B. das Inntal. Entlang dieser alten Haupthandelswege zwischen Mittel- und Südeuropa, an deren

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Peripherie sich auch heute noch die Mehrzahl der Schneeheide-Kiefernwälder befindet, ist daher mit einer besonders frühen und intensiven anthropogenen Überformung der angrenzenden Wälder zu rechnen.

Von einer noch wesentlich früheren, stärkeren menschlichen Einflußnahme ist in den warmen, klimatisch begünstigten großen Trockentälern der West- und Südwestalpen auszugehen. So läßt sich für das mittlere Wallis bereits frühneolithischer Getreidebau (7.000 b.p.) belegen (WELTEN 1982). Generell erfuhren diese, in der Folge romanisch geprägten Alpenteile, aufgrund ihrer Klimagunst eine wesentlich frühere und stärkere Inkulturnahme als etwa die mittleren Nördlichen Kalkalpen, die m.o.w. flächenhaft erst im Rahmen der frühmittelalterlichen Bajuwarischen Landnahme besiedelt wurden (BÄTZING 1991). Das holozäne Überdauern großflächiger Kiefernbestände und zahlreicher, völlig isolierter xerothermer Florenrelikte kontinentaler Verbreitung, wie z. B. *Ephedra distachya* (siehe z. B. BRAUN-BLANQUET 1961), ist sicher nicht zuletzt auf eine besonders frühe menschliche Nutzung der zentralalpischen Trockentäler zurückzuführen. Schwache Spuren frühneolithischen Ackerbaus lassen sich lokal zwar auch im Tiroler Inntal nachweisen (WAHLMÜLLER 1985), doch hatte diese frühe menschliche Tätigkeit offenbar noch keinen größeren Einfluß auf die umgebende Landschaft.

Als wesentliches Ergebnis dieses Kapitels bleibt nochmals festzuhalten, daß Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet spätestens seit Einsetzen einer verstärkten menschlichen Nutzung im frühen Mittelalter eine beträchtliche Flächenausdehnung erfahren haben. Dies gilt nicht nur für das nähere Untersuchungsgebiet, sondern läßt sich fast für den gesamten Alpenraum und die nördlichen Dinariden nachweisen (vgl. z.B. AICHINGER 1952, BRAUN-BLANQUET et al. 1954, HORVAT et al. 1974,).

4.2 Historische und rezente Nutzung

Eine Förderung der Kiefer durch den Menschen erfolgte im Alpenraum fast nie auf direktem Wege durch Ansaat oder Pflanzung wie z.B. in den mittelalterlich devastierten Sandgebieten Mitteleuropas, sondern fast stets auf mittelbarem Wege durch eine die ursprüngliche Vegetation und den Standort degradierende Nutzung, die die Kiefer und ihre heliophilen Begleiter vom überlegenen Konkurrenzdruck anderer Arten befreite. Daneben trugen Nutzungen sicher aber auch bereits ab dem Mittelalter zur Konservierung bestimmter Sukzessionsstadien dynamischer Primärbestände bei. Grundvoraussetzung für die Entstehung von sekundären Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen war dabei aber stets, daß hierfür bereits eine gewisse standörtliche Prädisposition (insbes. warme, mehr oder weniger flachgründige Südhanglage) bestand, es also nur vergleichsweise geringer menschlicher Eingriffe bedurfte, um die Kiefer zur Herrschaft zu bringen. Dies gilt in besonderem Maße für die kühl-feuchten Randalpen, wohingegegen die Voraussetzungen für eine Entstehung von Sekundärbeständen im trockeneren Zentralalpenklima des Oberinntales auf Südhängen quasi flächendeckend gegeben waren.

Noch heute prägen historische und rezente Nutzungseinflüsse maßgeblich das Erscheinungsbild und die Verbreitung der Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet und bedürfen daher einer genaueren Betrachtung. Die Angaben zur Nutzung von Schneeheide-Kiefernwäldern basieren, sofern sie nicht der Literatur entnommen wurden, vor allem auf der Befragung von Forstbeamten, Landwirten, Gemeindeverwaltungen und Weidegenossenschaften.

4.2.1 Waldweide

Älteste und flächenwirksamste menschliche Nutzung der Wälder im Alpenraum wie auch im übrigen Mitteleuropa ist zweifelsohne die Waldweide (ELLENBERG 1954). In allen vom Menschen besiedelten Landschaften ist ab dem Neolithikum mit einem verstärkten Weidedruck auf die die Siedlungen umgebenden Wälder zu rechnen. Die Beweidung erfolgte früher meist durch große gemischte Herden aus Rindern, Pferden, Schafen und Ziegen, die teilweise selbst noch im Winterhalbjahr in die Wälder eingetrieben wurden. Die intensive Waldweide bewirkte durch eine Schädigung der Gehölzverjüngung (insbesondere Laubhölzer) eine fortschreitende Verlichtung der Wälder, der oft noch durch gezielte Weidepflegemaßnahmen zur Förderung des Graswuchses wie z.B. selektives Ausschlagen oder Ringeln stark schattender Baumarten (z.B. Buche) noch zusätzlich Vorschub geleistet wurde (LISS 1989, RÖSCH 1992). Von dieser Entwicklung waren Flußauen und warme, talnahe Südhanglagen in besonderer Weise betroffen (Foto 24 und 30). Bereits im Frühjahr wurde nach dem langen, futterarmen Winter das halbverhungerte Kleinvieh in die Auen (SCHRETZENMAYER 1950) und talnahen südexponierten Hänge eingetrieben (Gemeindeförster THALER mündl). Durch langfristige Waldweidenutzung vollzog sich auf diesen flachgründig-trockenen Grenzstandorten des Bergmischwaldes vielerorts allmählich ein Umbau zu lichten Kiefernwäldern. Mit der waldweidebedingten Auflichtung und der damit einhergehenden Standortdegradation (Humusschwund) gewinnt die Kiefer gegenüber den anspruchsvolleren Baumarten des Bergmischwaldes erhebliche Konkurrenzvorteile und vermag sich durchzusetzen. Noch schneller vollzog sich dieser Prozeß, wenn zusätzlich größere Kahlschläge angelegt und in der Folge gleichfalls beweidet wurden. Bei einem phasenweisen Nachlassen des Weidedrucks und der Weidepflege vermochte sich die Kiefer ausgehend von benachbarten Primärbeständen sehr schnell auf solchen südseitigen Lichtweideflächen zu etablieren. Derartige Ent-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

wicklungen lassen sich rezent noch recht großflächig auf talnahen Heimweiden im Tiroler Lechtal und am Achensee beobachten (Foto 10).

Durch fortgesetzte Beweidung werden diese Sekundärbestände auf ehemals von anpruchsvolleren Waldgesellschaften besetzten Standorten weitgehend in ihrem Zustand konserviert, zumal die Kiefer von den Bauern in hohem Maße geduldet wurde, da sie die Weide kaum beeinträchtigte.

Für die erstaunlich intensive, bis in jüngere Vergangenheit andauernde Waldweidenutzung fast aller Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet ließen sich bei den Recherchen zahlreiche Belege finden. So waren die talnahen Mittel- und Unterhangbereiche im Tiroler Oberinntal früher fast ganzjährig der Kleinviehweide ausgesetzt. Alleine der ca. 2.000 ha umfassende Gemeide- und Teilwald von Zirl (Grundbesitz bei der Gemeinde, Nutzungsrechte bei der ortsansässigen Bevölkerung) wurde bis ca. 1950 fast ganzjährig mit etwa 300 Ziegen beweidet (Gemeindeförster THALER mündl.). Der intensiven Ziegenweide waren insbesondere die "schlechten" Waldstandorte ausgeliefert, während man von wuchskräftigeren Standorten das Vieh eher fernhielt. Luftbilder im Heimatmuseum von Zirl aus den fünfziger Jahren belegen, daß die Hänge oberhalb der Ortschaft damals eine sehr lichte Bestockung mit zahlreichen völlig baumfreien Rasenflächen aufwiesen. Seit Einstellung der Ziegenweide haben sich die Bestände deutlich geschlossen, und offene Rasenlücken bestehen nur noch auf extrem flachgründigen Felsschrofen. Eine Schafbeweidung mit geringen Stückzahlen findet derzeit in den Gemeindewäldern von Zirl nur noch in futterreicheren höheren Lagen oberhalb 1.000 m N. N. statt.

Ähnlich wie im Bereich der Gemeide Zirl ist die Kleinviehweide in der unteren Talstufe des Oberinntals über weite Strecken fast vollständig zum Erliegen gekommen. Lediglich im Bereich des Mieminger Plateaus (z.B. bei Maria Locherboden) gibt es noch größere, rezent mit Schafen und Ziegen beweidete Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe.

In den höheren Lagen des Inntals spielte früher auch die Rinderweide in Schneeheide-Kiefernwäldern eine größere Rolle. So wurden beispielsweise die Kiefernwaldungen oberhalb der Gemeinde Reith früher alljährlich vor und nach der Alpung mit Rindern beweidet, wobei die Kiefernwälder als Triftkorridore zu den in der subalpinen Stufe gelegenen Almen genutzt wurden. Seit Einstellung der Rinderweide ist eine zunehmende Verfichtung der Kiefernwälder festzustellen, während die natürliche Verjüngung der Kiefer kaum mehr funktioniert und in neuerer Zeit künstlich durchgeführt werden muß (Gemeindeförster SAUERWEIN mündl.). Vom sehr starken Weidedruck auf die Inntaler Kiefernwälder zeugt heute noch das reiche Vorkommen des Wacholders, der als ausgesprochenes Weideunkraut in der Vergangenheit eine massive Förderung erfuhr, heute aber eine deutlich regressive Entwicklung zeigt.

Auch in den Bayerischen Alpen wurde die Waldweide in den meist talnahen Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen vorzugsweise vor und nach der sommerlichen Alpung des Viehs betrieben. Vorwiegend mit ganzjährig im Tal gehaltenen Milchvieh bestoßen wurden siedlungsnahe Heimweiden, wie man sie heute etwa noch am Wankhangfuß bei Partenkirchen und Farchant sowie am Krepelschrofen bei Wallgau (Foto 30) findet. Einer besonders intensiven Beweidung unterlagen von jeher auch die Alluvialstandorte. In großem Umfang wurden dort gezielte Weidepflegemaßnahmen (Rodung von Weiden- und Grauerlenbeständen, Entbuschung etc.) zur Vergrößerung der beweidbaren Fläche durchgeführt (z.B. SCHRETZENMAYER 1950). Derartige, teilweise recht rabiate Weidepflegemaßnahmen (flächiges Ausmähen von Sträuchern, Auflichtung von dichten Gehölzstrukturen) werden bis in jüngere Zeit auch noch in den Isarauen zwischen Wallgau und Krün durchgeführt (BISSINGER & BOHNERT 1990).

Im Rahmen des allgemeinen Strukturwandels im Alpenraum ging der Viehbestand im gesamten bayerischen Alpenraum nach dem zweiten Weltkrieg massiv zurück. Insbesondere Pferde und Ziegen spielen heute keinerlei Rolle mehr im Rahmen der Waldweide, aber auch die Rinderbestände sind enorm zurückgegangen (EHRIG 1977). Einen neuerlichen Boom erlebt allerdings seit den 70er Jahren die Schafhaltung im Werdenfelser Land, wobei die Schafe heute aber fast ausschließlich in die subalpine und alpine Stufe aufgetrieben werden.

Der Rückgang der Waldweide betraf die Kiefernwälder der steilen Südhanglagen besonders früh und überproportional stark, da die heutigen schweren Rinderrassen im Gegensatz etwa zum leichten, traditionellen Werdenfelser Rind heute kaum mehr gefahrlos in Steillagen eingetrieben werden können. In allen steileren Hanglagen ist die Waldweide in Schneeheide-Kiefernwäldern seit Anfang der 50er Jahre daher praktisch vollständig zum Erliegen gekommen. Rezent mit Rindern bestoßen werden nur noch die flacheren Unterhangbereiche am Ofenberg bei Grießen (Foto 24), am Heuberg bei Oberau, am Wank bei Partenkirchen, am Kienberg bei Oberjettenberg und sehr unregelmäßig und kleinflächig auch am Krepelschrofen bei Wallgau. Regelmäßig beweidet werden auch noch das Friedergries und Abschnitte der Auen an der oberen Isar zwischen Vorderriß und Scharnitz, wohingegen diese Nutzung an allen anderen Laufabschnitten, insbesondere auch im Alpenvorland, heute nirgends mehr praktiziert wird. Größere beweidete Bestände sind außerhalb Bayerns noch am Achensee (Foto 10) und im Lechtal in Nordtirol anzutreffen.

Aus landeskultureller Sicht (Sicherung der Schutzwaldfunktion) stellt die Waldweide in Schneeheide-Kiefernwäldern heute kein Problem mehr dar, da es sich bei den rezent noch beweideten Flächen durch-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

weg um flache Unterhänge und ebene Auen- und Griesstandorte handelt. Nach Einstellung der Beweidung setzt meist eine massive Vergrasung ein (Foto 26), die ein erhebliches Verjüngungshemmnis darstellt und insbesondere die natürliche Verjüngung der Kiefer über weite Strecken fast vollständig zum Erliegen bringt.

4.2.2 Streunutzung

Neben der Waldweide spielte früher auch die Streunutzung in Schneeheide-Kiefernwäldern sowohl im Tiroler Inntal als auch in den Bayerischen Alpen eine bedeutende Rolle. In den durchweg *Erica*-reichen Kiefernwäldern des Inntals zog man die Schneeheideteppiche flächig ab, etwa vergleichbar der Plaggennutzung in den norddeutschen *Calluna*-Heiden, und verwendete das gewonnene Material als Stalleinstreu (Gemeindeförster THALER mündl.). Das wiederholte Abziehen der Schneeheide mitsamt der organischen Auflage führte zu massiven Humusverlusten im Oberboden, womit eine erhebliche Verschlechterung des Wasser- und Nährstoffhaushalts der Böden einherging. Noch heute zeugen fehlende oder nur schwach entwickelte Ah-Horizonte von dieser in hohem Maße standortdegradierenden Nutzung. Als ausgesprochener Rohbodenkeimer wurde die Kiefer durch das regelmäßige Entfernen der organischen Auflage erheblich gefördert, während sich die Etablierungs- und Wuchsbedingungen für anspruchsvollere Baumarten massiv verschlechterten. Die *Erica*-Streunutzung wurde im Inntal bereits kurz nach dem Zweiten Weltkrieg fast vollständig eingestellt und spielt heute keinerlei Rolle mehr. Durch eine starke Schädigung des Humuspotentials der Böden wirkt sie aber bis heute nach.

In den Randalpen und in den Auen des Alpenvorlandes unterlagen vor allem Pfeifengras-reiche Bestände der Streunutzung (Foto 26). Eine besonders große Bedeutung hatte diese Nutzungsform offenbar im Bereich des Saalachtales südlich Bad Reichenhall. Aufgrund der Futterknappheit in den schmalen Talböden dieses Gebiets wurde das Pfeifengras in den Kiefernwäldern bis in die 50er Jahre fast alljährlich im Herbst und Winter gemäht und als Heu verfüttert oder zur Einstreu verwendet (MEISTER mündl.). Noch heute zeugen alte, verfallene Heustadel im Bereich des Antoni-Berges westlich des Thumsees von dieser historischen Nutzungsform. Auch in den Pfeifengras-reichen Beständen der nördlichen Pupplinger Au wurde bis in die 60er Jahre auf relativ großer Fläche noch Streunutzung betrieben (SEIBERT 1958, SEIBERT & ZIELONKOWSKI 1972). Größere Bedeutung dürfte die Steunutzung in Schneeheide-Kiefernwäldern früher auch in anderen besonders Pfeifengras-reichen Beständen wie am Fahrenberg oberhalb Walchensee oder im Vorderen Loisachtal (z.B. Heuberg !! bei Oberau) erlangt haben. Dabei muß aber davon ausgegangen werden, daß eine Streunutzung nicht alljährlich sondern vor allem bei Futterknappheit und in Notzeiten erfolgte, während die Bestände ansonsten auch zeitweise beweidet wurden (MEISTER mündl.). Bei einem längeren Aussetzen der Streumahd hatten die Gehölze, insbesondere die Kiefer selbst, stets wieder die Möglichkeit zur Regeneration.

4.2.3 Holznutzung

Aufgrund ihrer geringen Produktivität und ihrer oft ausgeprägten Schutzwaldfunktion haben Schneeheide-Kiefernwälder in der Gegenwart nurmehr eine sehr geringe holzwirtschaftliche Bedeutung. Dies gilt insbesondere für die Bestände der Bayerischen Alpen, deren ökonomische Bedeutung gegen Null tendiert. Generell spielte hier die Holznutzung wohl bereits in der jüngeren Vergangenheit nurmehr eine sehr geringe Rolle. Sie beschränkte sich weitgehend auf die Entnahme von Totholz und gutgewachsener Einzelstämme, die insbesondere wegen ihrer hervorragenden Eignung (Verkernung, Engringigkeit) zur Herstellung langlebiger Produkte wie z. B. Fensterrahmen Verwendung fanden (LOHER mündl.). Noch heute zeugen einzelne Baumstubben von dieser extensiven Holznutzung. Der vergleichsweise hohe Anteil an stehendem Totholz, den man heute in den Beständen findet, legt die Vermutung nahe, daß selbst diese sehr extensive Holzentnahme seit längerer Zeit nicht mehr stattfindet. Spuren historischer Harznutzung konnten in den bayerischen Schneeheide-Kiefernwäldern nur im Bereich des Antoni-Berges am Thumsee südlich Bad Reichenhall festgestellt werden; diese Nutzungsform dürfte somit insgesamt nur von sehr geringer, allenfalls lokaler Bedeutung gewesen sein.

Auch in den großflächigen Schneeheide-Kiefernwäldern im Tiroler Inntal, bei denen es sich zumeist um Gemeinde- bzw. Teilwald handelt, ist die Intensität der gegenwärtigen Holznutzung äußerst gering und beschränkt sich weitgehend auf die selektive Entnahme von Brenn- und schwachem Nutzholz durch die ortsansässige, nutzungsberechtigte Bevölkerung (Gemeindeförster THALER mündl.). Eine etwas größere forstwirtschaftliche Bedeutung haben lediglich die wüchsigeren Bestände der höheren Lagen, bei denen auch gezielte forstliche Bewirtschaftungsmaßnahmen durchgeführt werden, während die oft extrem schwachwüchsigen oder gar krüppeligen Bestände der tieferen Lagen mangels Rentabilität weitgehend sich selbst überlassen werden (Gemeindeförster SAUERWEIN mündl.). In der Vergangenheit dürfte die Brennholzentnahme durch die lokale Bevölkerung in einem wesentlich größeren Umfang erfolgt sein als in der Gegenwart.

Die ausgedehnten Sekundärbestände im Tiroler Inntal, deren Standorte ursprünglich anspruchsvollere Waldgesellschaften trugen, verdanken ihre weite Verbreitung neben Waldweide und Streunutzung wohl vor allem der Anlage größerer Kahlschläge in der Vergangenheit. Unter den trockenen klimatischen Bedingungen des Inntals genügt unter Um-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ständen eine einmalige Kahlschlagnutzung der ursprünglichen Bergmischwälder, um die Kiefer zur Herrschaft zu bringen. Mit dem Kahlschlag geht dort eine besonders starke Standortdegradation (massiver Humusschwund durch Mineralisation und Abschwemmung) einher, insbesondere wenn zusätzlich eine Beweidung der Kahlfläche erfolgt. Auf derart degradierten Kahlschlagflächen vermag die anspruchslose Kiefer ihre ausgesprochenen Pioniereigenschaften voll zum Tragen zu bringen und ist nahezu konkurrenzlos. Folgen weitere Kahlschläge oder andere degradierende Nutzungen, so wird die Kiefer mitsamt ihrer heliophilen Begleitflora selbst auf tiefgründigen Standorten dauerhaft an der Herrschaft gehalten.

In etwas abgeschwächter Weise gilt dies auch für die feuchteren Randalpen. So verdanken auch dort sicher viele Bestände ihre Existenz einer früheren Kahlschlägerung der ursprünglichen Bergmischwälder und nachfolgender zeitweiser Lichtweidenutzung (Foto 10). Auf diesen Rodungsflächen konnte sich dann in der Folge gleichfalls die Kiefer etablieren und wurde durch Waldweide, Streunutzung oder auch gelegentliche Brände an der Herrschaft gehalten.

In den Auen, die in der Regel keiner geregelten forstlichen Bewirtschaftung unterlagen, erfolgte neben Weidepflegemaßnahmen auch immer wieder eine Entnahme von stärkerem Holz durch die Nutzungsberechtigten, was gleichfalls zu einer deutlichen Auflichtung der Bestände beitrug.

4.2.4 Brände

Waldbrände haben in der Vergangenheit erheblich zum Erhalt und zur Ausbreitung von Schneeheide-Kiefernwäldern im Untersuchungsgebiet beigetragen. Im Gegensatz etwa zur borealen Zone Nordamerikas, wo sich derartige Brandereignisse von Natur aus sehr regelmäßig ereignen und überaus flächenwirksam werden (KIMMINS 1982), sind Waldbrände im humiden Klima der Alpen meist durch den Menschen verursacht, spielen also wohl erst seit dessen Auftreten in der Landschaft eine größere Rolle. In Ermangelung technischer Hilfsmittel nutzte bereits der vorhistorische Mensch das Feuer als sehr wirksames Mittel zur Öffnung von Wäldern. Bereits ab der Bronzezeit und vor allem während der bajuwarischen Landnahme ist auch im Untersuchungsgebiet mit umfangreichen Brandrodungen zu rechnen. Die Bedeutung der Brandrodung wird u. a. daran deutlich, daß bereits im ausgehenden Mittelalter unter dem Eindruck einsetzenden Holzmangels von den Landesherren strenge Brandrodungsverbote ausgesprochen wurden (GRABHERR 1934). Gleichwohl hatten Brände auch in der Folge und bis in die jüngste Vergangenheit sowohl im Tiroler Inntal als auch in den Randalpen für die Entstehung und den Erhalt von Schneeheide-Kiefernwäldern eine große Bedeutung.

Besonders gut unterrichtet über die Bedeutung des Feuers für die Wälder Tirols sind wir durch die brandökologischen Arbeiten von GRABHERR (1934, 1936). Im Tiroler Inntal wird die Entstehung von Waldbränden in Folge des relativ trockenen Klimas und der starken Föhnbeeinflussung in hohem Maße begünstigt. So wurden im Zeitraum von 1901 bis 1933 in Nordtirol bei 716 Brandereignissen nicht weniger als 1.683 ha Wald vernichtet, wobei es sich überwiegend um subalpine Latschenbestockungen und montane Schneeheide-Kiefernwälder handelte. Nur ein Bruchteil der Brände geht auf eine natürliche Entzündung durch Blitzschlag zurück. So waren von 260 Bränden zwischen 1885 und 1925 in der weiteren Umgebung von Innsbruck nur zwei eindeutig durch Blitzschlag verursacht, während 55 durch Funkenflug der Dampfeisenbahn und 203 direkt durch den Menschen ausgelöst wurden (GRABHERR 1934). Die meisten der durch den Menschen verursachten Brände werden nicht absichtlich gelegt, sondern entstehen durch unachtsamen Umgang mit offenem Feuer. Doch wurden selbst bis in die jüngste Vergangenheit auch immer wieder Brände gezielt gelegt, insbesondere als Weidepflegemaßnahme zur Bekämpfung von unerwünschtem Latschenaufwuchs und zur Beseitigung von Altgrasdecken. Die meisten Brände entstehen bei Föhnwetterlagen (insbes. Frühjahr) oder während längeranhaltender sommerlicher Dürreperioden.

Nach Zerstörung der ursprünglichen Waldvegetation durch Brand, mit der oft eine massive Standortdegradation durch Humusschwund und Abschwemmung einhergeht, bilden Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen auf trockenen, südseitigen Dolomit- und Hartkalkstandorten oft ein mehr oder weniger langlebiges Durchgangsstadium im Rahmen der sekundären Sukzession auf Waldbrandflächen, die langfristig wieder zu klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften zurückführt. Besonders bezeichnend für derartige "Brandkiefernwälder" ist nach GRABHERR (1936) das oft faziesbildende Auftreten des Pfeifengrases (*Molinia caerulea* agg.) in der Bodenvegetation (Foto 26), das durch Brände offensichtlich eine massive Förderung erfährt. Diese Förderung ist wohl vor allem darauf zurückzuführen, daß das Pfeifengras an der Sproßbasis über verhältnismäßig tief im Boden sitzende, verdickte, als Speicherorgane dienende Knoten verfügt, in die gegen Ende der Vegetationszeit Nährstoffe aus der oberirdischen Biomasse zurückverlagert werden. Durch Oberflächenbrände werden diese Nährstoffspeicherorgane kaum negativ beeinflußt, wodurch dem Pfeifengras beim Wiederaustrieb nach dem Brand offenbar ein deutlicher Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Arten erwächst. Durch die Produktion mächtiger strohiger Streudecken trägt *Molinia* selbst maßgeblich dazu bei, daß in derartigen Brandsukzessionsbeständen in der Folge relativ häufig erneut Bodenfeuer entstehen, die den Fortgang der Sukzession zu klimaxnahen Schlußwald-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

gesellschaften immer wieder unterbinden und das Kiefernwaldstadium längerfristig konservieren ("Pyro-Klimax" nach KIMMINS 1982). Hiervon zeugen vielerorts Brandspuren an der Stammbasis von Kiefern, wie sie z.B. am Grießberg westlich von Garmisch verbreitet anzutreffen sind. Die rauhborkigen Altkiefern überstehen die Bodenlauffeuer weitgehend unbeschadet, während der Gehölzjungwuchs fast vollständig vernichtet wird.

Bezeichnenderweise brach auch der letzte große Waldbrand in den Bayerischen Alpen, der sich im Januar 1990 am Fahrenberg oberhalb Walchensee ereignete, in einem derartigen von Pfeifengras dominierten Schneeheide-Kiefernwald aus. Dabei handelte es sich um einen Bestand, der wohl auch in der Vergangenheit bereits mehrfach von Bränden heimgesucht wurde bzw. in wesentlichen Teilen seine Existenz überhaupt historischen Waldbränden verdankt. Die Spuren, die dieser Brand in der Bodenvegetation der Kiefernbestände hinterließ, waren überraschend gering und beschränkten sich weitgehend auf schwache quantitative Verschiebungen einzelner Arten und das Neuauftreten einiger typischer "Brandmoose" wie *Ceratodon purpureus* und *Funaria hygrometrica* (MAATZ 1992), was den Schluß nahelegt, daß es sich dabei bereits um eine an Brände angepaßte Artenkombination handelte. Von einer spektakulären Entwicklung der Vegetation nach dem Brand eines Schwarzföhrenbestandes am Alpenostrand bei Wien (Thermenlinie), der zur Reaktivierung zahlreicher im Boden ruhender Diasporen führte, berichtet dagegen FISCHER (1992).

Auch andernorts im Untersuchungsgebiet, so etwa in der Gegend von Scharnitz und an zahlreichen Stellen im Tiroler Inntal, kann man heute noch Spuren ehemaliger Waldbrände im Landschaftbild beobachten. Am auffallendsten sind dabei zweifelsohne sogenannnte "Brandverkarstungen" (GRABHERR 1936), die teilweise, wie z.B. am Brunnenstein oberhalb Scharnitz, ganze Bergflanken einnehmen (Foto 11). Nach Brand kam es auf diesen ausgesprochenen Felsstandorten zu einem vollständigen Verlust der O-C-Böden. Die Sukzession ist infolge der nachhaltigen Standortdegradation auch auf älteren Brandverkarstungsflächen oft kaum über ein lückiges Rasenstadium hinaus fortgeschritten, zumal eine mögliche Etablierung der Kiefer heute meist am Wildverbiß scheitert. Die in den Bayerischen Alpen besonders häufigen hochgrasdominierten Kiefernwälder bergen auch in Zukunft noch ein erhebliches Waldbrandrisiko.

Eine massive Förderung durch Waldbrände haben Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen nachweislich auch in anderen Teilen der Alpen erfahren, so z.B. im Schweizer Nationalpark (BRAUN-BLANQUET et al. 1954), am Alpenostrand (FRANK 1991) sowie insbesondere in den nördlichen Dinariden (HORVAT et al. 1974).

4.2.5 Jagdliche Nutzung

Bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts spielte die jagdliche Nutzung im Untersuchungsgebiet eine völlig untergeordnete Rolle (ARNOLD & SCHAUDERNA 1986). Die Schalenwildbestände waren allgemein sehr gering. So nimmt MEISTER (1969) ursprüngliche Rotwilddichten von 0,4 - 1,0 Stück pro 100 ha an. Das Rotwild überwinterte damals nicht im Gebirge, sondern zog entlang der Flüsse hinaus ins Alpenvorland.

Diese Situation änderte sich grundlegend mit der Einrichtung von Hofjagdrevieren nach der Säkularisation im Jahre 1803. Eine intensive Hege des Schalenwildes durch winterliche Fütterung und die vollständige Ausrottung der Großraubwildarten Bär, Luchs und Wolf ließen die Bestände rasch ansteigen (SUDA 1990). Zu einer kurzfristigen drastischen Reduzierung kam es nochmals im Zuge der gesellschaftlichen Umbrüche nach der Revolution von 1848. Danach setzte sich aber wieder unumschränkt der Hegegedanke durch, und die Schalenwildpopulationen erhöhten sich nochmals beträchtlich. Seit ca. 1860 haben sich die Schalenwildbestände auf konstant hohem Niveau gehalten, sieht man von kleineren kurzfristigen Einbrüchen jeweils nach den beiden Weltkriegen einmal ab. Mit einer geschätzten Gesamtschalenwilddichte von durchschnittlich ca. 15 Stück pro 100 ha (BERNHARDT 1988) übersteigen die derzeitigen Werte die von MEISTER (1969) für das Jahr 1858 (6 St. /100 ha) angegebenen fast um das Dreifache. Besonders stark hat seit Mitte des letzten Jahrhunderts das Gamswild zugenommen (SUDA 1990).

Die massive Erhöhung der Schalenwildbestände hat zur Folge, daß die natürliche Verjüngung vieler Baumarten seit langem großflächig am Wildverbiß scheitert. Von dieser allgemein im bayerischen Alpenraum zu beobachtenden Entwicklung sind die Schneeheide-Kiefernwälder in besonders starkem Maße betroffen. Aufgrund ihrer mesoklimatischen Gunstlage (vgl. Kap. 3.3.4) und einer allgemeinen Störungsarmut (schlecht zugängliches Steilgelände) bilden Schneeheide-Kiefernwälder bevorzugte Wintereinstandsgebiete des Schalenwildes. Gerade während der besonders futterarmen Zeit des Spätwinters sind die Bestände der Hanglagen daher infolge hoher Wildkonzentrationen und fehlenden Schneeschutzes einem besonders starken Verbißdruck ausgesetzt. Entsprechend katastrophal gestaltet sich die Situation der Gehölzverjüngung, die seit Mitte des letzten Jahrhunderts in den Hangbeständen der Bayerischen Alpen durch Wildverbiß praktisch vollständig zum Erliegen gekommen ist (vgl. Kap. 9.2). Der Wildverbiß prägt heute wie keine andere Nutzung das Erscheinungsbild der randalpischen Hangbestände. Am deutlichsten wird dies sichtbar im vollständigen Ausfall einer Strauchschicht, die normalerweise in Schneeheide-Kiefernwäldern sehr reich entwickelt wäre (Foto 16).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 13

Xerotherm-Flora im Tiroler Oberinntal

Artemisia campestris	Fraxinus ornus	Ostrya carpinifolia
Aster amellus *	Fumana procumbens	Phleum phleoides
Astragalus onobrychis	Galium lucidum *	Potentilla pusilla *
Botriochloa ischaemum	Globularia punctata*	Quercus pubescens
Calamintha acinos	Koeleria macrantha	Saponaria ocymoides *
Calamintha nepetioides *	Lactuca perennis	Stachys recta
Colutea arborescens	Lactuca serriola	Stipa capillata
Dianthus sylvestris *	Lappula squarrosa	Stipa eriocaulis ssp. austriaca *
Diplachne serotina	Medicago minima	Scabiosa gramuntia
Diplotaxis tenuifolia	Melica picta	Veronica spicata
Dorycnium germanicum *	Onobrychis arenaria	Viscum laxum*
Festuca rupicola	Petrorhagia saxifraga	

* sehr selten oder lokal auch in den Randalpen

Durch den übermäßigen Wildverbiß scheitert eine Weiterentwicklung von Sekundärbeständen zu Bergmischwäldern derzeit großflächig, und die Bestände werden weitgehend in ihrem heutigen Zustand konserviert.

Bedeutend weniger drastisch gestaltet sich die Verbißsituation im Tiroler Inntal, insbesondere in den tieferen Lagen. Dies ist vor allem auf allgemein geringere Wilddichten und weniger ausgeprägte Konzentrationseffekte während des Winterhalbjahrs infolge des im Vergleich zu den Randalpen wesentlich großflächigeren Auftretens schneearmer, warmer Südhanglagen zurückzuführen.

In der Nähe einiger bayerischer Schneeheide-Kiefernkomplexe bestehen bzw. bestanden bis in jüngste Zeit einige größere Rotwildfütterungen, so z. B. im Friedergries, am Heuberg bei Oberau und bei Vorderriß, die gleichfalls zu einer starken winterlichen Wildkonzentration beitrugen und den ohnehin hohen Verbißdruck in den benachbarten Schneeheide-Kiefernwäldern noch erheblich steigerten.

Gleichwohl darf aber nicht übersehen werden, daß Schneeheide-Kiefernwälder, insbesondere aufgrund der schneearmen mesoklimatischen Gunstlage, wohl bereits von Natur aus einem überdurchschnittlich hohen winterlichen Verbißdruck unterliegen. Als sukzessionshemmender Faktor dürfte der Verbiß somit zumindest lokal auch natürlicherweise eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen.

5. Die Flora der Schneeheide-Kiefernwälder

5.1 Florengeographische Aspekte

5.1.1 Das Florengefälle von den Bayerischen Alpen zum Tiroler Oberinntal

Das ausgeprägte klimatische Gefälle von den Bayerischen Alpen zum Tiroler Oberinntal wird durch die stark voneinander abweichende Florenausstattung in beiden Gebieten auf sehr eindrucksvolle Art und Weise nachgezeichnet. Im warm-trockenen Klima des Tiroler Inntals findet man bezeichnenderweise zahlreiche ausgesprochen xerotherme Sippen, die dem bayerischen Alpenraum vollständig fehlen oder nur sehr sporadisch und lokal in Erscheinung treten. Bei der Mehrzahl dieser Arten handelt es sich um Arten (Tab. 13), die ihren Verbreitungsschwerpunkt in Trockenrasen der Festuco-Brometea haben (Foto 20). Daneben finden sich aber auch einige wärmeliebende halbruderale Arten und submediterrane Gehölze wie der Blasenstrauch (*Colutea arborescens*) und Einzelvorkommen von Flaumeiche (*Quercus pubescens*), Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*) und Mannaesche (*Fraxinus ornus*) (vgl. z. B. auch BRAUN-BLANQUET 1961).

Neben den zahlenmäßig dominierenden Arten submediterraner Herkunft sind unter den Inntaler Xerothermpflanzen auch einige Vertreter des kontinentalen Florenelements anzutreffen. Anhand der Verteilung submediterraner und kontinentaler Arten macht sich inntalaufwärts eine deutlich zunehmende Kontinentalität bemerkbar. So wurden etwa *Stipa capillata* und *Astragalus onobrychis* erst oberhalb Telfs angetroffen. Auch das Verbreitungsgebiet der Rotbuche reicht im Inntal bezeichnenderweise kaum über Telfs hinaus. Ab Landeck erhöht sich mit *Festuca vallesiaca, Thesium linophyllum* u. a. der Anteil kontinentaler Arten nochmals deutlich, während im Gegenzug ausgesprochen wärmebedürftige Sippen wie *Fumana procumbens*, *Dorycnium germanicum* und *Rhamnus saxatilis* verschwinden (BRAUN-BLANQUET 1961).

Das Florengefälle zwischen dem Tiroler Oberinntal und den Bayerischen Alpen wird noch erheblich verstärkt, wenn man neben qualitativen auch quantitative Aspekte berücksichtigt. So sind beispielsweise die im Inntal allgegenwärtigen Arten *Dorycnium germanicum*, *Potentilla pusilla*, *Aster amellus* und *Globularia elongata* im bayerischen Alpenraum ausgesprochen selten oder bleiben streng auf wenige thermische Gunststandorte beschränkt. An-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 13

Xerotherm-Flora im Tiroler Oberinntal

Artemisia campestris	Fraxinus ornus	Ostrya carpinifolia
Aster amellus *	Fumana procumbens	Phleum phleoides
Astragalus onobrychis	Galium lucidum *	Potentilla pusilla *
Botriochloa ischaemum	Globularia punctata*	Quercus pubescens
Calamintha acinos	Koeleria macrantha	Saponaria ocymoides *
Calamintha nepetioides *	Lactuca perennis	Stachys recta
Colutea arborescens	Lactuca serriola	Stipa capillata
Dianthus sylvestris *	Lappula squarrosa	Stipa eriocaulis ssp. austriaca *
Diplachne serotina	Medicago minima	Scabiosa gramuntia
Diplotaxis tenuifolia	Melica picta	Veronica spicata
Dorycnium germanicum *	Onobrychis arenaria	Viscum laxum*
Festuca rupicola	Petrorhagia saxifraga	

* sehr selten oder lokal auch in den Randalpen

Durch den übermäßigen Wildverbiß scheitert eine Weiterentwicklung von Sekundärbeständen zu Bergmischwäldern derzeit großflächig, und die Bestände werden weitgehend in ihrem heutigen Zustand konserviert.

Bedeutend weniger drastisch gestaltet sich die Verbißsituation im Tiroler Inntal, insbesondere in den tieferen Lagen. Dies ist vor allem auf allgemein geringere Wilddichten und weniger ausgeprägte Konzentrationseffekte während des Winterhalbjahrs infolge des im Vergleich zu den Randalpen wesentlich großflächigeren Auftretens schneearmer, warmer Südhanglagen zurückzuführen.

In der Nähe einiger bayerischer Schneeheide-Kiefernkomplexe bestehen bzw. bestanden bis in jüngste Zeit einige größere Rotwildfütterungen, so z. B. im Friedergries, am Heuberg bei Oberau und bei Vorderriß, die gleichfalls zu einer starken winterlichen Wildkonzentration beitrugen und den ohnehin hohen Verbißdruck in den benachbarten Schneeheide-Kiefernwäldern noch erheblich steigerten.

Gleichwohl darf aber nicht übersehen werden, daß Schneeheide-Kiefernwälder, insbesondere aufgrund der schneearmen mesoklimatischen Gunstlage, wohl bereits von Natur aus einem überdurchschnittlich hohen winterlichen Verbißdruck unterliegen. Als sukzessionshemmender Faktor dürfte der Verbiß somit zumindest lokal auch natürlicherweise eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen.

5. Die Flora der Schneeheide-Kiefernwälder

5.1 Florengeographische Aspekte

5.1.1 Das Florengefälle von den Bayerischen Alpen zum Tiroler Oberinntal

Das ausgeprägte klimatische Gefälle von den Bayerischen Alpen zum Tiroler Oberinntal wird durch die stark voneinander abweichende Florenausstattung in beiden Gebieten auf sehr eindrucksvolle Art und Weise nachgezeichnet. Im warm-trockenen Klima des Tiroler Inntals findet man bezeichnenderweise zahlreiche ausgesprochen xerotherme Sippen, die dem bayerischen Alpenraum vollständig fehlen oder nur sehr sporadisch und lokal in Erscheinung treten. Bei der Mehrzahl dieser Arten handelt es sich um Arten (Tab. 13), die ihren Verbreitungsschwerpunkt in Trockenrasen der Festuco-Brometea haben (Foto 20). Daneben finden sich aber auch einige wärmeliebende halbruderale Arten und submediterrane Gehölze wie der Blasenstrauch (*Colutea arborescens*) und Einzelvorkommen von Flaumeiche (*Quercus pubescens*), Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*) und Mannaesche (*Fraxinus ornus*) (vgl. z. B. auch BRAUN-BLANQUET 1961).

Neben den zahlenmäßig dominierenden Arten submediterraner Herkunft sind unter den Inntaler Xerothermpflanzen auch einige Vertreter des kontinentalen Florenelements anzutreffen. Anhand der Verteilung submediterraner und kontinentaler Arten macht sich inntalaufwärts eine deutlich zunehmende Kontinentalität bemerkbar. So wurden etwa *Stipa capillata* und *Astragalus onobrychis* erst oberhalb Telfs angetroffen. Auch das Verbreitungsgebiet der Rotbuche reicht im Inntal bezeichnenderweise kaum über Telfs hinaus. Ab Landeck erhöht sich mit *Festuca vallesiaca, Thesium linophyllum* u. a. der Anteil kontinentaler Arten nochmals deutlich, während im Gegenzug ausgesprochen wärmebedürftige Sippen wie *Fumana procumbens*, *Dorycnium germanicum* und *Rhamnus saxatilis* verschwinden (BRAUN-BLANQUET 1961).

Das Florengefälle zwischen dem Tiroler Oberinntal und den Bayerischen Alpen wird noch erheblich verstärkt, wenn man neben qualitativen auch quantitative Aspekte berücksichtigt. So sind beispielsweise die im Inntal allgegenwärtigen Arten *Dorycnium germanicum*, *Potentilla pusilla*, *Aster amellus* und *Globularia elongata* im bayerischen Alpenraum ausgesprochen selten oder bleiben streng auf wenige thermische Gunststandorte beschränkt. An-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 14

Thermophile Florenelemente der Arealzentren der Schneeheide-Kiefernwälder in den Bayerischen Alpen

Saalachtal und Werdenfelser Land		
Achnatherum calamagrostis	*Laserpitium siler*	*Teucrium chamaedrys*
Festuca amethystina	*Linum viscosum*	*Thesium rostratum*
Gladiolus palustris	*Rhamnus saxatilis*	
Werdenfelser Land		
Aethionema saxatile	*Coronilla coronata*	*Peucedanum oreoselinum*
Allium suaveolens	*Daphne cneorum*	*Plantago serpentina*
Asperula tinctoria	*Dorycnium germanicum*	*Saponaria ocymoides*
Aster amellus	*Geranium sanguineum*	*Schoenus nigricans*
Cirsium tuberosum	*Laserpitium prutenicum*	*Tetragonolobus maritimus*
Coronilla emerus	*Peucedanum cervaria*	*Viscum laxum*

dere Arten wie *Galium lucidum* und *Saponaria ocymoides* reichen an der Nordseite des Fernpasses gerade noch in den randalpischen Klimaraum hinein. In ähnlicher Weise strahlen über den Seefelder Sattel beispielsweise *Plantago serpentina*, *Dianthus sylvestris* (LOTTO 1982) und *Saponaria ocymoides* in lokalen bzw. unbeständigen Vorkommen bis in den Raum Mittenwald aus. Letztere Art galt in Bayern lange Zeit als verschollen, konnte jüngst aber auf den Isarschottern bei Wallgau von BISSINGER & BOHNERT (1990) wieder bestätigt werden. Umgekehrt haben Arten wie *Festuca amethystina*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis* und *Gladiolus palustris* einen deutlichen Verbreitungsschwerpunkt in den feuchteren Randalpen.

Sehr deutlich kommt das Klimagefälle zwischen Randalpen und Tiroler Oberinntal auch anhand der Verteilung miteinander vikariierender Tief- und Hochlagensippen zum Ausdruck, so z.B. bei *Thymus praecox* agg. und *Scabiosa columbaria* agg.. Während im Inntal *Thymus praecox* und *Scabiosa columbaria* oder *Scabiosa gramuntia* eindeutig dominieren, werden diese in den Randalpen bis in die Tallagen hinab praktisch vollständig ersetzt durch die vikariierenden Hochlagensippen *Thymus polytrichus* und *Scabiosa lucida*. Zugleich sind zahlreiche weitere Hochlagenarten, wie z. B. *Carex sempervirens* und *Phyteuma orbiculare*, die in den Randalpen in breiter Front bis auf die Talböden vordringen und vielfach sogar ins südliche Alpenvorland ausstrahlen, im Oberinntal zumeist erst oberhalb 1.200 bis 1.400 m N. N. verstärkt und großflächig anzutreffen.

Die feuchteren Klimabedingungen der Randalpen kommen floristisch auch im verbreiteten Auftreten von Molinion-Arten wie *Gladiolus palustris* (Foto 21), *Cirsium tuberosum* und *Tetragonolobus maritimus* u.a. auf edaphisch mehr oder weniger trockenen Hangstandorten innerhalb der Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe zum Ausdruck. Ebenso bezeichnend für die Randalpen ist die enge räumliche und floristische Verzahnung von Kalkquellsümpfen der Tofieldietalia mit Schneeheide-Kiefernwäldern.

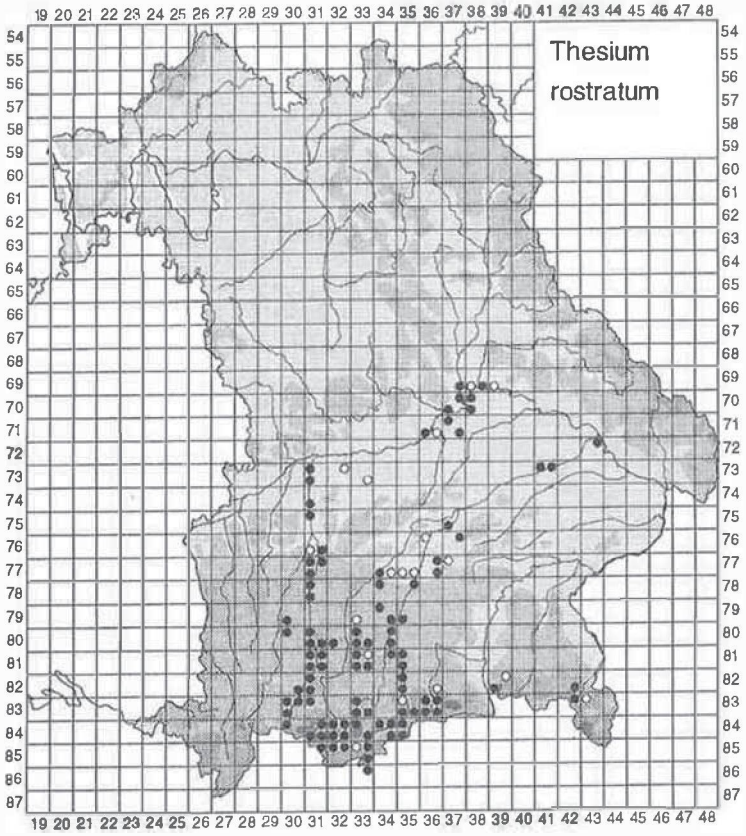
Die thermische Klimagunst des Tiroler Oberinntales gegenüber den kühlfeuchten Randalpen manifestiert sich aber auch anhand des Auftretens zahlreicher thermophiler Faunenelemente wie Alpensegler (*Apus melba*), Zippammer (*Emberiza cia*), Steinrötel (*Monticola saxatilis*), Wiedehopf (*Upupa epops*), Mauereidechse (*Podacris muralis*), Blauflügeliger Ödlandschrecke (*Oedipoda caeruslescens*) und des in den Bayerischen Alpen sehr seltenen Apollofalters (*Parnassius apollo*), um nur einige zu nennen.

5.1.2 Die Florengeographische Sonderstellung der Arealzentren von Schneeheide - Kiefernwäldern innerhalb der Bayerischen Kalkalpen

Die Verbreitungszentren von Schneeheide-Kiefernwäldern in den Bayerischen Alpen - das Werdenfelser Land und der Raum Bad-Reichenhall-Berchtesgaden - heben sich durch ihren Reichtum an thermophilen Sippen florengeographisch deutlich vom übrigen bayerischen Alpenraum ab (Tab. 14).

So zeigen Arten wie *Festuca amethystina*, *Thesium rostratum*, *Rhamnus saxatilis*, *Laserpitium siler*, *Linum viscosum*, *Gladiolus palustris* und *Achnatherum calamagrostis* (Abb. 3) eine ausschließliche oder doch schwerpunktmäßige Bindung an diese randalpischen Arealzentren der Schneeheide-Kiefernwälder. Eindeutige Schwerpunkte hinsichtlich Flächen- und Individuendichte haben in diesen Gebieten aber auch die etwas weiter verbreiteten Arten *Carex humilis*, *Viola collina*, *Coronilla vaginalis* und *Leontodon incanus* sowie thermophile Saumar-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



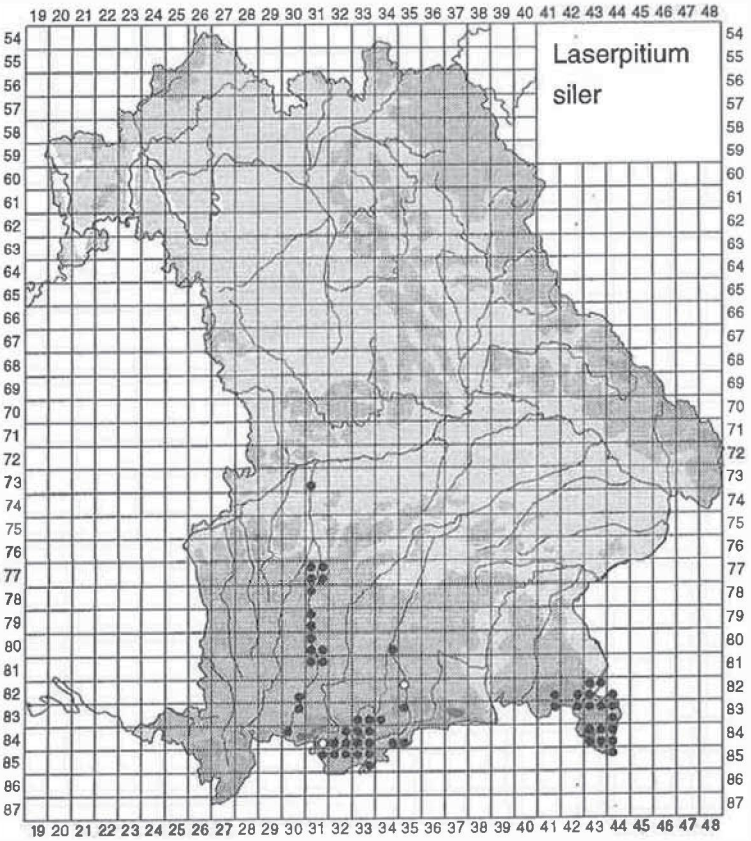


Abbildung 3

Verbreitung von *Thesium rostratum* und *Laserpitium siler* in Bayern (ZENTRALSTELLE FÜR DIE FLORISTISCHE KARTIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, Datenstand 1994, ergänzt durch aktuelle Neufunde des Autors).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

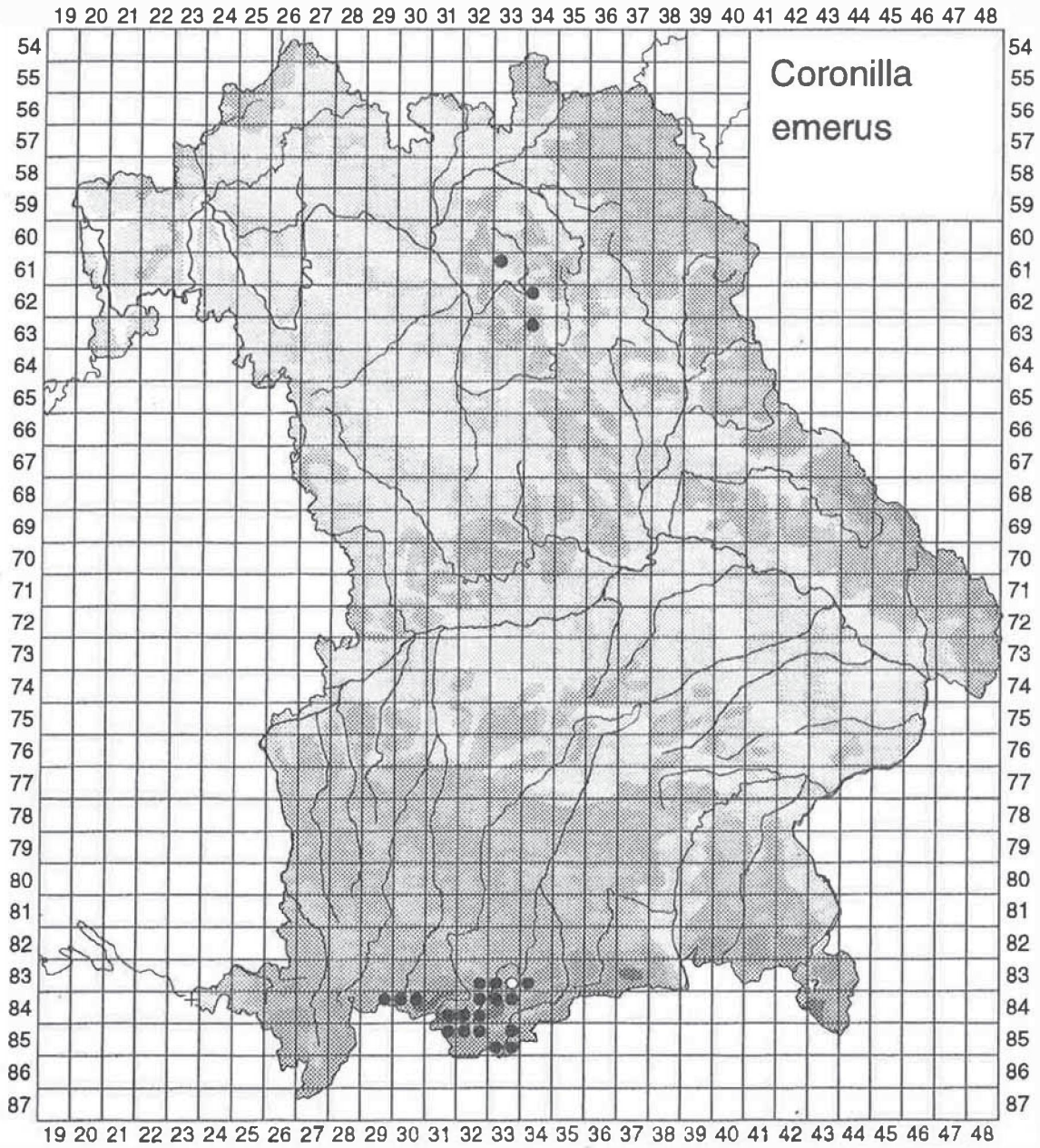


Abbildung 4

Verbreitung von *Coronilla emerus* in Bayern (ZENTRALSTELLE FÜR DIE FLORISTISCHE KARTIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, Datenstand 1994).

ten und Sträucher wie *Anthericum ramosum*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Amelanchier ovalis* und *Cotoneaster tomentosus*.

Im Vergleich zum Werdenfelser Land und seinen Randgebieten ist die Ausstattung mit thermophilen Arten im Raum Reichenhall-Berchtesgaden trotz geringerer Basishöhe der Täler relativ schwach ausgeprägt. An weiteren xerothermen Arten, die im Werdenfelser Land fehlen, besitzt das Reichenhaller Gebiet lediglich *Stipa eriocaulis ssp. austriaca*, die am "Steppenhang" im österreichischen Bundesland Salzburg bei Lofer knapp südlich der bayerischen Landesgrenze ein völlig isoliertes, aber individuenstarkes Vorkommen besitzt. Erweitert man den Blick nach Osten, so erkennt man, daß es sich bei den Reichenhall-Berchtesgadener Vorkommen an Xerothermpflanzen um die westlichsten Ausläufer einer wesentlich reichhaltiger ausgestatteten, inselartigen Kolonie von Wärmepflanzen im Seenbezirk des Salzkammergutes handelt, wo beispielsweise auch noch *Coronilla emerus* und *Asperula tinctoria* hinzutreten (NIKLFELD 1979, WITTMANN et al. 1986).

Sehr bezeichnend für die geographische Lage des Reichenhall-Berchtesgadener Gebietes ist das Auftreten von "östlichen" Arten wie *Cyclamen purpurascens*, *Helleborus niger*, *Galium truniacum* (LIPPERT & MERXMÜLLER 1986) und *Asplenium*

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

fissum, die hier die absolute Westgrenze ihrer Verbreitung im Nordalpenraum erreichen (SCHÖNFELDER & BRESINSKY 1990).

Wesentlich reichhaltiger als im Reichenhall-Berchtesgadener Gebiet ist die Ausstattung mit thermophilen Arten im Werdenfelser Land und seinen Randgebieten (Tab. 14). Neben weiter verbreiteten Arten wie *Coronilla emerus* (Abb. 4), *Asperula tinctoria*, *Peucedanum cervaria*, *Peucedanum oreoselinum* und *Geranium sanguineum* finden sich hier auch einige inselartige oder reliktische Vorkommen von *Dorycnium germanicum*, *Aster amellus*, *Coronilla coronata*, *Carex baldensis*, *Plantago serpentina* und *Saponaria ocymoides*. Sehr bezeichnend für das Werdenfelser Gebiet ist ferner das tiefe Eindringen wärmebedürftiger Streuwiesenpflanzen wie *Cirsium tuberosum*, *Tetragonolobus maritimus*, *Schoenus nigricans*, *Allium suaveolens* und *Laserpitium prutenicum* in den Nordalpenraum. Von der Wärmegunst des Werdenfelser Landes zeugen aber auch die sporadischen Vorkommen der submediterranen Zaunammer (*Emberiza cirlus*) am Wankhangfuß bei Partenkirchen oder das gehäufte Auftreten der Felsenschwalbe (*Ptyonoprogne rupestris*), die gerade in den letzten Jahren, wohl infolge einer Serie warmer Sommer, sehr stark zugenommen hat.

Die Ursachen für den Reichtum des Werdenfelser Gebietes an Wärmepflanzen sind aber sicher nur zum Teil klimatischer Natur (unterdurchschnittliche Niederschläge, starker Föhneinfluß, Abkammerung); ebenso bedeutsam für das Vorkommen vieler der oben genannten Arten sind die geographischen Lagebeziehungen zu den Nachbarräumen mit reichhaltiger Wärmeflora sowie das Vorhandensein meridional durchgängiger, linearer Vernetzungsstrukturen, die diesen Arten als Wanderwege dienten.

Im Gegensatz zum Raum Reichenhall-Berchtesgaden grenzt das Werdenfelser Land sowohl im Norden (Isar-Loisachvorland) als auch im Süden (Tiroler Oberinntal) an Gebiete mit reicher Xerothermflora. Eine Anbindung erfolgt zum Inntal hin über niedrige Paßhöhen wie Fernpaß und Seefelder Sattel, zum Isar-Loisach-Vorland hin vor allem über die Auen von Lech, Isar und Loisach mit ihren konkurrenzarmen Schotterstandorten. Wie sich anhand der Arealbilder einiger Arten auch heute noch nachvollziehen läßt, dürfte die nacheiszeitliche Einwanderung der Xerothermarten in das Werdenfelser Land sowohl von Süden als auch von Norden her erfolgt sein. Typische Einwanderer aus dem Inntal sind beispielsweise der Schlangenknöterich (*Plantago serpentina)*, der über den Seefelder Sattel bis in den Raum Krün-Wallgau reicht , oder *Coronilla emerus* (Abb. 4), die sowohl über den Seefelder Sattel als auch über den Fernpaß ins Werdenfelser Land eingedrungen ist. Den gleichen Wanderweg hat offenbar auch die südwestliche *Luzula nivea* genommen, die in Bayern gleichfalls nur im Werdenfelser Land anzutreffen ist. Dagegen sind beispielsweise *Asperula tinctoria* und *Daphne cneorum* (Abb. 5) nach Rückschmelzen des Eises offenbar von Norden her über das Loisach- bzw. Isartal ins Werdenfelser Land vorgerückt. Besonders augenfällig wird die Bedeutung der offenen, konkurrenzarmen Schotterflächen von Isar und Lech als Pflanzenwanderstraßen anhand der Verbreitung von *Dorycnium germanicum* und *Daphne cneorum* (Abb. 5). Dem als besonders ausbreitungsuntüchtige, konkurrenzschwache Reliktart geltenden Heideröschen (GAMS 1930, WITSCHEL & SEYBOLD 1986) ist es einzig auf den Schottern des Isartales gelungen, in den bayerischen Alpenraum bis Mittenwald vorzudringen (Foto 17 und 18) (fehlt vollständig im südlich angrenzenden Oberinntal). Trotz vermeintlich adäquater Standortbedingungen in den angrenzenden Kiefernwäldern der Hänge bleibt *Daphne cneorum* streng an den Auenbereich der Isar gebunden. Lediglich auf Lateralerosions- oder Rutschhängen im direkten Kontakt zur Isaraue steigt die Art an einigen Stellen wenige Höhenmeter über das Niveau der Aue hinaus! Gleichzeitig kann *Daphne cneorum* als Paradebeispiel für eine Art gelten, die während der Würmeiszeit im nördlichen Alpenvorland überdauert hat. Ähnliches gilt wohl auch für eine Vielzahl anderer Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder wie *Thesium rostratum* und *Festuca amethystina,* deren heutige Arealbilder ein Überdauern der Eiszeit nördlich der Alpen nahelegen. Bereits BRESINSKY (1965) weist darauf hin, daß die ausgedehnten Niederterrassenschotterfelder des Isar-Loisach-Vorlandgletschers besonders günstige Voraussetzungen für ein eiszeitliches Überdauern zahlreicher Pflanzenarten boten, womit er den auffälligen Reichtum an reliktischen Arten in diesem Raum erklärt.

5.2 Floristische Grundstrukturen der Schneeheide-Kiefernwälder

Floristisch, ökologisch und strukturell vermitteln Kiefernwälder stets zwischen mehr oder weniger offenen, gehölzfreien Vegetationstypen und klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften. Begründet ist dieses Phänomen in der Tatsache, daß die anspruchslose Kiefer sich nur auf trockenen oder sauer/nassen Grenzstandorten des Waldes gegenüber der Konkurrenz anderer Baumarten dauerhaft zu behaupten vermag oder als Pionier im Rahmen primärer und sekundärer Sukzessionen die Weiterentwicklung zu klimaxnahen Dauergesellschaften einleitet.

Dementsprechend findet man innerhalb der Kiefernwälder stets sowohl Florenelemente der offenen, gehölzfreien Vegetationstypen, mit denen sie in engem räumlichem Kontakt stehen, oder aus denen sie im Rahmen der Sukzession hervorgegangen sind, als auch bereits Arten der zonalen Schlußwaldgesellschaften. Dies gilt prinzipiell nicht nur für die hier betrachteten Schneeheide-Kiefernwälder sondern auch für die von Kiefer oder Spirke beherrschten Moorrandwälder oder die Sandkiefernwälder des osteuropäischen diluvialen Flachlandes.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

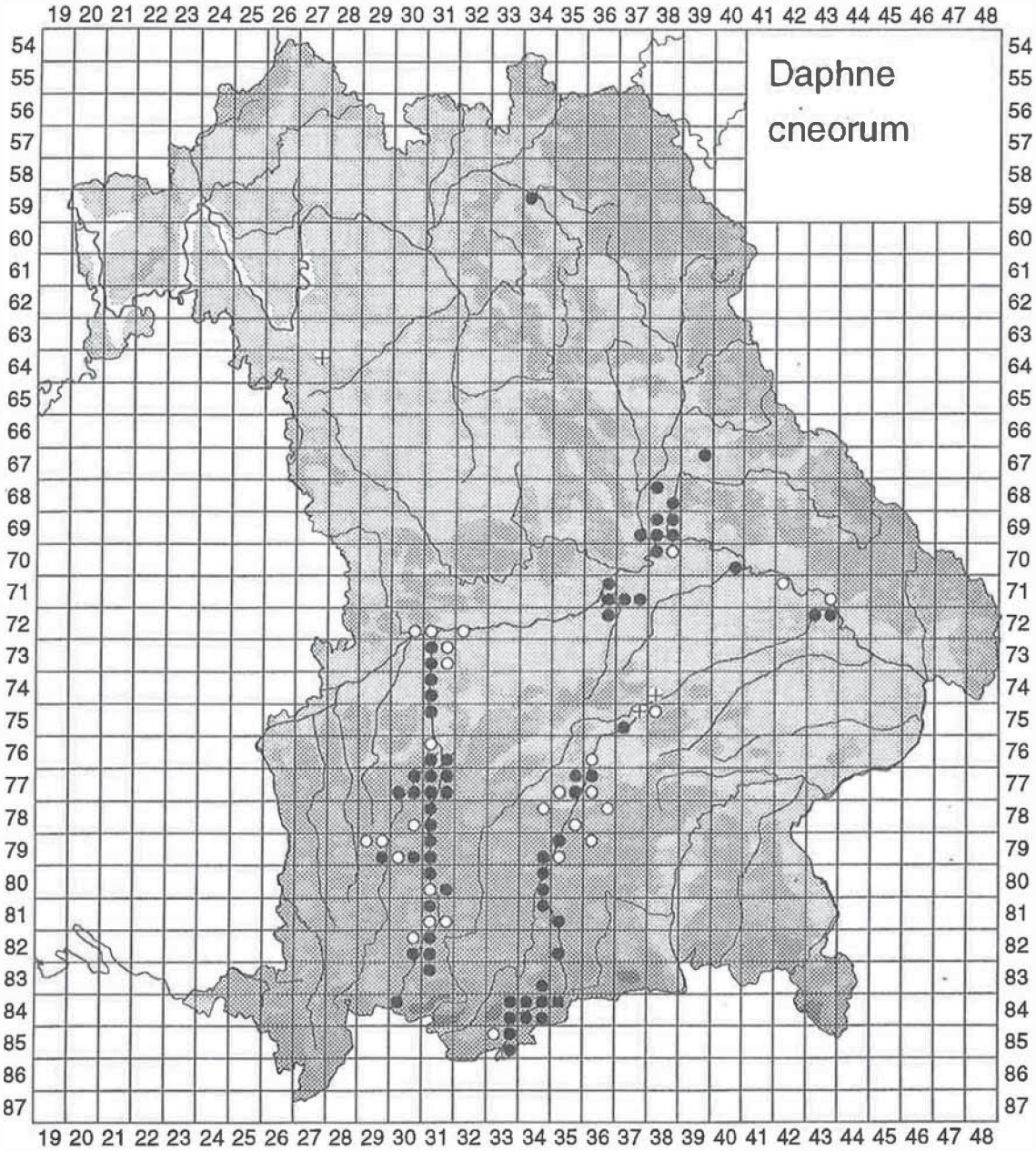


Abbildung 5

Verbreitung von *Daphne cneorum* in Bayern (ZENTRALSTELLE FÜR DIE FLORISTISCHE KARTIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, Datenstand 1994, ergänzt durch aktuelle Neufunde des Autors).

Gleichwohl sind Kiefernwälder hinsichtlich ihrer floristischen Struktur mehr als nur ein Verschnitt aus Arten der benachbarten offenen bzw. klimaxnahen Vegetationstypen. Die Frage nach spezifischen Arten, die eine mehr oder weniger enge oder gar ausschließliche Verbindung mit der Kiefern eingehen, ist vielmehr durchaus positiv zu beantworten.

Während die Suche nach eigenen Charakterarten im Falle der Moorrand- und bodensauren Sandkiefernwälder durchaus Schwierigkeiten bereitet (was vor allem in der naturgegebenen Artenarmut dieser Vegetationstypen begründet ist), zeichnen sich die hier betrachteten Schneeheide-Kiefernwälder durch eine ganze Reihe sehr bezeichnender Kennarten aus.

5.2.1 Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder

Als Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder können vor allem praealpide, montane Trockenflorenelemente gelten, deren norddinarisch-alpisches Areal sich in auffallender Weise mit dem der Erico-Pinion-Phytozönosen deckt und die zugleich innerhalb dieser Trockenwälder hinsichtlich Stetigkeit und/oder Massenentfaltung ihren eindeutigen natürlichen Verbreitungsschwerpunkt haben. Zwar greifen viele dieser Arten innerhalb ihres Verbreitungsgebiets auch in starkem Maße auf offene Rasengesellschaften der Festuco-Brometea oder der Seslerietea über, doch handelt es sich dabei überwiegend

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

um sekundäre, erst durch den Menschen geschaffene Formationen. Den alpinen Urrasen oberhalb der subalpinen Gebüschstufe fehlen sie ebenso wie den natürlichen Arealzentren der Festuco-Brometea-Gesellschaften im submediterranen und sarmatopontischen Raum. Die eigentliche alpine Stufe wird vor allem wegen des im Vergleich zu typischen alpinen Rasenarten wesentlich stärker ausgeprägten Wärmebedürfnisses der Schneeheide-Kiefernwald-Charakterarten weitgehend gemieden.

Die Begrenzung des Vorkommens auf den norddinarisch-alpischen Gebirgsraum und dessen näheres Umfeld ist ökologisch offensichtlich in einer engen Bindung an edaphische Trockenstandorte in einem mehr oder weniger stark humiden Klima begründet. Hiervon zeugt beispielsweise bereits der Ausfall vieler Arten in den klimatisch extremsten Trockentälern der Alpen oder die auffällige Bindung inselartiger außeralpischer Vorposten (z. B. *Coronilla vaginalis*, *Festuca amethystina*) an die stark humide höhere montane Stufe der Schwäbischen Alb und des Schweizer Jura (RICHARD 1972, WITSCHEL 1981). Bezüglich ihrer "Etage" (Höhenlage) vermitteln die Schneeheide-Kiefernwaldarten im Alpenraum hinsichtlich ihrer Wärmeansprüche in gewisser Weise zwischen den Arten der Kalkmagerrasen der tieferen Lagen (Festuco-Brometea) und den Arten der alpinen Kalkrasen (Seslerietea), wobei der Verbreitungschwerpunkt eindeutig in der montanen Stufe liegt.

Betrachtet man das Areal der Erico-Pinetea-Arten, so fällt auf, daß sich die meisten Sippen schwerpunktmäßig auf die nördlichen Dinariden und die Ostalpen konzentrieren (MEUSEL et al. 1965, 1978, 1992). Viele Arten wie z. B. *Dorycnium germanicum*, *Rhamnus saxatilis*, *Leontodon incanus* oder *Thesium rostratum* erreichen gerade noch die Ostschweiz etwa bis zur Rheinlinie oder etwas darüber hinaus, fallen weiter westlich aber vollkommen aus (WELTEN & SUTTER 1982). Sie werden gegen Südwesten in Kalktrockenkiefernwäldern zunehmend ersetzt durch submediterran-montane Xerothermarten südwestlicher Verbreitung wie *Ononis rotundifolia, Astragalus monspessulanus, Odontites viscosa* und *Onobrychis saxatilis* (Verband Ononido-Pinion, vgl. BRAUN-BLANQUET 1961).
Besonders reich ausgestattet mit Kennarten und Endemiten sind die Schneeheide-Kiefernwälder der nördlichen Dinariden und die Serpentinkiefernwälder Bosniens und Westserbiens (HORVAT et al. 1974, RITTER-STUDNICKA (1967, 1970). Aber auch die Schwarzföhrenwälder des nordöstlichen Alpenrandes an der Thermenlinie bei Wien und Südkärntens enthalten, neben autochthoner *Pinus nigra*, mit *Euphorbia saxatilis* (Thermenlinie) oder *Cytisus purpureus* (Kärnten) bereits einige vermutlich tertiäre Relikte und Endemiten, die den ehemals vergletscherten Bereichen der Alpen vollkommen fehlen (MARTIN-BOSSE 1967, ZIMMERMANN 1972, KARRER 1985). Ähnlich wie die Buchenwälder (vgl. z.B. HORVAT et al. 1974) sind also auch die Schneeheide-Kiefernwälder im norddinarischen Raum besonders reich mit spezifischen Kennarten ausgestattet und "verarmen" nach Norden und Westen hin zusehends. Eine gewisse Sonderstellung nehmen unter den aufgeführten präalpiden Erico-Pinetea-Kennarten die thermophilen Sträucher *Amelanchier ovalis* und *Cotoneaster tomentosus* ein, deren praealpides Areal stärker bis in den montanen Submediterranraum hineinragt, die innerhalb des Alpenraumes aber gleichfalls vorzüglich zur Charakterisierung der Erico-Pinetea geeignet sind.
GAMS (1930) betrachtet die praealpiden Kennarten der Erico-Pinetea als Reste des Artenbestandes spättertiärer Gebirgsföhrenwälder (Reliktföhrenwälder). Angesichts der auffallend engen Bindung der meisten Arten an Trockenstandorte unter mehr oder weniger warm-humiden Klimabedingungen entbehrt diese Vorstellung nicht einer gewissen Plausibilität.
Neben den oben genannten praealpiden Kennarten der Erico-Pinetea können im Areal der Klasse einige weitere subkontinental bis eurasiatisch verbreitete, typische Kiefernbegleiter (Tab. 15) zur Charakterisierung herangezogen werden. Erweitert man den Blick über den norddinarisch-alpischen Gebirgsraum hinaus, so kann diesen Arten allerdings nurmehr ein Differentialartenstatus zugesprochen werden.
Unter den Kennarten der Erico-Pinetea gilt es zu unterscheiden zwischen ubiquitären, fast flächendeckend verbreiteden Arten wie *Erica herbacea*, *Buphthalmum salicifolium* und *Polygala chamaebuxus* und solchen mit engerer bzw. sehr enger soziologischer und ökologischer Amplitude (Tab. 16).
Bei letzteren handelt es sich bezeichnenderweise durchweg um besonders konkurrenzschwache, kleinwüchsige Lückenbüßer, die aufgrund ihres zumeist reliktischen Charakters die natürlichen Überdauerungszentren von Schneeheide-Kiefernwäldern besonders gut widerspiegeln. Ähnliches gilt auch für einige Arten mit deutlich weiterer ökologischer Amplitude wie *Festuca amethystina*. Dagegen können die sehr häufigen, ubiquitären Kennarten, wie z. B. *Polygala chamaebuxus*, im Untersuchungsgebiet keinerlei Hinweise auf den Reliktcharakter von Erico-Pinion-Beständen liefern, da sie auch in sehr starkem Maße auf klimaxnahe Schlußwaldgesellschaften übergreifen und nahezu allgegenwärtig sind.

5.2.2 Begleitarten aus anderen soziologischen Einheiten

Neben diesen regionalen und überregionalen Kennarten, die im Untersuchungsgebiet und darüber hinaus eine sehr enge oder doch schwerpunktmäßige Bindung an Schneeheide-Kiefernwälder zeigen, findet man in diesem Vegetationstyp eine Vielzahl von Arten, die ökologisch und soziologisch teilweise recht gegensätzlichen Vegetationstypen entstam-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 15

Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder.

Praealpide montane Trockenflorenelemente (überregionale Kennarten)		
Erica herbacea	*Rhamnus saxatilis*	*Coronilla vaginalis*
Polygala chamaebuxus	*Festuca amethystina*	*Daphne cneorum*
Buphthalmum salicifolium	*Thesium rostratum*	*Amelanchier ovalis*
Aquilegia atrata	*Leontodon incanus*	*Cotoneaster tomentosus*
Eurasiatisch / subkontinentale Kiefernbegleiter (regionale Kennarten)		
Viscum laxum	*Epipactis atrorubens*	*Goodyera repens*
Viola collina	*Asperula tinctoria*	*Dicranum polysetum*
Carex ericetorum	*Viola rupestris*	*Peucedanum oreoselinum*

Tabelle 16

Ökologische und soziologische Amplitude der Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet

Ubiquitäre Kennarten mit breiter Amplitude:	**Kennarten mit engerer Amplitude:**	**Kennarten mit sehr enger Amplitude (Konkurrenzschwache Lückenbüßer):**
Erica herbacea	*Festuca amethystina*	*Leontodon incanus*
Polygala chamaebuxus	*Viscum laxum*	*Thesium rostratum*
Buphthalmum salicifolium	*Amelanchier ovalis*	*Coronilla vaginalis*
Epipactis atrorubens	*Peucedanum oreoselinum*	*Dorycnium germanicum*
Aquilegia atrata	*Asperula tinctoria*	*Daphne cneorum*
	Goodyera repens	*Carex ericetorum*
	Dicranum polysetum	*Viola rupestris*
	Viola collina	
	Rhamnus saxatilis	
	Cotoneaster tomentosus	

men. Aus den benachbarten Offenlandvegetationstypen dringen als überaus bezeichnende Begleiter insbesondere Arten der Kalkmagerrasen tieferer Lagen (Festuco-Brometea), der alpinen Kalkrasen (Seslerietea), der thermophilen Staudenfluren (Trifolio-Geranietea) und der thermophilen Gebüsche (Berberidion) ein.

In standörtlich extremen oder initialen Ausbildungsformen sind ferner auch verbreitet Arten der Steinschuttfluren (Thlaspietea rotundifolii) und der Kalkfelsspaltengesellschaften (Potentilletalia caulescentis) zu finden.

Dagegen konzentrieren sich Arten aus den zonalen Waldgesellschaften der Fallaubwälder (Querco-Fagetea) und der Sauerhumus-Nadelwälder (Vaccinio-Piceetea) vor allem auf reifere oder standörtlich weniger extreme Ausbildungen, greifen in schwächerem Maße aber auch auf fast alle anderen Bestandestypen über. Sehr spezifisch für die Bestände der kühl-feuchten nördlichen Randalpen ist ferner das vermehrte Auftreten einiger Arten der Pfeifengras-Streuwiesen (Molinion), die ihren natürlichen Ursprung sicherlich teilweise in Kiefernwäldern haben und erst unter dem Einfluß des Menschen die durch sie charakterisierten Grünlandgesellschaften aufbauen konnten.

Wie im Nachfolgenden noch deutlich werden wird, umfassen die floristischen Einstrahlungen aus diesen Vegetationstypen keinesfalls deren gesamtes Artenspektrum, sondern konzentrieren sich im wesentlichen auf einige wenige spezifische Arten, die dann aber meist mit hoher Stetigkeit auftreten und wie *Carex humilis, Brachypodium rupestre* und *Sesleria varia* teilweise sogar einen hohen Bauwert für die Erico-Pinetea-Gesellschaften besitzen können. Eine natürliche Heimstatt innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder dürften aus den genannten Rasen- und Staudengesellschaften, die in Mitteleuropa von Natur aus reliktische Vegetationstypen darstellen, somit nur vergleichsweise wenige spezifische Arten haben, keinesfalls aber das Gros des Artenpools dieser Vegetationstypen.

Eine über das oben geschilderte Maß wesentlich hinausgehende verstärkte Anreicherung mit Rasen-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

und Saumarten erfolgt in der Regel nur bei stärkerer Nutzungsbeeinflussung durch Waldweide oder Streumahd. Dies sei an dieser Stelle nochmals ausdrücklich betont, um dem Einwand entgegenzutreten, bei Schneeheide-Kiefernwäldern handele es sich lediglich um kiefernüberstellte und durch einige reliktische praealpide Sippen ergänzte Rasengesellschaften. Dies trifft in der Tat für zahlreiche Sekundärbestände des schwäbisch-fränkischen Jurazuges (z. B. WITSCHEL 1981, HEMP 1995) zu, nicht aber für den natürlichen Kern der Schneeheide-Kiefernwälder im Alpenraum, wo die Zahl der Arten aus anderen soziologischen Einheiten die Anzahl der Kennarten der Erico-Pinetea in der Regel nie in nennenswerter Weise übersteigt. Noch deutlicher wird die floristische Eigenständigkeit der Schneeheide-Kiefernwälder gegenüber anderen Vegetationsklassen, wenn man als weitere Kriterien Abundanz, Dominanz und Stetigkeit der bezeichnenden Kennarten heranzieht.

Trotz der oben gemachten Einschränkungen haben Schneeheide-Kiefernwälder eine große Bedeutung als Überdauerungszentren konkurrenzschwacher, heliophiler Arten aus Offenlandökosystemen inmitten der mitteleuropäischen Waldlandschaft. Als herausragende Beispiele seien hier stellvertretend das völlig isolierte Auftreten der südalpischen *Carex baldensis* am Ofenberg bei Grießen und im Friedergrieß oder die sehr naturnahen Vorkommen von *Gladiolus palustris* in offenen Rasenlücken (Foto 21) der Schneeheide-Kiefernwälder der bayerischen Randalpen genannt. Besonders groß ist der Reichtum an Reliktarten in Bereichen, wo durch morphodynamische Prozesse während des gesamten Holozäns immer wieder offene, konkurrenzarme Standorte geschaffen wurden. So zeigt z. B. *Daphne cneorum* in Südbayern eine fast ausschließliche Bindung an derartige Standortkomplexe.

5.3 Spezielle Chorologie, Aut- und Synökologie der Schneeheide-Kiefernwaldflora

Zum tieferen kausalen Verständnis der floristischen Struktur der Schneeheide-Kiefernwälder erscheint es vorab notwendig, einige Arten bzw. Artengruppen einer genaueren Betrachtung hinsichtlich Chorologie und Ökologie sowie der daraus resultierenden Vergesellschaftung zu unterziehen. Dabei wird zunächst nach vorwiegend ökologischen, funktionalen und morphologischen Kriterien eine Unterscheidung in folgende wichtige Gruppen innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder getroffen:

- bestandsbildende "Matrix"- Arten
- Fels- und Rohbodenpioniere
- konkurrenzschwache, kleinwüchsige Lückenbesiedler
- ubiquitäre Arten mit breiter ökologischer und soziologischer Amplitude
- "anspruchsvolle", meist hochschaftige Mesophyten und Laubwaldarten
- Sauerhumusbesiedler

5.3.1 Bestandsbildende Arten der Bodenvegetation (Matrixarten)

Als bestandsbildende Matrixarten der Bodenvegetation spielen *Erica herbacea, Carex humilis* und die drei Hochgräser *Calamagrostis varia, Molinia caerulea* agg. und *Brachypodium rupestre* in nordalpischen Schneeheide-Kiefernwäldern eine herausragende Rolle. Diese Matrixarten kommen zwar oft nebeneinander vor, haben aber eine ausgeprägte Tendenz zur Ausbildung von Dominanzbeständen einer einzelnen Art bzw. Artengruppe.

Die jeweils dominierenden Arten schaffen dabei in Anbetracht ihrer beträchtlich voneinander abweichenden Morphologie und Physiologie sehr verschiedenartige Milieus, die in entscheidendem Maße die floristische Gesamtkomposition der jeweiligen Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönose beeinflussen.

5.3.1.1 *Erica herbacea*

Das Areal der Schneeheide deckt sich weitgehend mit dem der nach ihr benannten Wälder. Als präalpiner Endemit ist sie im nördlichen Apennin und von den mittleren Dinariden über den gesamten Alpenzug bis in die französischen Westalpen verbreitet (MEUSEL et al. 1978). Schwerpunkte der Verbreitung innerhalb der Alpen bilden die vorwiegend aus Kalken aufgebauten nördlichen und südlichen Randketten. In den silikatischen Zentralalpen kommt die Schneeheide nur sehr zerstreut vor und fehlt über weite Strecken sogar gänzlich.

Ähnliches gilt für die Westalpen, wo *Erica herbacea* westlich des Genfer Sees nur einzelne isolierte Arealsplitter besitzt wie etwa in der Haute Maurienne (BRAUN-BLANQUET 1961). Bezogen auf Bayern und Nordtirol ist die Art in den mittleren Nördlichen Kalkalpen praktisch flächendeckend vertreten (Abb. 6).

Entlang der größeren Alpenflüsse wie Iller, Lech und Isar reicht sie weit ins Alpenvorland bis zur Donau hinaus. Im direkten Zusammenhang mit den Vorkommen entlang der Alpenflüsse steht sicherlich der Arealsplitter im südlichsten Frankenjura im Bereich der Weltenburger Enge, wo bezeichnenderweise zugleich auch Vorkommen von *Thesium rostratum, Festuca amethystina* und *Daphne cneorum* bestehen. Abgesehen von den Tumuli- und Drumlinlandschaften südlich Andechs und der Magnetsrieder Hardt fehlt *Erica herbacea* aber im Gegensatz etwa zu *Polygala chamaebuxus* und *Buphthalmum salicifolium* abseits der alpenbürtigen Flüsse der Jungmoränenlandschaft des Alpenvorlandes praktisch vollständig. Weit abgesetzt von den südbayerischen Vorkommen besitzt *Erica herbacea* im Oberpfälzer Wald, Fichtelgebirge und Vogtland ein isoliertes reliktisches Teilareal. Die Schneeheide ist dort in verschiedenen standörtlichen Ausbildungsformen bodensaurer Sandkiefernwälder des Leucobyo-Pinetum verbreitet, die entgegen früherer

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

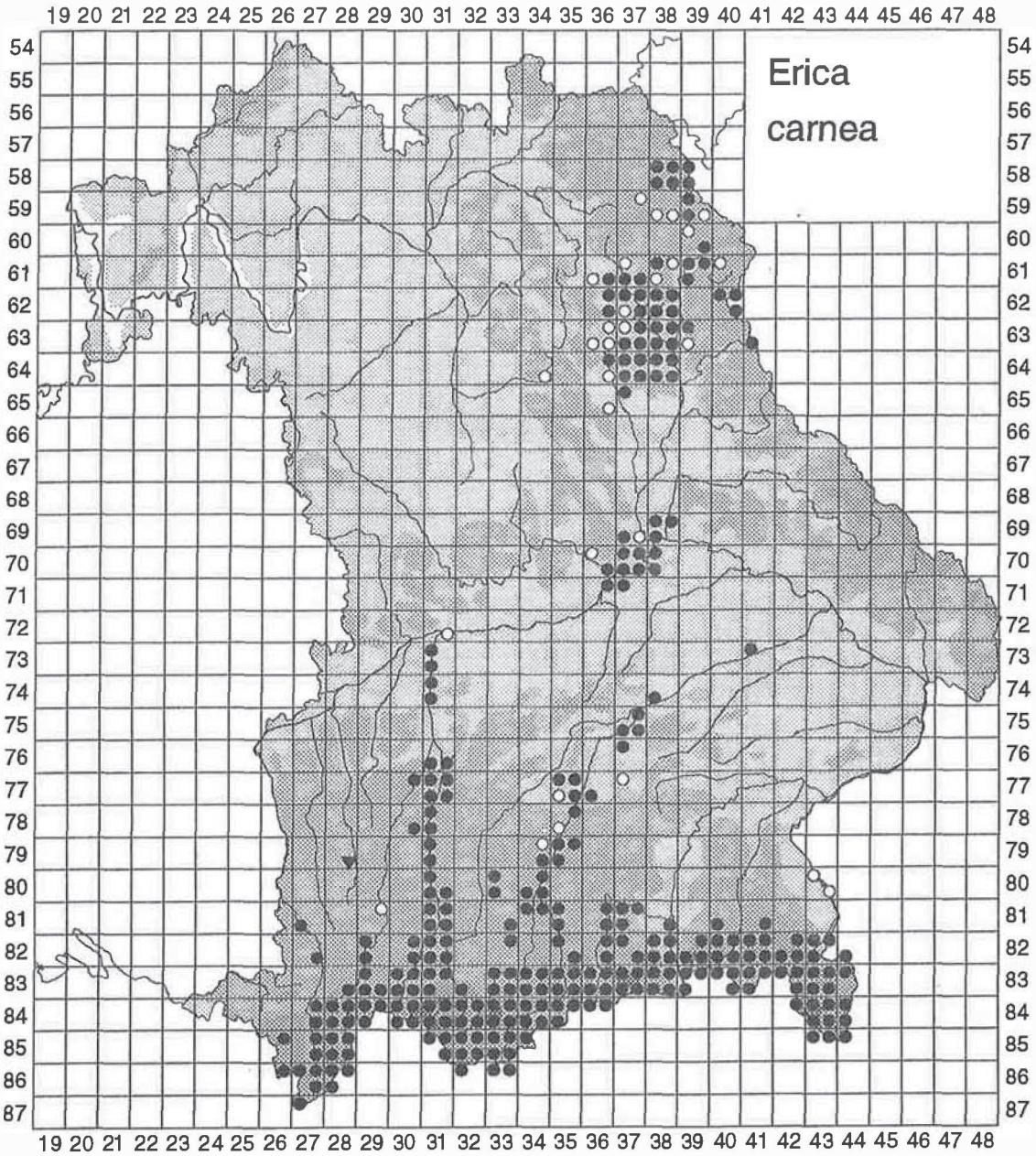


Abbildung 6

Verbreitung von *Erica herbacea* **(= carnea) in Bayern** (ZENTRALSTELLE FÜR DIE FLORISTISCHE KARTIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, Datenstand 1994).

Ansichten (OBERDORFER 1957) aus pflanzensoziologischer Sicht nichts mit den calcicolen Erico-Pinetea zu tun haben, sondern dem Dicrano-Pinion zuzurechnen sind (SCHEUERER mündl.).

Die Schwerpunktverbreitung in den kalkreichen Randketten der Alpen legt zunächst die Vermutung nahe, daß es sich bei der Schneeheide um eine kalkliebende Art handelt.

Eine genauere Betrachtung der standörtlichen Einnischung zeigt aber, daß *Erica herbacea* hinsichtlich ihrer Ansprüche an die Bodenreaktion absolut vag ist. Neben mächtigen sauren Tangelhumus-Polstern über Karbonatgestein werden auch trockene Standorte über sauren Silikatgesteinen besiedelt (vgl. SCHWEINGRUBER 1972).

Die von CAJANDER (1909), PUTZER (1967) und ZIMMERMANN (1981) beschriebenen Schneeheide-reichen Silikatföhrenwälder der östlichen Zentralalpen haben allerdings ebenfalls nichts mit den Erico-Pinetea zu tun, sondern sind wie die bereits erwähnten nordbayerischen Bestände dem Dicrano-Pinion zuzurechnen.

Der Umstand, daß die Schneeheide auf Silikatstandorten deutlich seltener in Erscheinung tritt ist wohl in erster Linie darin begründet, daß auf silikatischem Substrat ausgesprochene Trockenstandorte

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

weniger weit verbreitet sind als auf Karbonatgesteinen. Sehr bezeichnend ist *Erica herbacea* ferner für ultrabasische Serpentingesteine, wohin ihr nur ausgesprochene "Serpentin-Pflanzen" zu folgen vermögen. Serpentin-Schneeheide-Kiefernwälder sind beispielsweise großflächig in Bosnien und Westserbien RITTER-STUDNICKA (1967, 1970), HORVAT et al. (1974) und kleinflächig auch in der Steiermark (EGGLER 1955) und in Nordbayern (GAUCKLER 1954) verbreitet. Diese Beispiele verdeutlichen, daß *Erica herbacea* hinsichtlich des Chemismus der von ihr besiedelten Böden praktisch keine Grenzen gesetzt sind; vielmehr erweist sie sich hinsichtlich der Nährstoffversorgung ihrer Standorte als absolut anspruchslose Art, die selbst extremsten Streßsituationen (Serpentin) gewachsen ist.

Hinsichtlich der Ansprüche an den Wasser- und Wärmehaushalt ihrer Standorte kann *Erica herbacea* keinesfalls als ausgesprochen xerothermophile Art angesprochen werden, eher im Gegenteil. Sie besiedelt zwar schwerpunktmäßig edaphische und mikroklimatische Trockenstandorte, diese liegen aber stets in einem mehr oder weniger stark humiden Klima mit ausgeprägtem Sommermaximum der Niederschläge. So ist der weitgehende Ausfall der Schneeheide in den niederschlagsärmsten Trockentälern der West-alpen wohl primär in der ausgesprochenen Sommertrockenheit dieser Gebiete zu suchen (BRAUN-BLANQUET 1961). Daß die Schneeheide allzu große Trockenheit und Wärme meidet, wird auch bereits im Tiroler Oberinntal deutlich, wo sie im Gegensatz zu den feuchteren Randalpen die offenen, prallsonnigen Trockenrasen weitgehend meidet und nur unter dem schützenden Schirm der Kiefer zu optimaler Entfaltung gelangt. Dagegen steigt sie auf Südhängen als fast einzige Erico-Pinion-Art sehr häufig und verbreitet bis an die obere Grenze der kühl-feuchten subalpinen Wald- und Gebüschstufe auf.

Entsprechend ihrer vergleichsweise großen ökologischen Amplitude bleibt *Erica herbacea* keinesfalls auf die nach ihr benannten Waldgesellschaften beschränkt. Auf südseitigen Dolomit- und Hartkalkstandorten ist sie in den nördlichen Kalkalpen eine regelmäßige Erscheinung. Außer in Schneeheide-Kiefernwäldern findet man sie sehr häufig und großflächig in montanen und subalpinen Blaugras-Horstseggenrasen (z.B. EGGENSBERGER 1994) und in lückigen, sonnseitigen Latschengebüschen (z.B. MICHIELS 1993).

Daneben greift sie aber auch auf trockene Ausbildungen präalpider Buchenwälder, montane Blockschutt-Fichtenwälder (Asplenio-Piceetum) und subalpine Kalkfichtenwälder (Adenostylo glabrae-Piceetum) über (z.B. FELDNER 1978, STORCH 1983). Das Auftreten von *Erica herbacea* in trockenen Ausbildungen dieser Schlußwaldgesellschaften wird vielfach durch waldweide- oder wildverbißbedingte Verlichtung gefördert. Limitierender Faktor für das Auftreten ist in erster Linie der Lichtgenuß.

Gegenüber mechanischer Beanspruchung durch intensiven Viehtritt, Schneedruck, Bodenbewegung, Steinschlag und flacher Überschüttung ist die Schneeheide sehr empfindlich, worauf bereits SCHWEINGRUBER (1972) hinweist. In den Erico-Pinion-Wäldern der Randalpen gelangt die Schneeheide nur dort zu stärkerer Massenentfaltung, wo die oben angeführten Faktoren weitgehend ausgeschaltet sind wie z.B. auf Hangverebnungen und vor allem auf ebenen Auenterrassen. Die stärker ausgeprägte Schneedynamik ist wohl mit verantwortlich dafür, daß die Schneeheide in steilen Hanglagen der Randalpen kaum nennenswerte Deckungsgrade erreicht.

Das teilweise reliktische, in zahlreiche Inseln zersplitterte Areal spricht zunächst nicht für ein besonders gutes Ausbreitungsvermögen der Schneeheide. Demgegenüber steht die häufig gemachte Beobachtung, daß *Erica herbacea* sich überraschend schnell auf offenen Pionierstandorten wie Straßenböschungen, jungen Flußschotterterrassen oder Mergelrutschflächen einzustellen vermag. Die massenhaft produzierten, sehr kleinen und leichten Samen (nach HEGI 0,3 mg) werden offensichtlich leicht durch den Wind verfrachtet und ermöglichen es der Schneeheide vergleichsweise rasch, geeignete Standorte zu besiedeln. Doch darf, wie die räumlich eng begrenzte Verbreitung im Alpenvorland zeigt, die Fähigkeit zur Fernausbreitung der Schneeheide nicht überschätzt werden, da auch bei anemochoren Arten erfahrungsgemäß über 90 % der Samen im Umkreis von 15 m um die Mutterpflanze zu Boden fallen (FISCHER 1987).

Als aklonaler, verholzender Zwergstrauch (Maximalalter nach HEGI 33 Jahre) ist *Erica herbacea,* ähnlich wie andere Chamaephyten (z.B. *Calluna vulgaris*), auf eine regelmäßige generative Bestandesverjüngung durch Samen angewiesen (vgl. PFADENHAUER 1993). Zur Keimung werden die Samen der Schneeheide primär durch einen hohen Lichtgenuß stimuliert (HEGI). Besonders günstige Keimungs- und Etablierungsbedingungen bestehen daher im Bereich offener Störstellen und Rohböden, während bei dicht deckender Bodenvegetation und verdämmenden Streudecken, wohl ähnlich wie bei anderen Ericaceen (*Calluna vulgaris*), die generative Erneuerung sehr stark beeinträchtigt wird (vgl. PFADENHAUER 1993). Gestützt wird diese Annahme durch die Beobachtung, daß in störstellenarmen Beständen mit flächig entwickelten organischen Auflagen (mächtiger lockerer Trockenmoder, Streufilzdecken), oft eine Überalterung der Schneeheide festzustellen ist, welche im Extremfall bis zum fast völligen Ausfall führen kann. Ähnlich wie bei *Calluna vulgaris* in den norddeutschen Sandheiden wurde in der Vergangenheit die generative Erneuerung der Schneeheide durch das im Tiroler Inntal häufig praktizierte Abplaggen und Streurechen deutlich gefördert. In kleinerem Maßstab gilt dies aber sicher auch für Störungen wie sie durch Viehtritt, Schneeschurf etc. entstehen. Das oftmals re-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

gressive Vorkommen der Schneeheide in hochgrasdominierten Beständen ist neben der direkten Konkurrenz durch die Gräser wohl vor allem auch in der Vereitelung einer generativen Vermehrung durch den Aufbau dichter Grasstreufilzdecken begründet.

Zu absoluter Dominanz innerhalb der Erico-Pinion-Gesellschaften des Untersuchungsgebietes gelangt die Schneeheide nur im Tiroler Inntal, während sie in den Randalpen auf frischeren Standorten von den Hochgräsern und auf trockeneren Standorten von der Erdsegge in der Regel in die Rolle eines Lückenbesiedlers gedrängt wird.

Durch ihre schwerzersetzliche Streu begünstigt *Erica herbacea* bei dominantem Auftreten in hohem Maße die Entstehung von Trockenmoderauflagen (Foto 13). Der Aufbau lockerer, voluminöser Trockenmoderauflagen ist gleichzeitig der Hauptmechanismus, der zur Verdrängung kleinwüchsiger, konkurrenzschwacher Lückenbüßer führt. Andererseits wird dadurch das Auftreten von Moderhumuszehrern (*Goodyera repens*) und Sauerhumusmoosen begünstigt, wobei letztere bei besonders üppigem Wachstum die Schneeheide selbst in erhebliche Bedrängnis bringen können.

5.3.1.2 Carex *humilis*

Als bestandesbildende Matrixart spielt die auf Trockenstandorten vom submediterranen Raum bis in die Steppen des Kaukasus und Mittelrußlands verbreitete Erdsegge (*Carex humilis*) in Erico-Pinion-Wäldern neben der Schneeheide und den noch zu besprechenden Hochgräsern eine herausragende Rolle. Optisch und quantitativ tritt die Art vor allem in standörtlich extremen, trocken-flachgründigen Ausbildungen der Schneeheide-Kiefernwälder hervor (Foto 14). Dabei handelt es sich um Standorte, auf die ihr die konkurrierenden Matrixarten nicht oder nur mit stark verminderter Vitalität zu folgen vermögen.

Gegenüber *Erica herbacea* kann sich *Carex humilis* vor allem auf instabilen Standorten durchsetzen, die einer latenten oberflächlichen Überformung durch Schuttkriechen, Steinschlag und Schneedynamik unterliegen. Derartigen stärkeren mechanischen Belastungen ist die Schneeheide aufgrund ihrer zugempfindlichen Triebe nur in sehr geringem Maße gewachsen. Dabei handelt es sich häufig zugleich um schwach überschirmte Steillagen mit extremen täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen, auf denen die Schneeheide sowohl durch winterliches Zurückfrieren (Schneearmut) als auch durch extremen sommerlichen Hitzestreß (insbesondere im Inntal) in ihrer Vitalität zusätzlich erheblich beeinträchtigt wird (vgl. auch BRAUN-BLANQUET 1954, SCHWEINGRUBER 1972). Eine deutliche Förderung gegenüber der Schneeheide erfährt *Carex humilis* auch durch Freistellung, worauf *Erica herbacea* unter den klimatischen Bedingungen des Oberinntals mit einem deutlichen Vitalitätsverlust reagiert. Andererseits ist die Erdsegge im schattigeren Bestandesinnern nahezu hoffnungslos der Konkurrenzkraft der Schneeheide unterlegen. Durch den Aufbau mächtiger, lockerer Trockenmoderauflagen isoliert *Erica herbacea* die Erdsegge mit zunehmendem Alter immer stärker von der Mineralbodenoberfläche und "erstickt" sie regelrecht mit ihrem Bestandesabfall.

Konkurrenzvorteile gegenüber den wuchskräftigen Hochgräsern genießt die Erdsegge wiederum vor allem aufgrund ihrer ausgeprägten Trocken- und Hitzestreßtoleranz auf besonders flachgründigen und feinerdearmen Standorten. Erstaunlicherweise fehlt Carex humilis aber selbst unter üppig und flächenhaft entwickelten Hochgrasbeständen (*Molinia caerulea* agg.) auf vergleichsweise frischen Hangstandorten praktisch nie und tritt teilweise sogar in beachtlicher Menge auf. Dies ist zunächst sehr erstaunlich, da die kleinwüchsige, konkurrenzschwache Erdsegge neben der intensiven Wurzelkonkurrenz und der sommerlichen Beschattung durch die Hochgräser auch noch eine mehr oder weniger flächenhafte Abdeckung durch die dichten Steufilzdecken aus dem Bestandesabfall der Hochgräser ertragen muß.

Von entscheidender Bedeutung für dieses bemerkenswerte Beharrungsvermögen der Erdsegge unter dominierenden Hochgräsern in den Hanglagen der Randalpen ist sicher die phänologische Einpassung in den Entwicklungszyklus der Hochgräser. Aufgrund ihrer Unempfindlichkeit gegenüber starken Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht kommt die Erdsegge auf den früh ausapernden Südhanglagen oft bereits im März zur Blüte und setzt mit der Stoffproduktion ein.

Die durch winterliche Schneeauflast komprimierten Streumatten der Hochgräser vermag sie dabei weitgehend problemlos zu durchstoßen. Bis zur verstärkten Massenentfaltung der Hochgräser, die meist erst ab Ende Mai einsetzt und erst im August ihr Maximum erreicht, stehen *Carex humilis* somit mindestens 2 Monate zur Verfügung, in denen sie praktisch vollständig von der Beschattung durch die Hochgräser verschont bleibt. Eine ähnliche Strategie verfolgen im übrigen auch andere vergleichsweise kleinwüchsige Arten wie etwa *Erica herbacea*, *Polygala chamaebuxus* und *Sesleria varia*.

Eine deutliche Förderung hat *Carex humilis* in der Vergangenheit zweifelsohne durch die über Jahrhunderte in Schneeheide-Kiefernwäldern betriebene Waldweide erfahren. Neben einer allgemeinen Bestandesauflichtung wurde die Erdsegge dabei insbesondere durch eine Zurückdrängung der gegenüber Fraß und Tritt wesentlich empfindlicheren konkurrierenden Hochgräser stark begünstigt und konnte ihre lokalen Areale, ausgehend von Primärvorkommen, sicher erheblich erweitern. Die Erdsegge reagiert im Gegensatz zu den Hochgräsern auf starken Fraß und Tritt ausgesprochen unempfindlich und wird durch Weideselektion indirekt sogar gefördert. So ist in den wenigen heute noch beweideten

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Schneeheide-Kiefernwaldkomplexen häufig zu beobachten, daß die vom Weidevieh weitgehend verschmähte Erdsegge gerade in den am schärfsten beweideten Bereichen zur alleinigen Dominanz gelangt. Angesichts der Förderung, die die Erdsegge durch Beweidung erfährt, ist es naheliegend, die heutige weite Verbreitung innerhalb vergleichsweise mesophiler, hochgrasdominierter Einheiten als ein Relikt früherer intensiver Beweidung zu werten (LORENZ 1993). Gleichwohl zeigt *Carex humilis* aber auch unter vergleichsweise mesophilen Standortbedingungen ein erstaunliches Beharrungsvermögen (Persistenz), so daß mit einem vollständigen Verschwinden der Art nach Nutzungseinstellung kaum zu rechnen ist.

Ein der Erdsegge vergleichbares Verhalten zeigen in den Beständen der Randalpen *Sesleria varia* und *Carex sempervirens*, die auf flachgründigen Standorten und bei stärkerer Beweidung gleichfalls bisweilen aufbauenden Wert für die Bodenvegetation erlangen.

Als myrmecochore (ameisenverbreitete) Art verfügt *Carex humilis* nur über ein sehr eingeschränktes Ausbreitungsvermögen (KRAUSE 1940, MÜLLER-SCHNEIDER 1986). Aufgrund ihrer geringen Ausbreitungstüchtigkeit gilt sie daher als recht sicherer Indikator primärer Xerothermstandorte (OBERDORFER 1983). So ist *Carex humilis* z.B. in sekundären Halbtrockenrasen des Jurazugs in der Regel nur dann anzutreffen, wenn diese in direktem Kontakt zu primären Trockenstandorten auf Felsen etc. stehen (WITSCHEL mündl.). Diese außerhalb der Alpen gewonnenen Erfahrungen können auch für das Untersuchungsgebiet weitgehend bestätigt werden.

So erweist sich *Carex humilis* gerade im Bereich der Bayerischen Alpen als vorzügliche, hochstete Differentialart zur Abgrenzung des Erico-Pinion gegenüber den zonalen Gesellschaften der Fagetalia. Selbst in extrem stark verlichtete sonnseitige Bergmischwälder vermag die Art nur dort einzudringen, wo diese in direktem Kontakt zu Erico-Pinion-Phytozönosen stehen. Sind diese räumlichen Kontakte nicht gegeben, so fehlt *Carex humilis* großflächig praktisch vollständig, trotz vergleichbarer standörtlicher Bedingungen. Zu ähnlichen Befunden kommt auch GÖTZ (in Vorb.) bei ihrer Analyse der pflanzensoziologischen Struktur der Kalkmagerrasen im bayerischen Alpenraum.

Für die Interpretation des "Reliktcharakters" der Schneeheide-Kiefernwälder haben die auffälligen räumlichen Verbreitungsmuster der Erdsegge im bayerischen Alpenraum, die eine geringe Ausbreitungsfähigkeit der Art bestätigen, weitreichende Konsequenzen. So belegt das hochstete und häufige Auftreten der Erdsegge in den Erico-Pinion-Wäldern der mittleren Nördlichen Kalkalpen:

- die durchgängige Existenz und damit den Reliktcharakter von Erico-Pinion-Phytozönosen im Nahbereich fast sämtlicher Standorte, auf denen wir auch heute noch Schneeheide-Kiefernwaldbestände antreffen;
- die lange, Jahrhunderte bis Jahrtausende zurückreichende oder gar durchgängige Standorttradition von "Sekundärbeständen", deren Standortpotential bereits heute eindeutig anspruchsvollere Waldgesellschaften zuließe.

Gestützt werden diese Annahmen zusätzlich durch das Auftreten einer ganzen Reihe weiterer ausbreitungsuntüchtiger Reliktarten wie z.B. *Daphne cneorum* und *Festuca amethystina* oder völlig isolierter Inselpopulationen wie etwa der südalpischen Monte Baldo-Segge (*Carex baldensis*) und des thermophilen Backenklees (*Dorycnium germanicum*).

5.3.1.3 Hochgräser: Calama*grostis varia* / *Molinia caerulea* agg. / *Brachypodium rupestre*

Neben der Schneeheide und der Erdsegge haben im Untersuchungsgebiet die hochwüchsigen, vergleichsweise produktionsstarken Hochgräser *Calamagrostis varia*, *Molinia caerulea* agg. und *Brachypodium rupestre* eine herausragende Bedeutung als bestandesbildende Matrixarten der Bodenvegetation. Die drei genannten Hochgräser kommen sehr häufig in Mischung vor, wobei die Mengenanteile der einzelnen Arten erheblich variieren können. Aufgrund der weitreichenden ökologischen und morphologischen Konvergenz werden die einzelnen Arten hier nicht getrennt behandelt sondern zusammenfassend als Gruppe der Hochgräser. Auf artspezifische Unterschiede im ökologischen Verhalten wird aber gleichwohl eingegangen.

Der Herrschaftsbereich der Hochgräser innerhalb der nordalpischen Schneeheide-Kiefernwaldgesellschaften liegt eindeutig in den niederschlagsreichen Randketten. Zwar treten insbesondere *Calamagrostis varia* und *Brachypodium rupestre* auch im Tiroler Oberinntal mit vergleichsweise hoher Stetigkeit auf, doch spielen sie im Vergleich zur dort unumschränkt dominierenden Schneeheide mengenmäßig eine völlig untergeordnete Rolle. Das in den Randalpen fast allgegenwärtige Pfeifengras (*Molinia caerulea* agg.) bleibt im Oberinntal in geringer Menge streng auf betont lehmig-tiefgründige oder etwas sickerfeuchte Standorte beschränkt. Die Gründe für das starke Zurücktreten der Hochgräser zugunsten der Schneeheide sind wohl fast ausschließlich klimatischer Natur (geringere Niederschläge, höhere Jahresmitteltemperatur). Dies wird u.a. daran deutlich, daß mit steigender Meereshöhe und damit zunehmenden Niederschlägen bei gleichzeitig abnehmender Jahresmitteltemperatur die mengenmäßige Bedeutung der Hochgräser auch im Oberinntal merklich zunimmt. Dagegen treten sie auf den betont trocken-warmen Standorten der untersten Talstufe in besonders starkem Maße zurück und fehlen oft sogar vollständig. Die größere klimatische Trockenheit und der angespannte Wasser-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

haushalt vieler Standorte gerade während der Hauptentwicklungszeit im Sommer sind wohl die maßgeblichen Faktoren, die die Hochgräser entscheidend in ihrer Vitalität und Konkurrenzkraft gegenüber der Schneeheide hemmen.

In den kühleren und (sommer)-niederschlagsreicheren Randalpen finden die Hochgräser dagegen auf allen etwas feinerdereicheren Standorten günstige Wuchsbedingungen und gelangen oft zu unumschränkter, fazieller Dominanz. Lediglich auf ausgesprochen feinerdearmen Fels- und Schotterstandorten treten die Hochgräser zugunsten von Erdsegge (Hänge) und Schneeheide (Auen) quantitativ deutlich in den Hintergrund oder fehlen oft sogar vollständig (insbes. *Brachypodium rupestre* und *Molinia caerulea* agg.).

Die Vitalität und Dominanz der Hochgräser steigt generell mit zunehmender Niederschlagshöhe und wachsendem Feinerdegehalt und Verlehmungsgrad der Böden. Dies gilt in besonderem Maße für *Molinia caerulea* agg., der hygrophilsten der drei Hochgrasarten. So gelangt das Pfeifengras gerade in besonders niederschlagsreichen, meist alpenrandnahen Bereichen wie im vorderen Loisachtal, im Walchenseegebiet, im Isartal um Vorderriß und im Saalachtal südlich Bad-Reichenhall großflächig zu faziesbildender Dominanz (Foto 26), während die beiden anderen Arten mengenmäßig deutlich zurücktreten. Dagegen bleibt das faziesbildende Auftreten von *Molinia* im niederschlagsärmeren Garmisch-Mittenwalder-Becken und im westlich angrenzenden oberen Loisachtal in weitaus stärkerem Maße auf edaphisch besonders begünstigte Standorte wie Rinnen, Mulden und Hangverflachungen beschränkt. Diese Tendenz verstärkt sich bis ins Fernpaßgebiet nochmals deutlich (STARLINGER 1992). Generell verliert *Molinia* im sehr niederschlagsreichen Klima der Randalpen, ähnlich wie etwa auch *Galium boreale* oder *Potentilla erecta,* ihre Standortweiserfunktion als Indikator für betont wechselfeuchte bis wechseltrockene Böden und erweitert ihre edaphische Standortamplitude beträchtlich. Lediglich dominantes, fazielles Auftreten gibt sichere Hinweise auf einen deutlich frischeren Wasserhaushalt, nicht aber die alleinige Wertung der Präsenz der Art.

Im Gegensatz zu *Molinia caerulea* agg. lassen sich Dominanzbestände von *Calamagrostis varia* und *Brachypodium rupestre* kaum mit bestimmten standörtlichen Faktoren korrelieren. Lediglich bei der Steinzwenke deutet sich eine merkliche Begünstigung durch Beweidung an, da die Art sich in den Randalpen oft in sehr starkem Maße auf ehemals beweidete Sekundärbestände konzentriert, standörtlich extremen Primärbeständen dagegen in der Regel fehlt. Das Bunte Reitgras verhält sich als die Art unter den Hochgräsern mit der weitesten ökologischen und soziologischen Amplitude im Untersuchungsgebiet recht unspezifisch.

Die Dominanzverhältnisse zwischen den einzelnen Hochgrasarten werden offenbar nicht nur durch standörtliche Faktoren sondern in hohem Maße auch durch "Etablierungseffekte" und die jeweilige Bestandesgeschichte (Nutzung) beeinflußt, womit sich auch die teilweise recht standortunspezifischen Dominanzstrukturen erklären lassen.

Der Halbschatten der lichten Kiefernkronen beeinträchtigt die Hochgräser in keiner Weise. Vielmehr erreichen sie im Bestand in der Regel eine beträchtlich höhere Vitalität und Massenentfaltung als auf benachbarten, überschirmungsfreien Flächen. Dies gilt insbesondere für steile, flachgründige Hanglagen, wo bei ansonsten gleicher Konstellation der primären Standortfaktoren die Hochgräser auf der Freifläche im Vergleich zu benachbarten Kiefernbeständen oft einen drastischen Vitalitätsverlust erleiden. Begünstigt wird die Massenentfaltung der relativ großblättrigen, transpirationsintensiven Hochgräser bei trockenen primärstandörtlichen Verhältnissen durch die ausgeglicheneren mikroklimatischen Bedingungen innerhalb des Kiefernbestandes (vgl. Kap 8.2.).

In der Vergangenheit wurden die Hochgräser durch frühsommerliche Beweidung (Austriebszeit), die meist genau in die Austriebsphase fiel, zugunsten relativ kleinwüchsiger, verbißfester Arten wie *Carex humilis, Carex sempervirens* und *Sesleria varia* in starkem Maße beeinträchtigt. Insbesondere das Pfeifengras reagiert sehr empfindlich auf stärkeren Viehtritt, der zu einer Verletzung der keulig verdickten Sproßbasen führt. Nach Einstellung der Beweidung ist heute in vielen Beständen eine expansive Entwicklung der Hochgräser zu verzeichnen, die sich generell auf Kosten kleinwüchsiger Arten vollzieht.

Sehr empfindlich reagieren die Hochgräser auf Überschirmung durch stärker schattende Nadel- und Laubbäume wie Fichte, Mehlbeere oder Buche. Dabei fallen Pfeifengras und Steinzwenke besonders rasch aus, während das weniger lichtbedürftige Bunte Reitgras sich mit verminderter Vitalität länger zu halten vermag. An die Stelle der Hochgräser treten vor allem schattentolerante Kleinseggen wie *Carex montana* und insbesondere *Carex alba.*

Die oben beschriebenen lichtökologioschen Phänomene konnten anhand von Transektanalysen und parallelen Mikroklimamessungen sehr gut nachvollzogen werden (vgl. Kap. 8.).

Durch ihr häufig dominantes Auftreten prägen die Hochgräser entscheidend die Lebensbedingungen der übrigen Bodenpflanzen. Neben einer intensiven Wurzelkonkurrenz sind es vor allem die direkte Licht- und Raumkonkurrenz durch die üppige lebende und tote Blattmasse der Hochgräser, die die Existenzmöglichkeiten anderer Arten in hohem Maße beeinträchtigen. Insbesondere in üppig entwickelten *Molinia*-Dominanzbeständen reduziert sich die Zahl der Begleitarten oft drastisch und bedingt eine auffällige Artenarmut (Foto 26). Unter den Arten, die bei derartigen Bedingungen noch mit

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 17

Fels- und Rohbodenpioniere

allgemein verbreitet:	Schwerpunkt Felskiefernwälder der Randalpen:	Schwerpunkt randalpische Auen und Griese:
Globularia cordifolia *	*Primula auricula*	*Dryas octopetala*
Hieracium glaucum	*Carex mucronata*	*Saxifraga caesia*
*Achnatherum calamagrostis***	*Potentilla caulescens*	*Carex ericetorum*
Viola rupestris **	*Campanula cochleariifolia*	*Gypsophila repens*
	Rhamnus pumila	*Hieracium piloselloides*
	Kernera saxatilis	*Tolpis staticifolia*
	Asplenium ruta-muraria	*Gentiana utriculosa*
	Schistidium apocarpum	*Tortella inclinata*

* tendiert zur nachfolgenden Gruppe der kleinwüchsigen, konkurrenzschwachen Lückenbüßer
** Schwerpunkt Inntal

den Hochgräsern zu koexistieren vermögen, lassen sich zwei Strategietypen unterscheiden:

- relativ kleinwüchsige Arten wie *Carex humilis*, *Carex montana*, *Sesleria varia*, *Erica herbacea* und *Polygala chamaebuxus*, die sich durch eine jahreszeitlich sehr frühe Entwicklung und Blüte geschickt in den Lebenszyklus der relativ spät (ab Mai) austreibenden Hochgräser einpassen
- hochschaftige Arten wie *Carex flacca*, *Anthericum ramosum*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Origanum vulgare*, *Carduus defloratus*, *Cephalanthera longifolia* u. a., die in ihrer Höhenentwicklung mit den Hochgräsern zu konkurrieren vermögen.

Aber auch derartig angepaßte Arten fristen unter besonders üppig entwickelten Hochgräsern ein recht kümmerliches Dasein und werden vielfach in die Rolle von "Lückenbüßern" gedrängt. Mit abnehmender Hochgrasdominanz verbessern sich die Existenzmöglichkeiten für relativ kleinwüchsige Arten deutlich, wovon zunächst insbesondere mittelhohe Arten wie etwa *Carex sempervirens*, *Lotus corniculatus* oder *Prunella grandiflora* profitieren.

Von großer ökologischer Bedeutung sind, wie schon mehrfach angedeutet, die dichten Streufilzdecken aus der vorjährigen Nekromasse der Hochgräser. Aufgrund ihrer oft flächenhaften und lückenlosen Entwicklung tragen sie in Verbindung mit den ausgeglicheneren Mikroklimabedingungen innerhalb des Hochgrasbestandes in hohem Maße zur Nivellierung (extremer) kleinstandörtlicher ökologischer Nischen bei. Dadurch verlieren insbesondere kleinflächige offene, konkurrenzarme Rohbodenstellen ihren spezifischen standörtlichen Extremcharakter. Diese Entwicklung führt in geschlossenen Hochgrasbeständen zu einem fast vollständigen Ausfall konkurrenzschwacher, kleinwüchsiger Lückenbesiedler wie *Teucrium montanum*, *Coronilla vaginalis*, *Leontodon incanus* u. a., die durch die flächige Entwicklung der Streudecken keine für sie geeigneten Kleinstandorte mehr vorfinden.

Ebenso betroffen sind aber auch Arten, die zur Keimung auf direkten Mineralbodenkontakt angewiesen sind, wie etwa die Kiefer selbst, deren natürliche Verjüngung dementsprechend in hochgrasdominierten Beständen großflächig zum Scheitern verurteilt ist (vgl. Kap. 9.2.). Aber auch alle übrigen Gehölze werden in der Keimungs- und Etablierungsphase hochgradig durch die dichten Steufilzdecken und die massive Wurzelkonkurrenz der Hochgräser beeinträchtigt.

Im Gegenzug finden unter den ausgeglicheneren (luftfeuchteren) mikroklimatischen Bedingungen innerhalb des Grasbestandes großblättrige, transpirationsintensive Arten wie etwa *Knautia dipsacifolia* oder *Salvia glutinosa* sowie Streufilzdeckenbesiedelnde Moosarten wie *Scleropodium purum* und *Rhythidiadelphus triquetrus* bereits günstigere Existenzbedingungen.

5.3.2 Fels- und Rohbodenspezialisten

Die Gruppe der Fels- und Rohbodenspezialisten (Tab. 17) ist bezeichnend für die edaphisch extremsten und/oder pionierhaften standörtlichen Ausbildungen der Schneeheide-Kiefernwälder mit sehr schütterer oder fast gänzlich fehlender Bodenvegetation (Foto 4 und 14). Bei den Vertretern dieser Gruppe handelt es sich um ausgesprochen lichtbedürftige, sehr konkurrenzschwache und zumeist kleinwüchsige Streßstrategen. Alle diese Arten zeigen eine enge oder sogar ausschließliche Bindung an offene, konkurrenzarme Rohböden und verfügen oft über ausgesprochene Pioniereigenschaften. Bereits in mehr oder weniger geschlossenen, aber immer noch niederwüchsigen und lückigen Rasen vermögen sie kaum mehr zu existieren und unterliegen der Konkurrenz anderer Arten. Auffallend groß ist in dieser Gruppe der Anteil von Vertretern der alpinen Felsrasen, Felsspalten- und Schuttgesellschaften, die hier teilweise extraetageale Vorposten in der Montanstufe besitzen (z.B. *Saxifraga caesia*), während Arten, die entsprechend konkurrenzarme Standorte in tieferen Lagen besetzen (insbesondere Sedo-Scleranthetea-Arten) fast vollständig fehlen.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 18

Kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lückenbesiedler

allgemein verbreitet:	Schwerpunkt Randalpen:
Teucrium montanum *Leontodon incanus* *Thymus praecox* * *Dorycnium germanicum* * * Schwerpunkt Inntal ** tendieren zur nachfolgenden Gruppe	*Thesium rostratum* *Coronilla vaginalis* *Linum catharticum* *Hippocrepis comosa* *Euphrasia salisburgensis* *Carex baldensis* *Daphne cneorum* *Thymus polyrichus* ** *Thesium alpinum* **

An nichtalpischen Sippen sind lediglich Heidesegge (*Carex ericetorum*) und Sandveilchen (*Viola rupestris*) regelmäßig anzutreffen, Arten also, die bezeichnenderweise auch im Bereich der osteuropäischen Sandkiefernwälder eine deutliche Affinität zur Kiefer aufweisen (vgl. z. B. MATUSZKIEWICZ 1962). Als ausgesprochen thermophile Art ist in dieser Gruppe im Grunde nur das Rauhgras (*Achnatherum calamagrostis*) zu bezeichnen, das insbesondere in den Schneeheide-Kiefernwäldern des Tiroler Inntales sehr stark in Erscheinung tritt. Entsprechend ihrer im Einzelfall durchaus voneinander abweichenden edaphischen und klimatischen Ansprüche haben die einzelnen Arten jeweils bestimmte standörtliche und regionale Verbreitungsschwerpunkte.

5.3.3 Konkurrenzschwache, kleinwüchsige Lückenbesiedler

Im Gegensatz zu den auf extrem offene, fast gänzlich konkurrenzfreie Standorte angewiesenen Fels- und Rohbodenspezialisten vermögen sich die Vertreter dieser Gruppe (Tab. 18) auch noch in mehr oder weniger geschlossenen Vegetationsbeständen zu halten. Voraussetzung hierfür ist aber angesichts der Kleinwüchsigkeit und Konkurrenzschwäche der Arten, daß die umgebende Matrixvegetation nicht wesentlich höher entwickelt ist als sie selbst und/oder immer noch eine gewisse Lückigkeit aufweist (Foto 25). Diese Bedingungen werden insbesondere in *Carex humilis*- und lückigen *Erica herbacea*-Beständen erfüllt. Besonders empfindlich reagieren diese Arten auf eine stärkere Abdeckung durch Streuauflagen und üppig entwickelte Moosdecken.

Ähnlich wie die Fels- und Rohbodenspezialisten haben auch die Vertreter dieser Gruppe ein ausgesprochenes Lichtbedürfnis und gedeihen unter Freilandbedingungen oft wesentlich besser als bei Überschirmung.

Aufgrund ihrer ausgeprägten Konkurrenzschwäche bei gleichzeitig hohem Lichtbedürfnis vermögen sich die kleinwüchsigen Lückenbüßer nur dort dauerhaft zu halten, wo die Bodenvegetation und die Baumschicht aufgrund der standörtlichen Gegebenheiten stets sehr licht, niederwüchsig und locker bleibt oder wo in Folge äußerer, insbesondere auch anthropo-zoogener Störungen immer wieder ähnliche Bedingungen geschaffen werden. Innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder kennzeichnen sie somit sowohl standörtlich extreme Bestandestypen (foto 14) und jüngere Sukzessionsstadien (Foto 4) als auch Bestände mit stärkerer anthropo-zoogener Überformung (Foto 24). In schattigeren Beständen oder bei flächendeckend und/oder besonders hochwüchsig entwickelter Bodenvegetation verschwinden sie dagegen sehr rasch. Im Gegenzug erfahren sie bei einer Schwächung der umgebenden Matrixvegetation durch Beweidung oder Freistellung eine deutliche Förderung. So ist in größeren Lichtlücken der Inntaler Bestände häufig zu beobachten, daß bei freistellungsbedingter regressiver Entwicklung der Schneeheide *Teucrium montanum*, *Leontodon incanus* und *Dorycnium germanicum* expandieren und zu besonders starker Entfaltung gelangen. Ähnliches gilt für größere und kleinere offene Störstellen, wie sie durch Erosionsprozesse oder Viehtritt entstehen.

Bezeichnenderweise sind in dieser Gruppe auffallend viele aklonale Pflanzen (Arten ohne oder mit stark reduzierter vegetativer Ausbreitung) zu finden, die auf eine regelmäßige generative Vermehrung über Samen angewiesen sind. Hierzu zählen Schaft-Hemikryptophyten wie *Leontodon incanus*, Therophyten wie *Linum catharticum* und insbesondere auch verholzende Chamaephyten wie *Dorycnium germanicum* und *Daphne cneorum* (Foto 18). Entsprechende Keimungs- und Etablierungsbedingungen finden diese Arten offenbar vor allem im Bereich offener, konkurrenzarmer Störstellen, während sie sich bei geschlossener Bodenvegetation kaum mehr auf generativem Wege zu verjüngen vermögen (PFADENHAUER 1993).

Die Zusammensetzung der Gruppe ist klimabedingt regional recht unterschiedlich. So haben ausgesprochen wärmebedürftige Arten wie *Dorycnium germanicum* und *Thymus praecox* ihren eindeutigen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 19

Ubiquitäre Arten mit breiter ökologischer und soziologischer Amplitude innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder (Grundartengarnitur)

allgemein verbreitet:		
Polygala chamaebuxus	*Polygonatum odoratum*	*Tortella tortuosa*
Epipactis atrorubens	*Prunella grandiflora*	*Scleropodium purum*
Buphthalmum salicifolium	*Vincetoxicum hirundinaria*	*Rhytidium rugosum*
Peucedanum oreoselinum	*Teucrium chamaedrys*	*Galium lucidum* *
Viola collina	*Galium verum*	*Asperula tinctoria***
Sesleria varia	*Hieracium murorum/bifidum*	*Laserpitium siler***
Anthericum ramosum	*Carduus defloratus*	
frischebedürftigere Arten mit eindeutigem Schwerpunkt in den Randalpen:		
Potentilla erecta	*Gymnadenia odoratissima*	*Valeriana tripteris*
Phyteuma orbiculare	*Lotus corniculatus*	*Aster bellidiastrum*
Carex flacca	*Thymus polytrichus*	*Carex montana*
Carex sempervirens	*Carlina acaulis*	*Viola hirta*
Galium anisophyllum	*Galium boreale*	*Pimpinella major*
Scabiosa lucida	*Ranunculus nemorosus*	*Fissidens cristatus*
Festuca amethytstina	*Fragaria vesca*	

* nur Inntal; ** nur Randalpen

Verbreitungsschwerpunkt im Tiroler Inntal, während sie in den Randalpen nur lokal im Bereich thermischer Gunststandorte auftreten oder total fehlen. Ersetzt werden diese ausgesprochen thermophilen Sippen im Bereich der Randalpen durch eine ganze Reihe von sehr spezifisch randalpischen, kleinwüchsigen Lückenbüßern, die offensichtlich auf humidere klimatische Rahmenbedingungen angewiesen sind und im Inntal allenfalls in höheren Lagen oder unter besonderen edaphischen Bedingungen anzutreffen sind. Hierzu zählen insbesondere auch die Erico-Pinion-Kennarten *Thesium rostratum* und *Coronilla vaginalis* neben einigen weiteren kleinwüchsigen Rasenarten.

5.3.4 Ubiquitäre Arten mit breiter ökologischer und soziologischer Amplitude innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder

Die hier aufgestellte Gruppe (Tab. 19) bildet neben den Matrixarten den weitverbreiteten Artengrundstock der Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet. Da sie aus Gründen der Übersichtlichkeit zunächt sehr komplexer Natur ist, bedarf sie einer weiteren internen Differenzierung. Dabei treten, wie bei den übrigen Artengruppen bereits angedeutet, noch deutlicher klimatisch bedingte regionale Unterschiede in der floristischen Struktur der Schneeheide-Kiefernwälder des Tiroler Oberinntals und den Bayerischen Alpen zu Tage. Neben einer Gruppe fast durchgängig verbreiteter Arten mit besonders breiter ökologischer und soziologischer Amplitude gilt es eine Gruppe von deutlich frischebedürftigeren, mesophileren Arten zu unterscheiden, die ihren Verbreitungsschwerpunkt eindeutig in den klimatisch feuchteren Randalpen hat.

Die Gruppe der sowohl im Inntal als auch in den Randalpen allgemein verbreiteten Arten trägt aufgrund ihres ubiquitären Auftretens kaum zur internen floristischen und standörtlichen Differenzierung der Schneeheide-Kiefernwälder bei. Sie ist aber sehr wichtig zur floristischen Abgrenzung des Erico-Pinion gegenüber den Schlußwaldgesellschaften der Fagetalia und des Vaccinio-Piceion. Neben Charakterarten der Schneeheide-Kiefernwälder mit breiterer ökologischer und soziologischer Amplitude finden sich in dieser Gruppe vor allem Vertreter der thermophilen Staudenfluren (Trifolio-Geranietea) und der Kalkmagerrasen tieferer Lagen (Festuco-Brometea), die den xerothermen Grundcharakter der Schneeheide-Kiefernwälder in besonderer Weise zum Ausdruck bringen.

Quantitativ spielen diese Arten zumeist eine völlig untergeordnete Rolle (Ausnahme *Sesleria varia*), vermögen sich aber selbst gegenüber sehr starkem Konkurrenzdruck durch die Matrixarten weitgehend zu behaupten. Anpassungen, die dieses Ausharren begünstigen, sind zum einen hochschaftiger Wuchs (z. B. Saumarten) und zum anderen bei kleinwüchsigen Arten phänologische Einpassung, insbesondere in den Entwicklungszyklus der Hochgräser (*Polygala chamaebuxus* und *Viola collina*). Streufilzdecken oder Trockenmoderauflagen beeinträchtigen alle diese Arten zwar gleichfalls erheblich, führen aber nicht zu einem völligen Ausfall; für das Auftreten von Moosen wie *Scleropodium purum* wirken sie sogar eher begünstigend.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Im Gegensatz zu den durchgängig in Schneeheide-Kiefernwäldern verbreiteten Arten handelt es sich bei den Arten mit Verbreitungsschwerpunkt in den Randalpen um wesentlich frischebedürftigere Arten, die im Oberinntal fast nur in höheren Lagen oder auf besonders tiefgründig-frischen Standorten anzutreffen sind, unter den klimatischen Rahmenbedingungen der Randalpen aber fast durchgängig auftreten und teilweise selbst auf die edaphisch extremsten Trockenstandorte übergreifen. Unter den Vertretern dieser Gruppe finden sich neben weit verbreiteten mesophytischen Rasenarten und Wechseltrockniszeigern wie *Galium boreale* und *Potentilla erecta* auffallend viele Arten der alpinen Kalkrasen (Seslerietea). Gerade die alpinen Rasenarten, die, ausgehend von ihrem natürlichen Ursprungslebensraum in der alpinen Stufe, an besonders kühl-feuchte Klimabedingungen angepaßt sind, fehlen im Oberinntal auch in höheren Lagen und auf besonders frischen Standorten fast vollständig und tragen damit entscheidend zur auffälligen floristischen Differenzierung zwischen rand- und zentralalpischen Beständen bei. Unter den Erico-Pinion-Kennarten ist als einzige, aber gleichwohl besonders bezeichnende Art der Amethystschwingel (*Festuca amethystina*) dieser Gruppe zuzuordnen, der ähnlich wie *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis* und *Aquilegia atrata* (die aber eine abweichende standortökologische Einnischung zeigen und daher in anderen Gruppen auftauchen) eine auffallend enge Bindung an die kühleren und feuchteren klimatischen Bedingungen der Randalpen zeigt. Da es sich beim Amethystschwingel um eine besonders spezifische Art der randalpischen Erico-Pinion-Gesellschaften handelt, soll auf dessen Verbreitung und Ökologie im Nachfolgenden etwas ausführlicher eingegangen werden.

Festuca amethystina

Obwohl der dünnblättrige, xeromorphe Habitus zunächst eine Präferenz für besonders trockene Standorte erwarten läßt, handelt es sich bei *Festuca amethystina* eindeutig um eine eher frischebedürftige, deutlich mesophile Art, worauf erstmals WITSCHEL (1989) mit aller Deutlichkeit hinweist. Der vergleichsweise mesische Charakter ergibt sich ähnlich wie bei *Thesium rostratum* in Grundzügen bereits anhand des Areals, das im Bereich der Alpen auf die besonders regenreichen südöstlichen und nördlichen Randketten beschränkt bleibt, während die Art im trockeneren Alpeninnern und stark submeridional getönten Südwesten vollständig fehlt. Der Ausfall des mesophilen Amethystschwingels zum trockeneren Alpeninnern hin läßt sich im Untersuchungsgebiet sehr gut nachvollziehen. So verschwindet die Art bereits in den Kiefernwäldern des trocken-warmen Tiroler Oberinntals unterhalb 1.200 m N.N. fast vollständig. Zerstreute Vorkommen sind hier lediglich auf Sonderstandorten, wie etwa im Bereich absonniger, luftfeuchter Schluchteinschnitte und etwas häufiger in höheren Lagen ab ca. 1.200 m N.N. zu finden, wobei aber auch hier noch stets eine deutliche Bindung an frischere Gunststandorte besteht. Aber auch im Bereich der Randalpen meidet die Art bezeichnenderweise fast vollständig die jüngsten, extrem feinerde- und humusarmen Schotterrohböden der Auen sowie generell ausgesprochene Felsstandorte auf Wettersteinkalk. Neben vergleichsweise kühl-feuchten Klimabedingungen benötigt *Festuca amethystina* offenbar auch ein gewisses Mindestmaß an Feinerdereichtum bzw. eine etwas weiter fortgeschrittene Bodenentwicklung. Hinsichtlich dieser ökologischen Ansprüche ähnelt der Amethystschwingel in hohem Maße *Carex sempervirens*, was WITSCHEL (1989) auch für die Schwäbische Alb bestätigt, wo beide Arten häufig gemeinsam an Reliktstandorten auftreten. Außerhalb der Alpen zeigt die Art eine recht enge Bindung an ausgesprochen wechselfeuchte bis wechseltrockene, sehr feinerdereiche Mergelstandorte, wodurch offenbar die im Vergleich zu den Randalpen deutlich geringeren Niederschläge kompensiert werden (vgl. z.B. ETTER 1947, ZOLLER 1951, REHDER 1962, WITSCHEL 1989).

Im Bereich der Nördlichen Kalkalpen und auch noch im bayerischen Alpenvorland ist eine derartige Bindung nicht gegeben. Vielmehr ist *Festuca amethystina* mit Ausnahme der oben geschilderten edaphischen Extremsituationen in den Randalpen und in den Auen der Alpenflüsse eine recht verbreitete Art, die in fast allen standörtlichen Ausbildungen der Schneeheide-Kiefernwälder anzutreffen ist, also auch auf sehr skelettreichen und vergleichsweise feinerdearmen rendzinoiden Böden, die aber eine gewisse Reife aufweisen müssen. Der Amethystschwingel erreicht nur in seltenen Ausnahmefällen einmal aufbauenden Wert in der Bodenvegetation; zumeist fristet er ein recht bescheidenes Lückenbüßerdasein. Inbesondere in üppig entwickelten Hochgrasbeständen leidet er sichtlich unter der im wahrsten Sinne des Wortes "erdrückenden" Allmacht der Hochgräser, vermag sich aber trotzdem mit erstaunlicher Beharrlichkeit zu behaupten. Zu stärkster Massenentfaltung gelangt die Art in extensiv mit Rindern beweideten, lichten Beständen, wie z.B. im Bereich der "Krüner Viehweiden", was wohl vor allem auf eine weidebedingte Schwächung der konkurrierenden Matrixarten zurückzuführen ist. Sehr scharfe Beweidung scheint den Amethystschwingel aber im Gegensatz etwa zu *Carex humilis* wiederum erheblich zu beeinträchtigen, wie die Art überhaupt eher als kulturfliehend zu bezeichnen ist.

Die vergleichsweise mesophilen Standortansprüche lassen zunächst erwarten, daß *Festuca amethystina* in stärkerem Maße, etwa wie *Polygala chamaebuxus* und *Erica herbacea*, auch auf standörtlich trockene Bergmischwälder übergreift, insbesondere wenn diese sekundär verlichtet sind. Dies ist aber erstaunlicherweise fast nie bzw. nur in seltenen Ausnahmefällen bei direktem Kontakt zu Kiefernbeständen mit Amethystschwingelvorkommen der Fall.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 20

Anspruchsvolle, meist hochschaftige Mesophyten und Laubwaldarten

Hochschaft-Mesophyten (lichtbedürftiger)	Laubwaldarten (schattentolerant)
Knautia dipsacifolia	*Daphne mezereum*
Rubus saxatilis	*Aposeris foetida*
Pteridium aquilinum	*Salvia glutinosa*
Laserpitium latifolium	*Hepatica nobilis*
Origanum vulgare	*Cephalanthera longifolia*
Aquilegia atrata	*Cephalanthera rubra*
Platanthera bifolia	*Convallaria majalis*
Gymnadenia conopsea	*Prenanthes purpurea*
	Mercurialis perennis
	Lilium martagon
	Carex alba
	Cyclamen purpurascens (Saalachtal)

Neben lichtökologischen Faktoren (geringe Schattentoleranz) dürfte hierfür vor allem das offenbar geringe Ausbreitungsvermögen der Art von ausschlaggebender Bedeutung sein. So treten auch im Bereich der Kiefernwälder oft recht großflächige Verbreitungslücken auf, die sich standörtlich in keinster Weise erklären lassen. Bezeichnenderweise handelt es sich dabei aber zumeist um extrem isolierte Vorkommen abseits der großen Talzüge von Loisach, Isar und Saalach (Pflanzenwanderwege) wie z.B. im Walchenseegebiet oder aber um ausgesprochene Sekundärbestände ohne engen räumlichem Kontakt zu Primärvorkommen. Ebenso bleiben geeignete Sekundärstandorte wie etwa offene sekundäre montane Hangrasen großflächig vollkommen unbesiedelt, wenn sie keinen Kontakt zu Primärvorkommen aufweisen. Trotz der vergleichsweise mesophilen Standortansprüche handelt es sich beim Amethystschwingel also offensichtlich um eine ausbreitungsuntüchtige Reliktart, deren rezente Verbreitung weitgehend die nacheiszeitlichen Überdauerungszentren von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen wiederspiegelt. Zu einem ähnlichen Schluß kommt auch WITSCHEL (1989) für die *Festuca amethystina*-Vorkommen im Bereich der Schwäbischen Alb.

5.3.5 Anspruchsvolle, meist hochschaftige Mesophyten und Laubwaldarten

Während es sich bei den bisher besprochenen Gruppen fast durchweg um Arten handelt, die soziologisch und ökologisch eindeutig zu kalkoligotrophen, mehr oder weniger trockenen Offenlandökosystemen hin tendieren, haben wir es bei der nun zu besprechenden Gruppe der anspruchsvollen Mesophyten (Tab. 20) mit Arten zu tun, die überwiegend aus den klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften auf die Schneeheide-Kiefernwälder übergreifen und damit sowohl standörtliche als auch dynamische Beziehungen zu diesen offenbaren. Dies wird insbesondere anhand einer grundlegend andersartigen standortökologischen Ausrichtung dieser Arten deutlich. Im Gegensatz zu den bisher angeführten Gruppen, bei denen es sich im wesentlichen um mehr oder weniger lichtliebende, trockenheits- und magerkeitsertragende Sippen handelte, haben wir es nunmehr mit Arten zu tun, die höhere Ansprüche an den Wasserhaushalt und die Nährstoffversorgung stellen, sich zugleich aber größtenteils auch durch eine wesentlich größere Schattentoleranz auszeichnen. Zum überwiegenden Teil handelt es sich dabei um Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in relativ trockenen bis mesophilen standörtlichen Ausbildungen anspruchsvoller Laubwaldgesellschaften (Fagetalia) haben. Die "hygrophilsten" dieser Laubwaldarten, insbesondere breit - und zartblättrige Sippen wie *Salvia glutinosa* und *Mercurialis perennis*, bleiben dabei weitgehend auf die Erico-Pinion-Wälder der Randalpen beschränkt und fehlen den Beständen im (luft-) trockeneren Oberinntal. Daneben sind aber auch einige ausgesprochen frischebedürftige, hochschaftige Arten wie *Knautia dipsacifolia*, *Pteridium aquilinum*, *Laserpitium latifolium* und *Origanum vulgare* sowie Orchideen wie *Platanthera bifolia* und *Gymnadenia conopsea* anzutreffen, die sich im Vergleich zu den Laubwaldarten noch durch ein deutlich höheres Lichtbedürfnis auszeichnen. *Pteridium aquilinum* ist dabei zugleich eine Art, die recht sichere Hinweise auf eine frühere Weidenutzung liefert (Weideunkraut). Als einzige Erico-Pinion-Kennart ist dieser Gruppe *Aquilegia atrata* zuzurechnen, bei der es sich zweifelsohne um die mesophilste aller Schneeheide-Kiefernwald-Kennarten handelt.

Auffallend ist innerhalb dieser Gruppe der sehr hohe Anteil ausgesprochen hochschaftiger Arten, während kleinwüchsige Arten mit Ausnahme etwa der frühblühenden *Hepatica nobilis* fast vollständig fehlen. Leicht verständlich wird dieses Phänomen, wenn man berücksichtigt, daß es sich bei den standörtlichen Ausbildungen, in denen die Vertreter dieser Gruppe auftreten, in der Regel zugleich auch um

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 21

Sauerhumusbesiedler

allgemein verbreitet (auch auf sehr trockenen Standorten):	**frischebedürftigere Arten:**
Melampyrum pratense	*Vaccinium vitis-idea*
Goodyera repens	*Vaccinium myrtillus*
Dicranum polysetum	*Pyrola secunda*
Pleurozium schreberi	*Homogyne alpina*
Rhythidiadelphus triquetrus	*Ptilium crista-castrensis*
Hylocomium splendens	*Luzula nivea*

Typen handelt, in denen die Hochgräser zu besonders vitaler Massenentfaltung gelangen. Durch den massiven Konkurrenzdruck der Hochgräser werden auch die anspruchsvollen Mesophyten, insbesondere kleinwüchsige Laubwaldarten, in ihrer Etablierung und Existenz in hohem Maße beeinträchtigt. Die auffällige Anreicherung von ausgesprochen hochschaftigen Arten, die in ihrer Wuchshöhe mit den Hochgräsern zu konkurrieren vermögen, ist somit eine Folge des stark selektionierenden Konkurrenzdruckes durch die Hochgräser. Bezeichnenderweise ist daher z.B. in mesophilen, hochgrasdominierten standörtlichen Ausbildungen der Randalpen *Carex alba* erst bei einer deutlichen Schwächung der Hochgräser infolge stärkerer Beschattung durch Mischbaumarten und Sträucher anzutreffen und signalisiert damit oft eine besondere Nähe zu Bergmischwaldgesellschaften der Fagetalia.

5.3.6 Sauerhumusbesiedler

Während zahlreiche Vertreter der zuvor besprochenen Gruppe standörtliche und syndynamische Beziehungen zu den anspruchsvollen Laubwäldern offenbaren, kommen anhand der Gruppe der Sauerhumusbesiedler, insbesondere im von Natur aus nadelholzbeherrschten zentralalpischen Raum, ebensolche Beziehungen zu den Sauerhumus-Nadelwäldern der Vaccinio-Piceetea zum Ausdruck. Das Auftreten von Sauerhumussiedlern ist eng an Bestandestypen gebunden, die sich durch mächtig entwickelte saure Trockenmoderauflagen auszeichnen (Foto 13). Dementssprechend treten sie vor allem in den *Erica herbacea*-dominierten Beständen des Tiroler Inntals mit stark ausgeprägter Tendenz zur Trockenmoderbildung in den Vordergrund (vergl. Kap. 3.5.2.2.). Dagegen werden Sauerhumusbesiedler (vor allem Moose) in den Randalpen selbst auf stärker sauren Moderauflagen unter Hochgräsern in hohem Maße durch flächig entwickelte Grasstreufilzdecken unterdrückt. Quantitativ treten Sauerhumusbesiedler daher in den Randalpen nur auf älteren, feinerdearmen Schotterstandorten, die sich gleichfalls durch eine ausgeprägte Tendenz zur Trockenmoderbildung und Schneeheide-Dominanz auszeichnen, stärker in Erscheinung.

Die recht enge Bindung von Sauerhumusmoosen und anderen, zumeist kleinwüchsigen Säurezeigern an von *Erica herbacea* dominierte Bestandestypen ist vor allem auch darin begründet, daß diese von der Schneeheide nur sehr wenig beeinträchtigt werden. Vielmehr können üppig wuchernde Moosdecken sogar die Schneeheide selbst in erhebliche Bedrängnis bringen. Die Moose durchspinnen die Triebe von *Erica herbacea* mit einem dichten Teppich, wobei es ihnen unter günstigen (relativ feuchten) Bedingungen häufig gelingt, aufbauend auf ihrem eigenen Bestandesabfall, die Schneeheide zu überwachsen und allmählich unter sich zu "ersticken". Die gleichfalls schwerzersetzliche, nährstoffarme Nekromasse der Moose selbst trägt oft in entscheidendem Maße zum Aufbau saurer organischer Auflagen bei.

Da die Sauerhumusbesiedler in der Regel keinen Kontakt zum alkalischen Mineralboden aufnehmen und ausschließlich in der sauren organischen Auflage wurzeln bzw. dieser anhaften oder aufliegen (Moose), werden sie in besonderem Maße von zeitweiser starker Austrocknung betroffen. Unter besonders trockenen standörtlichen Bedingungen und bei sehr lichter Bestandesstruktur sind sie daher noch nicht existenzfähig und fehlen vollständig bzw. treten nur sehr spärlich in Erscheinung. Den trockenen Standortbedingungen in der Auflage sind auch bei stärkerer Beschattung zunächst nur wenige Sauerhumusbesiedler gewachsen (Tab. 21). Die Moose überstehen längerere Austrocknungsphasen weitgehend unbeschadet. Ihre Vitalität und Üppigkeit ist aber in hohem Maße abhängig von der Länge der Feuchtphasen, die zur Stoffproduktion genutzt werden können. Im Sommer sind die Moosdecken oft über Wochen strohtrocken, während insbesondere im Frühjahr und Herbst günstigere Wachstumsbedingungen bestehen.

Auch das Auftreten von *Goodyera repens* und *Melampyrum pratense* ist witterungsbedingt erheblichen jährlichen Schwankungen unterworfen. Insbesondere die extrem flach, nur wenige Zentimeter tief in lockeren Moosteppichen wurzelnde *Goodyera repens* gelangt in trocken-heißen Sommern kaum zur Blüte, während sie in feuchteren Jahren plötzlich fast allgegenwärtig erscheint.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Unter klimatisch kühleren und feuchteren Bedingungen (Hochlagen) treten auf sauren Trockenmoderauflagen weitere Säurezeiger hinzu, die zunächst auf eine noch stärkere Versauerung hindeuten. Wie pH-Messungen in der Auflage ergaben (Kap. 3.5.2.2.), ist deren Auftreten aber letztlich nicht Ausdruck einer stärkeren Versauerung sondern vielmehr in den weniger trockenen Bedingungen in der Auflage begründet. Deutlich wird dies auch daran, daß diese Arten meist mit weiteren frischebedürftigen Rasen- und Laubwaldelementen vergesellschaftet sind. Die Vertreter dieser etwas frischebedürftigeren Säurezeiger zeigen bei reichlichem Vorkommen meist eine deutliche Entwicklungstendenz hin zu Fichten- und Tannen-dominierten Waldgesellschaften (z.B. Pyrolo-Abietetum) an.

Durch degradierende Eingriffe wie Kahlschlag, Beweidung und Streunutzung wurde der Aufbau organischer Auflagen in Schneeheide-Kiefernwäldern in der Vergangenheit erheblich beeinträchtigt und die Existenzbedingungen der Sauerhumusbesiedler damit deutlich verschlechtert. Nach der weitgehenden Einstellung derartiger Nutzungen ist im Tiroler Inntal, aber auch in den Auen um Mittenwald, derzeit eine expansive Entwicklung üppiger Moosdecken zu beobachten, wodurch insbesondere kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lückenbüßer in sehr starkem Maße bedrängt werden.

Die hier vorgestellten Artengruppierungen bilden im wesentlichen die Grundlage für die nachfolgende Typisierung der Schneeheide-Kiefernwälder auf floristischer Basis. Sie dokumentieren den fließenden floristischen, strukturellen und standortökologischen Gradienten, innerhalb dessen Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen zwischen Offenlandökosystemen und den klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften vermitteln.

6. Die Schneeheide-Kiefernwald-Gesellschaften

Als Ausdruck des steilen hygrischen und thermischen Klimagradienten zwischen den Bayerischen Alpen und dem Tiroler Oberinntal ergibt sich im Untersuchungsgebiet eine deutliche Zweiteilung der Erico-Pinion-Gesellschaften in ein *zentralalpisches* Erico-Pinetum und ein mesophileres *randalpisches* Calamagrostio-Pinetum (Tab. 22).

Dieser zentral-periphere Formenwandel findet seine Entsprechung in den mit den Erico-Pinion-Wäldern vergesellschafteten jeweiligen gehölzfreien Kontaktgesellschaften und klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften. So vollzieht sich auch auf mittleren Standorten zum Alpeninnern hin fast parallel ein Übergang von buchenreichen Bergmischwäldern hin zu fast reinen Nadelwäldern aus Fichte und Tanne (z.B. ZUKRIGL 1973, MAYER 1974).

Wie die auf numerischen Analysen basierenden Ergebnisse von SOMMERHALDER (1988) und DEMAS et. al. (1990) zeigen, hat der auffällige Formenwandel zwischen randalpischen und zentralalpischen Erico-Pinion-Wäldern auch im überregionalen Maßstab Gültigkeit, kam bisher anhand der Synsystematik (zuletzt SEIBERT in OBERDORFER 1992, MUCINA et al. 1993) aber kaum zum Ausdruck.

6.1 Der zentralalpische Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum BR.-BL. et al. 1939 nom. inv. em. HÖLZEL) des Tiroler Inntals

(Stetigkeitstabelle 1, S.72; Vegetationstabelle 1 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Im klimatisch deutlich subkontinental getönten Tiroler Oberinntal zwischen Zirl und Landeck findet man auf den steil abfallenden sonnseitigen Kalk- und Dolomithängen der Nordseite das Erico-Pinetum auf großer Fläche als landschaftsbeherrschende Vegetationsform. Die Bestände werden zur Gänze beherrscht von zumeist sehr schwachwüchsigen, gedrungenen, rauhborkigen Waldkiefern mit auffallend schirmförmiger Kronenausformung, die dem Betrachter im Gegensatz zu den schlankeren, gelbleuchtenden Kieferngestalten der Randalpen zunächst einen eher düsteren, an mediterrane Gefilde gemahnenden Eindruck vermitteln. In den Kronen der Kiefern parasitiert in tieferen Lagen häufig die Kiefernmistel (*Viscum laxum*).

Deutlich bessere Wuchsleistungen und schlankere Ausformung zeigt die Kiefer in höheren Lagen oberhalb 1.000 m N. N. sowie stellenweise auf tiefgründigeren Sekundärstandorten tieferer Lagen, wo häufiger auch Fichte und gelegentlich Lärche beigemischt sind. Weitere Mischbaumarten wie Mehlbeere, Stieleiche und Buche treten nur sehr sporadisch in Erscheinung. Die Bestände haben häufig eine reich entwickelte Strauchschicht, in der neben dem meist dominierenden Wacholder zahlreiche thermophile Sträucher wie Felsenbirne, Berberitze, Wolliger Schneeball, Felsenkreuzdorn und Filzige Zwergmispel sowie Hasel und Faulbaum zu finden sind.

Hervorstechendes äußeres Merkmal der Bodenvegetation im Erico-Pinetum ist die starke Massenentfaltung der Schneeheide, die am Grund der Bestände meist einen mehr oder weniger geschlossenen Zwergstrauchteppich ausbildet. Zur Schneeheide gesellen sich mit hoher Stetigkeit weitere Charakterarten wie *Polygala chamaebuxus*, *Epipactis atrorubens*, *Buphthalmum salicifolium*, *Dorycnium germanicum*, *Peucedanum oreoselinum* und *Leontodon incanus*. Ergänzt wird das vergleichsweise artenarme Inventar der Bodenvegetation einerseits durch einige Trokkenrasenarten wie *Galium lucidum*, *Teucrium montanum*, *Teucrium chamaedrys* und *Thymus praecox* sowie andererseits durch Sauerhumusbesiedler wie *Melampyrum pratense* und *Goodyera repens*. Gräser und Seggen wie *Carex*

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Unter klimatisch kühleren und feuchteren Bedingungen (Hochlagen) treten auf sauren Trockenmoderauflagen weitere Säurezeiger hinzu, die zunächst auf eine noch stärkere Versauerung hindeuten. Wie pH-Messungen in der Auflage ergaben (Kap. 3.5.2.2.), ist deren Auftreten aber letztlich nicht Ausdruck einer stärkeren Versauerung sondern vielmehr in den weniger trockenen Bedingungen in der Auflage begründet. Deutlich wird dies auch daran, daß diese Arten meist mit weiteren frischebedürftigen Rasen- und Laubwaldelementen vergesellschaftet sind. Die Vertreter dieser etwas frischebedürftigeren Säurezeiger zeigen bei reichlichem Vorkommen meist eine deutliche Entwicklungstendenz hin zu Fichten- und Tannen-dominierten Waldgesellschaften (z.B. Pyrolo-Abietetum) an.

Durch degradierende Eingriffe wie Kahlschlag, Beweidung und Streunutzung wurde der Aufbau organischer Auflagen in Schneeheide-Kiefernwäldern in der Vergangenheit erheblich beeinträchtigt und die Existenzbedingungen der Sauerhumusbesiedler damit deutlich verschlechtert. Nach der weitgehenden Einstellung derartiger Nutzungen ist im Tiroler Inntal, aber auch in den Auen um Mittenwald, derzeit eine expansive Entwicklung üppiger Moosdecken zu beobachten, wodurch insbesondere kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lückenbüßer in sehr starkem Maße bedrängt werden.

Die hier vorgestellten Artengruppierungen bilden im wesentlichen die Grundlage für die nachfolgende Typisierung der Schneeheide-Kiefernwälder auf floristischer Basis. Sie dokumentieren den fließenden floristischen, strukturellen und standortökologischen Gradienten, innerhalb dessen Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen zwischen Offenlandökosystemen und den klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften vermitteln.

6. Die Schneeheide-Kiefernwald-Gesellschaften

Als Ausdruck des steilen hygrischen und thermischen Klimagradienten zwischen den Bayerischen Alpen und dem Tiroler Oberinntal ergibt sich im Untersuchungsgebiet eine deutliche Zweiteilung der Erico-Pinion-Gesellschaften in ein *zentralalpisches* Erico-Pinetum und ein mesophileres *randalpisches* Calamagrostio-Pinetum (Tab. 22).

Dieser zentral-periphere Formenwandel findet seine Entsprechung in den mit den Erico-Pinion-Wäldern vergesellschafteten jeweiligen gehölzfreien Kontaktgesellschaften und klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften. So vollzieht sich auch auf mittleren Standorten zum Alpeninnern hin fast parallel ein Übergang von buchenreichen Bergmischwäldern hin zu fast reinen Nadelwäldern aus Fichte und Tanne (z.B. ZUKRIGL 1973, MAYER 1974).

Wie die auf numerischen Analysen basierenden Ergebnisse von SOMMERHALDER (1988) und DEMAS et. al. (1990) zeigen, hat der auffällige Formenwandel zwischen randalpischen und zentralalpischen Erico-Pinion-Wäldern auch im überregionalen Maßstab Gültigkeit, kam bisher anhand der Synsystematik (zuletzt SEIBERT in OBERDORFER 1992, MUCINA et al. 1993) aber kaum zum Ausdruck.

6.1 Der zentralalpische Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum BR.-BL. et al. 1939 nom. inv. em. HÖLZEL) des Tiroler Inntals

(Stetigkeitstabelle 1, S.72; Vegetationstabelle 1 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Im klimatisch deutlich subkontinental getönten Tiroler Oberinntal zwischen Zirl und Landeck findet man auf den steil abfallenden sonnseitigen Kalk- und Dolomithängen der Nordseite das Erico-Pinetum auf großer Fläche als landschaftsbeherrschende Vegetationsform. Die Bestände werden zur Gänze beherrscht von zumeist sehr schwachwüchsigen, gedrungenen, rauhborkigen Waldkiefern mit auffallend schirmförmiger Kronenausformung, die dem Betrachter im Gegensatz zu den schlankeren, gelbleuchtenden Kieferngestalten der Randalpen zunächst einen eher düsteren, an mediterrane Gefilde gemahnenden Eindruck vermitteln. In den Kronen der Kiefern parasitiert in tieferen Lagen häufig die Kiefernmistel (*Viscum laxum*).

Deutlich bessere Wuchsleistungen und schlankere Ausformung zeigt die Kiefer in höheren Lagen oberhalb 1.000 m N. N. sowie stellenweise auf tiefgründigeren Sekundärstandorten tieferer Lagen, wo häufiger auch Fichte und gelegentlich Lärche beigemischt sind. Weitere Mischbaumarten wie Mehlbeere, Stieleiche und Buche treten nur sehr sporadisch in Erscheinung. Die Bestände haben häufig eine reich entwickelte Strauchschicht, in der neben dem meist dominierenden Wacholder zahlreiche thermophile Sträucher wie Felsenbirne, Berberitze, Wolliger Schneeball, Felsenkreuzdorn und Filzige Zwergmispel sowie Hasel und Faulbaum zu finden sind.

Hervorstechendes äußeres Merkmal der Bodenvegetation im Erico-Pinetum ist die starke Massenentfaltung der Schneeheide, die am Grund der Bestände meist einen mehr oder weniger geschlossenen Zwergstrauchteppich ausbildet. Zur Schneeheide gesellen sich mit hoher Stetigkeit weitere Charakterarten wie *Polygala chamaebuxus*, *Epipactis atrorubens*, *Buphthalmum salicifolium*, *Dorycnium germanicum*, *Peucedanum oreoselinum* und *Leontodon incanus*. Ergänzt wird das vergleichsweise artenarme Inventar der Bodenvegetation einerseits durch einige Trokkenrasenarten wie *Galium lucidum*, *Teucrium montanum*, *Teucrium chamaedrys* und *Thymus praecox* sowie andererseits durch Sauerhumusbesiedler wie *Melampyrum pratense* und *Goodyera repens*. Gräser und Seggen wie *Carex*

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 22

Übersicht der Assoziationen des Verbandes Erico-Pinion in Südbayern und Nordtirol, differenzierende Artengruppen und Kennarten

1. Erico-Pinetum, Tiroler Oberinntal
2. Calamagrostio-Pinetum, Bayerische Alpen und Alpenvorland (Isar, Lech)
2.1 Subassozitionsgruppe der Hanglagen
2.2 Subassoziationsgruppe der Auen
2.2.1. Vikariante des bayerischen Alpenraumes
2.2.2. Vikariante des Alpenvorlandes (SEIBERT in OBERDORFER 1992)

Einheit	1	2.1	2..2.1	2..2..2
Zahl der Aufnahmen:	117	190	65	67
Mittlere Artenzahl	37	40	47	-
DA Erico-Pinetum				
Galium lucidum	IV	-	-	-
Dorycnium germanicum	IV	r	-	II
Melampyrum pratense	IV	I	II	-
Goodyera repens	III	r	I	r
Viscum laxum	III	+	-	-
Achnatherum calamagrostis	II	-	-	-
AC Calamagrostio-Pinetum				
Festuca amethystina	-	III	III	IV
Thesium rostratum	+	II	III	III
Coronilla vaginalis	-	I	II	I
Aquilegia atrata	-	II	I	I
DA Calamagrostio-Pinetum				
Molinia caerulea agg.	I	IV	V	IV
Potentilla erecta	I	IV	V	III
Carex flacca	I	II	IV	IV
Carex sempervirens	-	IV	IV	II
Ranunculus nemorosus	I	III	IV	II
Hippocrepis comosa	r	II	IV	III
Linum catharticum	-	I	III	III
d Hanglagen				
Amelanchier ovalis	V	V	I	-
Vincetoxicum hirundinaria	IV	III	-	r
Rhytidium rugosum	IV	II	+	+
Cotoneaster tomentosus	II	I	-	-
d Randalpen				
Galium anisophyllum	I	IV	III	I
Phyteuma orbiculare	-	III	III	r
Carlina acaulis	+	III	III	I
Scabiosa lucida	+	III	III	-
d Auen				
Briza media	-	+	III	III
Lathyrus pratensis	r	-	III	III
Daphne cneorum	-	-	II	II
Salix eleagnos	-	-	II	II
Dryas octopetala	-	-	II	II
Gypsophila repens	-r	-	II	II
VC Erico-Pinion				
Erica herbacea	V	V	V	V
Polygala chamaebuxus	V	V	V	V
Buhthalmum salicifolium	IV	V	IV	IV
Epipactis atrorubens	IV	IV	IV	II
Leontodon incanus	III	II	II	II
Viola collina	II	III	II	-
Rhamnus saxatilis	III	I	+	II
Gymnadenia odoratissima	+	I	III	+

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

humilis, *Sesleria varia*, *Brachypodium rupestre* und *Calamagrostis varia* sind zwar mit recht hoher Stetigkeit vorhanden, treten aber quantitativ völlig in den Hintergrund.

Eine Moosschicht ist fast immer mehr oder weniger reich entwickelt und kann in bestimmten Ausbildungen Deckungswerte von bis zu 70 % erreichen. Neben dem Trockenrasenmoos *Rhytidium rugosum* sind darin regelmäßig *Scleropodium purum*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Rhythidiadelphus triquetrus* und *Dicranum polysetum* enthalten.

Synsystematik:
Die Bestände des Tiroler Inntals entsprechen hinsichtlich ihrer Artenverbindung fast vollkommen dem klassischen zentralalpischen Erico-Pinetum im Sinne von BRAUN-BLANQUET et al. 1939. Gegenüber den Erico-Pinion-Wäldern der kühl-feuchten Randalpen differenzieren sowohl Sauerhumusbesiedler wie *Goodyera repens* und *Melampyrum pratense,* als auch hochstete thermophile Sippen wie *Galium lucidum*, *Dorycnium germanicum* und *Viscum laxum.*

Negativ charakterisiert gegenüber den randalpischen Erico-Pinion-Gesellschaften ist das Erico-Pinetum durch den nahezu gänzlichen Ausfall von *Festuca amethystina*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis* und *Aquilegia atrata,* die als Charakterarten der randalpischen Gesellschaften gewertet werden können. Ebenso fehlen die für die randalpischen Bestände so bezeichnenden mesophilen Begleiter wie z.B. *Molinia caerulea* agg., *Potentilla erecta*, *Carex flacca* und Arten der alpinen Blaugrasrasen (Seslerietea) fast vollständig oder treten nur in bestimmten Untereinheiten nennenswert in Erscheinung.

Gliederung:
Das Erico-Pinetum des Tiroler Inntales zeigt entsprechend seiner weiten, großflächigen Verbreitung eine reiche Gliederung in Subassoziationen und Höhenformen. Auf floristischer Basis lassen sich vier Subassoziationen unterscheiden:

- Kugelblumen-Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum globularietosum)
- Typischer Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum typicum)
- Labkraut-Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum galietosum)
- Wintergrün-Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum pyroletosum)

Diese vier Subassoziationen des Erico-Pinetum spiegeln einen standörtlichen Gradienten von warm-trocken-basisch hin zu kühl-frisch-sauer wider, der anhand der mittleren Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1991) der jeweiligen Einheiten deutlich zum Ausdruck kommt (vgl. Stetigkeitstabelle 1, S. 72).

Überlagert wird diese primär edaphische Differenzierung (topische Dimension) durch einen ausgeprägten thermischen und hygrischen Höhengradienten (chorische Dimension), der sich in einer Temperaturabnahme bei einer gleichzeitigen Niederschlagszunahme äußert. Dementsprechend findet man die ausgesprochen xerotherm geprägten Subassoziationen schwerpunktmäßig in den tieferen Lagen unterhalb 1.000 m N. N., während mit zunehmender Höhe die mesophileren und oft zugleich acidoklinen Einheiten dominieren.

Floristisch findet das wärmere und trockenere Allgemeinklima der tieferen Lagen seinen Ausdruck im hochsteten Auftreten ausgesprochen wärmebedürftiger Arten wie *Viscum laxum*, *Rhamnus saxatilis*, *Lonicera xylosteum* und *Corylus avellana*, die oberhalb 1.000 m N. N. fast vollständig fehlen.

Aber auch andere xero-thermophile Arten wie etwa *Dorycnium germanicum*, *Teucrium montanum* und *Achnatherum calamagrostis* haben innerhalb des Erico-Pinetum einen deutlichen Schwerpunkt hinsichtlich Stetigkeit und Massenentfaltung in den wärmebegünstigten Tieflagen.

6.1.1 Die Subassoziationen der wärmebegünstigten tieferen Lagen (Tiefmontane Höhenform mit *Viscum laxum*)

6.1.1.1 Kugelblumen-Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum globularietosum)

(Stetigkeitstabelle 1, S. 72; Vegetationstabelle 1 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Die Subassoziation mit *Globularia cordifolia* ist typisch für die extremsten Trockenstandorte der tieferen Lagen des Tiroler Inntals. Physiognomisch handelt es sich dabei um extrem schwachwüchsige, oft geradezu zwergenhafte, lichte Waldkiefernbestände (Abb. 7, S. 74), die auch auf etwas weniger extremen Standorten kaum höher als 5-8 m werden (Foto 12). Die Waldkiefer, die hier oft bereits an die absolute Grenze ihres physiologischen Existenzbereichs stößt, leidet in dieser Einheit in besonders starkem Maße unter Mistelbefall. Oft werden die Bäume bei Mistelbefall bereits ab einer Höhe von nur 5 m wipfeldürr und sterben sukzessive ab.

In der Strauchschicht dominiert sparrig am Boden ausgebreiteter Wacholder und Jungwuchs der Kiefer. Thermophile Laubsträucher besitzen meist unterdurchschnittliche Vitalität und kümmern häufig halbvertrocknet dahin.

Der Teppich der Schneeheide ist immer wieder durchbrochen von größeren Lücken, in denen der offene, rohe Mineralboden flächig zu Tage tritt. Dabei handelt es sich häufig um stark besonnte Lichtlücken, in denen die Schneeheide "verbrennt", oder um Erosions- und sonstige Störstellen. In den von der Schneeheide nicht besiedelten Lücken gedeihen Lückenpioniere wie *Teucrium montanum*, *Dorycnium germanicum*, *Leontodon incanus* und

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Stetigkeitstabelle 1

Erico-Pinetum
(gekürzte Stetigkeitstabelle nach 117 Aufnahmen von HÖLZEL)

1: E. -P. globularietosum
2: E. -P. typicum
3: E. -P. galietosum
4: E. -P. pyroletosum

Einheit Nr.:	1	2	3	4
Anzahl der Aufnahmen	38	34	30	15
Zahl der Arten	35	37	40	39
Lichtzahl	6.9	6.7	6.5	5.9
Temperaturzahl	5.0	4.8	4.6	3.9
Kontinentalitätszahl	4.2	4.4	4.4	4.4
Feuchtezahl	3.4	3.6	3.8	4.4
Reaktionszahl	7.6	7.0	6.7	5.7
Stickstoffzahl	2.6	2.5	2.6	3.0
Bäume				
Pinus sylvestris B	V	V	V	V
Pinus sylvestris S	III	II	II	.
Pinus sylvestris K	III	III	II	.
Picea abies B	.	.	I	III
Picea abies S	r	+	II	IV
Picea abies K	r	II	I	V
d 1				
Globularia cordifolia	III	r	.	.
Helianthemum ovatum	II	+	.	.
Hypnum lacunosum	II	+	.	.
Viola rupestris	II	.	r	.
Abietinella abietina	II	+	.	.
d 1+2.				
Teucrium montanum	V	IV	II	.
Viscum laxum	V	IV	I	.
Rhamnus saxatilis	IV	V	II	.
Corylus avellana	III	IV	II	+
Achnatherum calamagrostis	III	II	.	.
Lonicera xylosteum	II	II	I	.
d 2-4				
Hylocomium splendens	I	V	V	V
Pleurozium schreberi	.	V	V	V
Melampyrum pratense	I	V	V	V
Goodyera repens	I	III	IV	V
Dicranum polysetum	I	III	III	IV
d 3				
Galium boreale	I	II	IV	.
Galium verum	I	II	IV	+
Peucedanum cervaria	.	+	II	.
Thesium rostratum	.	.	II	.
d 3+4				
Lotus corniculatus	r	+	IV	IV
Fragaria vesca	r	+	III	V
Carex montana	.	.	II	V
Carex alba	r	.	II	V
Campanula rapunculoides	+	+	II	V
Knautia dipsacifolia	.	.	II	IV
Potentilla erecta	.	.	II	IV
Carex flacca	.	.	II	IV
Pteridium aquilinum s.str.	.	.	II	III
Platanthera bifolia	r	+	II	II
Carlina acaulis	.	.	II	II
Ranunculus nemorosus	.	r	I	III
Neottia nidus-avis	.	.	I	II
Rubus saxatilis	.	.	I	II
Vicia incana	.	.	I	II

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Stetigkeitstabelle 1

d 4				
Vaccinium vitis-idaea	.	.	II	V
Ptilium crista-castrensis	.	I	II	V
Carex digitata	r	+	II	IV
Pyrola secunda	.	.	.	IV
Dicranum scoparium	r	+	r	IV
Viola reichenbach/riviniana	.	.	.	III
Luzula nivea	.	.	.	III
Vaccinium myrtillus	.	.	.	III
Maianthemum bifolium	.	.	.	II
Convallaria majalis	.	.	r	II
Homogyne alpina	.	.	.	II
Campanula persicifolia	.	.	.	II
Lathyrus pratensis	.	.	+	II
Avenella flexuosa	.	.	.	II
Rhytidiadelphus loreus	.	.	.	I
d 1-3				
Carex humilis	V	V	V	I
Rhytidium rugosum	V	V	V	.
Buphthalmum salicifolium	V	V	IV	+
Gallum lucidum	V	V	IV	.
Vincetoxicum hirundinaria	V	V	III	.
Dorycnium germanicum	IV	IV	III	.
Leontodon incanus	IV	IV	IV	+
Thymus praecox	IV	IV	II	.
Peucedanum oreoselinum	II	IV	IV	.
Anthericum ramosum	III	III	II	.
VC				
Erica herbacea	V	V	V	V
Polygala chamaebuxus	V	V	V	V
Amelanchier ovalis	V	V	V	II
Epipactis atrorubens	IV	V	IV	IV
Viola collina	II	III	II	+
Cotoneaster tomentosus	I	II	II	II
Sonstige Arten:				
Juniperus communis	IV	IV	V	V
Hieracium murorum/bifidum	IV	IV	IV	V
Euphorbia cyperissias	IV	IV	V	IV
Berberis vulgaris	V	IV	III	II
Sesleria varia	IV	IV	IV	V
Tortella tortuosa	V	IV	III	II
Brachypodium rupestre	II	IV	V	V
Rhythidiadelphus triquetrus	II	III	V	V
Scleropodium purum	II	IV	V	V
Calamagrostis varia	II	III	V	V
Prunella grandiflora	III	II	IV	III
Teucrium chamaedrys	III	III	IV	II
Frangula alnus	III	IV	II	.
Campanula rotundifolia	II	II	IV	V
Viburnum lantana	II	III	III	I
Sorbus aria	III	III	II	+
Solidago virgaurea	III	II	III	II
Asperula cynanchica	III	I	II	.
Ligustrum vulgare	II	II	II	.
Hypnum cupressiforme	II	III	I	
Melica nutans	+	II	III	II
Carduus defloratus	II	I	II	II
Polygonatum odoratum u. a.	II	II	II	.
Einheit Nr.:	1	2	3	4

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

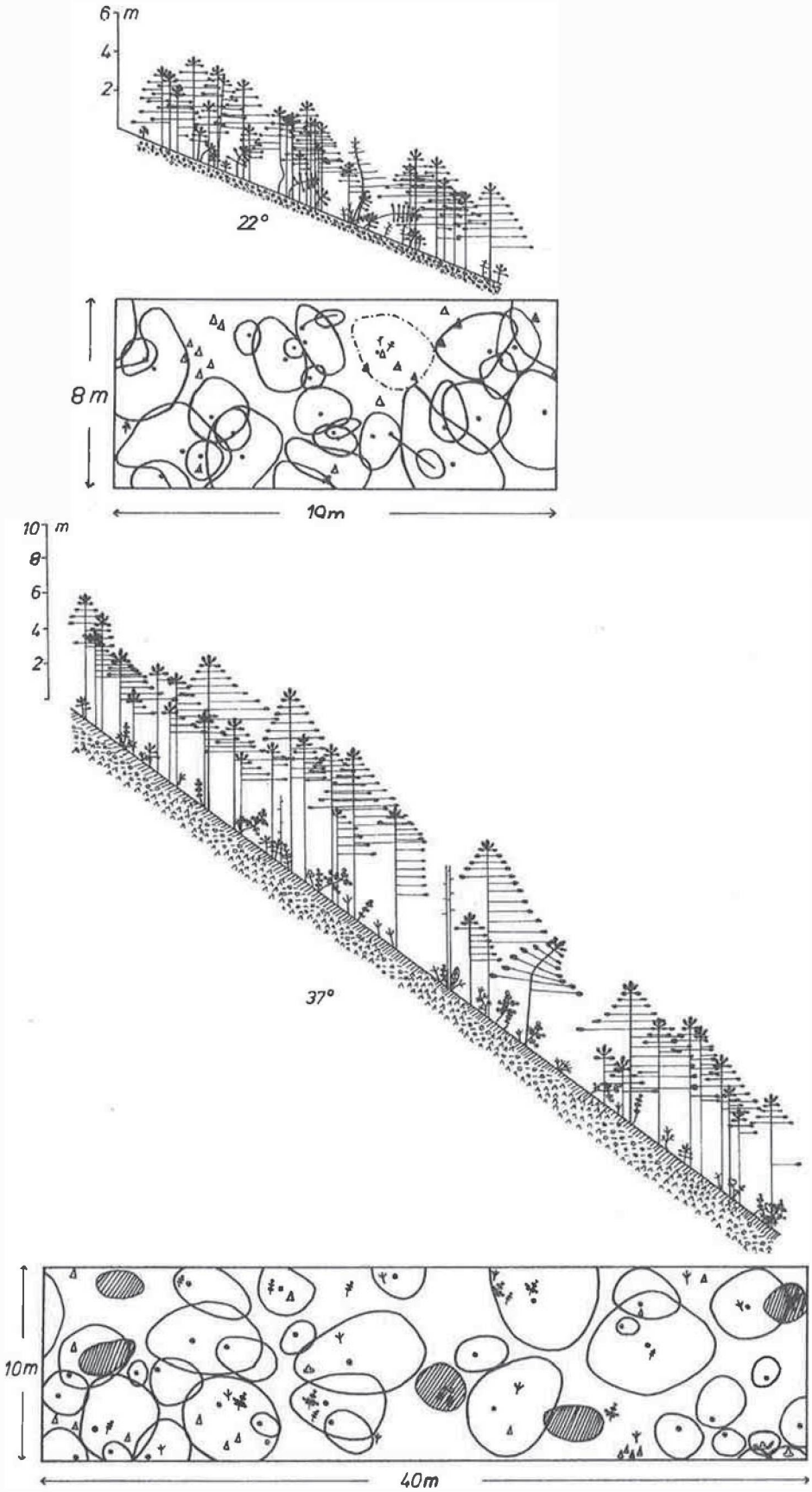


Abbildung 7

Erico-Pinetum globularietosum:
oben: Bestandesprofil eines krüppelwüchsigen Extrembestandes auf einer Dolomitschutthalde bei Zams (790 m N. N.);
unten: Bestandesprofil eines ehemals mit Kleinvieh beweideten Bestandes am Kalvarienberg bei Zirl (760 m N. N.).
Aufnahme: Hölzel/Niedermeier, Zeichnung: Niedermeier

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Thymus praecox besonders üppig und vital. Zu diesen auch in anderen Subassoziationen des Erico-Pinetum verbreiteten Lückenbüßern gesellen sich einige weitere typische Arten offener Rohböden wie *Globularia cordifolia*, *Viola rupestris*, *Achnatherum calamagrostis* und die Trockenrasenarten *Helianthemum ovatum*, *Scabiosa gramuntia*, *Hypnum lacunosum*, *Entodon concinnus* und *Abietinella abietina*, die zwar nicht in allen Beständen auftreten, für die Gesellschaft aber dennoch sehr bezeichnend sind. Noch besser wird die Gesellschaft allerdings negativ charakterisiert durch den weitgehenden Ausfall von saure Trockenmoderauflagen besiedelnden Arten wie *Goodyera repens* und *Melampyrum pratense* und der Moose *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens* und *Dicranum polysetum*. Bezeichnend ist ferner das spärliche Auftreten ansonsten häufiger, eher etwas mesophiler Arten wie etwa *Calamagrostis varia* und *Scleropodium purum*.

Eine Moosschicht ist oft nur spärlich entwickelt. Einzig *Rhytidium rugosum* vermag darin größere Deckungswerte zu erlangen, während die oben bereits erwähnten Sauerhumusbesiedler fast vollständig fehlen.

Ökologie und Standort:
Die Gesellschaft besiedelt die edaphisch und mesoklimatisch extremsten Standorte in der unteren Talstufe des Tiroler Inntals bis ca. 1.000 m N.N.. Dabei handelt es sich überwiegend um felsdurchsetzte Steilhänge, oberflächlich bewegte Steinschlag- und Schutthänge, konsolidierte, grobkörnige Dolomitschutthalden am Fuß von Felswänden oder sonnenexponierte Partien im Gelände des Tschirgant-Bergsturzes (Foto 12). Der mehr oder weniger geschlossene Wald stößt auf diesen Standorten an seine Trockengrenze. Noch extremere Standorte (blanke Felssteilhänge) werden nurmehr von einer offenen "Kiefern-Felssteppe" besiedelt, die nicht mehr der Formation Wald zugerechnet werden kann. Dabei handelt es sich sich um ein sehr heterogenes Makromosaik aus einzelnen Krüppelkiefern, thermophilen Gebüschen, fragmentarischen Trockenrasen und Felsspaltengesellschaften.

Aufgrund der extremen Trockenheit des Standortes läuft die Bodenentwicklung nur äußerst gehemmt ab und wird häufig wieder durch Freistellung, Erosionsprozesse, Überschüttung oder Steinschlag unterbrochen. Als Böden sind flachgründige Rendzinen und Pararendzinen (Profil 1: Kap. 3.5.2.2.) zu finden, die sich durch mächtige Trockenmoderauflagen auszeichnen, während der Ah oft deutlich zurücktritt bzw. im Extremfall sogar gänzlich fehlen kann. Die äußerst schwache Zersetzung und Einarbeitung der Humusbestandteile in den mineralischen Oberboden ist nicht nur bei grobem sondern auch bei relativ feinerdereichem Ausgangssubstrat zu beobachten. Hauptursache hierfür ist die stark gehemmte biologische Aktivität, zu der neben der standörtlichen Trockenheit auch die schwer zersetzliche Nadelstreu von Kiefer und Schneeheide beiträgt.

Die organischen Auflagen reagieren trotz erheblicher Mächtigkeit neutral oder nur sehr schwach sauer, was vor allem auf eingewehte und verschwemmte kalkreiche Stäube und Feinerdepartikel zurückzuführen ist. Auf Freistellung reagiert die Schneeheide gerade in dieser Einheit unter den klimatischen Bedingungen des Tiroler Inntals mit einem drastischen Vitalitätsverlust, der oft bis zum flächigen Absterben führt. Die Folge hiervon ist häufig eine regressive Bodenentwicklung, wobei es nach oberflächlicher Abspülung der Humusbestandteile bisweilen zur völligen Freilegung des rohen Mineralbodens kommt. Auf den entblößten Rohböden entwickeln sich dann besonders üppig die oben bereits angeführten konkurrenzschwachen Lückenpioniere, bevor im Schatten der in den Lücken gleichfalls bevorzugt aufwachsenden Kiefernverjüngung wieder eine flächige Ausbreitung der Schneeheide erfolgt.

Dynamik:
Auf den edaphisch trockensten Standorten, auf denen die Kiefern extremen Krüppelwuchs und häufig frühe Altersmortalität zeigen (Abb.7 oben), stellt die Einheit eine wenig veränderliche Dauergesellschaft dar. Ähnliches gilt für Standorte, die zyklisch oder latent einer morphodynamischen Überformung durch Abtragungs- oder Akkumulationsprozesse unterliegen. Auf primär weniger extremen Standorten kann sich die Gesellschaft aber auch sekundär nach anthropo-zoogener Auflichtung und Standortdegradation (Holzeinschlag, Steunutzung, Waldweide) einstellen (Abb. 7 unten). Derartige Bestände unterliegen bei Ausbleiben der Störungen mittelfristig einer Weiterentwicklung zur im Nachfolgenden zu besprechenden moosreicheren typischen Subassoziation. Allerdings sind die Degradationserscheinungen oftmals derart gravierend, daß eine Weiterentwicklung nur innerhalb sehr langer Zeiträume möglich erscheint.

Verbreitung:
Die Gesellschaft ist im gesamten Tiroler Oberinntal vorhanden. Besonders großflächig entwickelte Krüppelwuchsbestände sind auf den ausgedehnten Dolomitschuttfächern in der Gegend von Zams und im Gebiet des Tschirgant-Bergsturzes anzutreffen.

Nutzung:
Bis kurz nach dem Zweiten Weltkrieg waren zahlreiche Bestände im Besitz der Tiroler Gemeiden ganzjährig dem Kleinvieh (insbes. Ziegen) als Weide ausgeliefert. Ferner wurde die Schneeheide von den Nutzungsberechtigten der Gemeinden regelmäßig abgezogen und als Einstreu genutzt. Von dieser extrem standortdegradierenden Nutzungsform zeugen heute noch vielerorts die fehlenden Ah-Horizonte, die in der Vergangenheit der Streunutzung zum Opfer gefallen sind. Hinzu kam eine regelmäßige Brennholznutzung, die insbesondere

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

bei Kahlschlagbetrieb gleichfalls der Degradation des Standortes massiv Vorschub geleistet hat. Alle diese degradierenden Nutzungen begünstigen das Auftreten der Subassoziation mit *Globularia cordifolia* und haben sicher ganz erheblich zur Ausbreitung auf Standorte beigetragen, die ursprünglich von reiferen Gesellschaften besetzt waren. Auch wenn die Nutzungen heute nur noch einen Bruchteil der Intensität früherer Zeiten erreichen, so trägt doch selbst eine extensive, einzelstammweise Holzentnahme oder eine zeitweise Beweidung erheblich zu einer Konservierung der Gesellschaft bei.

6.1.1.2 Der Typische Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum typicum)

(Stetigkeitstabelle 1, S. 72; Vegetationstabelle 1 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Im Gegensatz zur standörtlich extremen, oftmals pionierhaft-initial anmutenden Subassoziation mit *Globularia cordifolia* handelt es sich bei dieser Einheit um vergleichsweise reife, geschlossenere und durchschnittlich auch deutlich wüchsigere Bestände, die aber immer noch von der Waldkiefer dominiert werden. Die Strauchschicht entspricht hinsichtlich Artenzusammensetzung und Struktur weitgehend der der zuvor beschriebenen Subassoziation, ist im Durchschnitt aber wesentlich vitaler und üppiger entwickelt.

Deutliche Unterschiede ergeben sich bei der Betrachtung der Bodenvegetation, die wesentlich geschlossener ist und kaum noch größere offene Rohbodenstellen aufweist. Maßgeblichen Anteil an der wesentlich stärkeren Bodenbedeckung hat die meist üppig entwickelte Moosschicht, in der neben *Rhytidium rugosum* nunmehr auch *Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi* und *Dicranum polysetum* zu finden sind. Hinzu gesellen sich weitere Sauerhumusbesiedler wie *Melampyrum pratense* und *Goodyera repens*. Auch mesophilere Arten wie *Calamagrostis varia* und *Scleropodium purum* werden merklich häufiger.

Mit Ausnahme von *Achnatherum calamagrostis*, das sich in einer bestimmten Ausbildung noch länger zu halten vermag, fehlen dagegen die Differentialarten der zuvor beschriebenen Subassoziation. Nach wie vor vorhanden sind aber die übrigen kleinwüchsigen Lückenpioniere, wenngleich sie oft nicht mehr die Häufigkeit und Vitalität wie in der Subassoziation mit *Globularia cordifolia* erreichen.

Standort und Ökologie:
Der Typische Schneeheide-Kiefernwald besiedelt hinsichtlich Substrattextur und Neigung meist edaphisch weniger extreme, stärker konsolidierte Standorte als die Subassoziation mit *Globularia cordifolia*. In der Regel handelt es sich dabei bereits um recht feinerdereiche, tiefgründige Hangschuttdecken, die oft aus einem Gemisch aus steinigem Dolomitzersatz und damit solifluidal verwürgtem, lößartigen äolischen Decksediment bestehen. Die aufgrund des günstigeren Wasserhaushalts insgesamt wesentlich geschlossenere Bestandesstruktur und der stärkere Kronenschluß sorgen für ein deutlich schattigeres und ausgeglicheneres Bestandesinnenklima. Unter dem mehr oder weniger geschlossenen Zwergstrauch- und Moosteppich haben sich Pararendzinen (Profil 2: Kap. 3.5.2.2.) mit mächtigen Trockenmoderauflagen entwickelt (Foto 13), die aber, wie angesichts des häufigen Auftretens von Sauerhumusbesiedlern nicht anders zu erwarten, deutlich sauer reagieren. Oft sind auch auf diesen Standorten die Ah-Horizonte der Pararendzinen nur sehr geringmächtig oder fehlen fast ganz, was wohl erneut vor allem auf Streunutzung und andere degradierende Nutzungen der Vergangenheit zurückzuführen ist.

Dynamik:
Auf vielen Standorten, die aufgrund ihrer edaphischen Trockenheit keine anderen Baumarten als die Kiefer zulassen, ist die Gesellschaft gleichfalls eine wenig veränderliche, großflächig entwickelte Dauergesellschaft. Daneben verdanken bei dieser Einheit aber weitaus mehr Bestände als bei der vorhergehenden Subassoziation ihre Existenz eindeutig anthropo-zoogener Standortdegradation. So zeugen beispielsweise am Zirler Berg reliktische Mischbestände aus krüppeligen Buchen und Fichten, die unter vergleichbaren primärstandörtlichen Bedingungen existieren, davon, daß sich die Gesellschaft offensichtlich unter Mithilfe des Menschen auf Kosten klimaxnaher Waldgesellschaften erheblich ausdehnen konnte. Eine Rückentwicklung zu von Fichte, Tanne und Buche dominierten Waldbeständen ist allerdings, angesichts der oftmals sehr nachhaltigen Standortdegradation und der vergleichsweise geringen Eingriffe, derer es bedarf, um die Kiefer mitsamt ihrer heliophilen Begleitflora an der Herrschaft zu halten, nur über sehr lange Zeiträume und bei einem völligen Ausschluß von Störungen zu erwarten.

Verbreitung:
Die Gesellschaft ist im gesamten tiefmontanen Bereich des Tiroler Inntales die mit Abstand vorherrschende Subassoziation. Sie fehlt nur im Bereich der edaphisch und mesoklimatisch extremsten Standorten, wie etwa auf den Dolomitschuttfächern um Zams.

Nutzung:
Eine anthropo-zoogene Auflichtung der Bestände führt zu einem deutlichen Rückgang der oft stark deckenden Moosschicht, während im Gegenzug auf Störungen angewiesene heliophile Lückenpioniere wie *Dorycnium germanicum*, *Leontodon incanus* und *Teucrium montanum* eine deutliche Förderung erfahren. Die bereits bei der Subassoziation mit *Globularia cordifolia* aufgeführten Nutzungen tragen also auch bei dieser Einheit zur Bestandeserhaltung und einer deutlichen Akzentuierung des "Trockencharakters" bei.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

6.1.2 Die Subassoziationen der kühl-humideren höheren Lagen (Höhenform mit *Lotus corniculatus*)

6.1.2.1 Der Labkraut-Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum galietosum)

(Stetigkeitstabelle 1, S. 72; Vegetationstabelle 1 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Auf tiefgründigen, wechseltrockenen Standorten tieferer Lagen sowie generell in den kühleren und niederschlagsreicheren Lagen oberhalb 1.000 m N. N. findet man die Subassoziation mit *Galium boreale*. Von den zuvor beschriebenen Subassoziationen unterscheidet sie sich vor allem durch das Hinzutreten einer ganzen Reihe frischebedürftiger, mesophiler Arten. Entsprechend dem deutlich frischeren Standortcharakter erreicht die immer noch alleine von der Kiefer aufgebaute Baumschicht eine deutlich höhere Vitalität und Wüchsigkeit.

Die Bodenvegetation zeigt hinsichtlich Schneeheide-Dominanz und reicher Entwicklung der Moosschicht noch große Ähnlichkeit mit der typischen Subassoziation. Allerdings gehen die xerothermen Lückenbesiedler hinsichtlich Stetigkeit und Vitalität nochmals deutlich zurück. So ist insbesondere *Teucrium montanum* nur noch bei stärkerer anthropo-zoogener Bestandesauflichtung zu finden.

Mit der merklichen Abnahme ausgesprochener Xerothermarten vollzieht sich im Gegenzug eine sukzessive Anreicherung frischebedürftiger Mesophyten wie *Lotus corniculatus*, *Fragaria vesca*, *Carex montana*, *Knautia dipsacifolia*, *Pteridium aquilinum* u.a. Besonders charakteristisch für diese Einheit gegenüber allen anderen ist die hohe Stetigkeit mesophiler Rasen- und Saumarten wie *Galium boreale*, *Galium verum* und *Peucedanum cervaria* sowie das spärliche Auftreten von *Thesium rostratum*, das in den Inntaler Erico-Pinion-Wäldern bezeichnenderweise nur in dieser betont mesophilen Subassoziation anzutreffen ist.

Mit dem Hinzutreten der Mesophyten ist eine deutliche Erhöhung der mittleren Artenzahl verbunden. Insbesondere in höheren Lagen sind auch bereits weitere Säurezeiger wie *Vaccinium vitis-idaea* zu finden, die aber erst in der Subassoziation mit *Pyrola secunda* zu größerer Dominanz und Stetigkeit gelangen.

Standort und Ökologie:
In tieferen Lagen ist die Gesellschaft vor allem auf nur mäßig geneigten, tiefgründigen Standorten anzutreffen. Als Substrat findet man in der Regel sehr feinerdereiche Hangschuttdecken, die sich meist durch einen besonders hohen Anteil an lößartigen äolischen Decksedimenten auszeichnen. In den klimatisch kühleren und feuchteren Hochlagen oberhalb 1.000 m N. N. ist die Gesellschaft aber auch auf sehr steilen und vergleichsweise flachgründigen Hängen anzutreffen. Als Böden findet man auch unter dieser Einheit Pararendzinen mit mächtigen Trockenmoderauflagen, die aber im Gegensatz zu den bisher besprochenen Einheiten manchmal bereits eine deutliche Verlehmungstendenz aufweisen. Deutliche nutzungsbedingte Degradationserscheinungen sind aber auch bei den Pararendzinen dieser Einheit weit verbreitet.

Dynamik:
Angesichts des oft wenig extremen Charakters der Standorte, die die Einheit besiedelt, handelt es sich bei der Mehrzahl der Vorkommen wohl eindeutig um Sekundärbestände, die sich erst in Folge anthropo-zoogener Standortdegradation in der Vergangenheit auf Kosten anspruchsvollerer Waldgesellschaften etablieren konnten. Die in der Einheit noch auftretenden xerothermen Lückenbüßer, die zunächst vielleicht einen extremeren Standortcharakter nahelegen, verdanken ihre Existenz überwiegend einer häufigen Störung der Bestände durch Waldweide und Holzeinschlag. Bei einem längerfristigen Aussetzen von Störungen fallen diese Arten meist rasch aus, während im Gegenzug mesophile Arten deutlich an Raum gewinnen. Eine Regeneration hin zu von Fichte, Buche und Tanne dominierten Schlußwaldgesellschaften ist aber ebenfalls nur mittelfristig und bei völliger Störungsruhe denkbar, könnte sich aber gleichwohl aufgrund des deutlich günstigeren Wasserhaushalts der Standorte wesentlich schneller vollziehen als bei den Sekundärbeständen der zuvor beschriebenen Einheit.

Verbreitung:
Die Subassoziation ist im Tiroler Oberinntal schwerpunktmäßig in höheren Lagen oberhalb 1.000 m N. N. zu finden. Tiefmontane Vorkommen sind vor allem im klimatisch etwas weniger trockenen Abschnitt des Inntals zwischen Telfs und Zirl verbreitet, wo zudem großflächig vergleichsweise tiefgründige und feinerdereiche Hangstandorte anzutreffen sind.

Nutzung:
Die Einheit ist zur Aufrechterhaltung des gegenwärtigen Zustandes in noch weitaus stärkerem Maße als die Sekundärbestände der typischen Subassoziation auf menschliche Eingriffe wie Kahlschlagnutzung und Waldweide angewiesen.

6.1.2.2 Der Wintergrün-Schneeheide-Kiefernwald (Erico-Pinetum pyroletosum)

(Stetigkeitstabelle 1, S. 72; Vegetationstabelle 1 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:

Den bisher beschriebenen Subassoziationen des Inntaler Erico-Pinetum steht der Wintergrün-Schneeheide-Kiefernwald in vielerlei Hinsicht fremd gegenüber und läßt sich, wenn überhaupt, nur noch randlich dem Erico-Pinetum zuordnen. Physiognomisch handelt es sich dabei um vergleichs-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

weise wüchsige schmalkronige Waldkiefernbestände (Abb. 8), denen mitherrschende und unterständige Fichten regelmäßig beigemischt sind. Die Bestände sind meist sehr stammzahlreich und können eine Oberhöhe von über 20 m erreichen. Eine Strauchschicht ist oft nur in Ansätzen entwickelt. Sie wird beherrscht vom Jungwuchs der Fichte sowie einzelnen, zumeist abgängigen Walcholdern. Thermophile Laubsträucher fehlen dagegen fast vollständig oder treten allenfalls als kümmernde Verbißformen auf.

Die nahezu flächendeckend entwickelte Bodenvegetation wird dominiert von der Schneeheide und üppig entwickelten Sauermoospolstern (*Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens).* Nicht selten sind dazwischen aber auch einzelne größere Grasherden aus *Brachypodium rupestre, Calamagrostis varia* und *Sesleria varia* entwickelt.

Ergänzt wird das Artenspektrum der Bodenvegetation einerseits durch zahlreiche frischebedürftige Mesophyten und Laubwaldarten wie *Carex alba, Carex montana, Carex flacca, Carex digitata, Fragaria vesca, Knautia dipsacifolia, Pteridium aquilinum* u. a. und andererseits durch Fichtenwaldarten wie *Vaccinium vitis-idaea, Pyrola secunda* und *Ptilium crista-castrensis*, die teilwiese bereits in der Subassoziation mit *Galium boreale* auftraten, hier aber nunmehr zu hoher Stetigkeit und Abundanz gelangen.

Im Gegenzug verschwinden Arten, die warme und trockene Standortbedingungen anzeigen, fast vollständig, darunter auch ansonsten so häufig und allgemein im Erico-Pinetum verbreitete Sippen wie *Carex humilis, Vincetoxicum hirundinaria, Buphthalmum salicifolium* und *Rhytidium rugosum.* Floristisch ergibt sich damit eine tiefe Kluft zu den übrigen Subassoziationen des Erico-Pinetum.

Lediglich die hohe Stetigkeit der Kennarten *Erica herbacea, Polygala chamaebuxus* und *Epipactis atrorubens* sowie das regelmäßige Auftreten einiger Magerrasenarten wie *Lotus corniculatus, Euphorbia cyperissias, Brachypodium rupestre* und *Cam-*

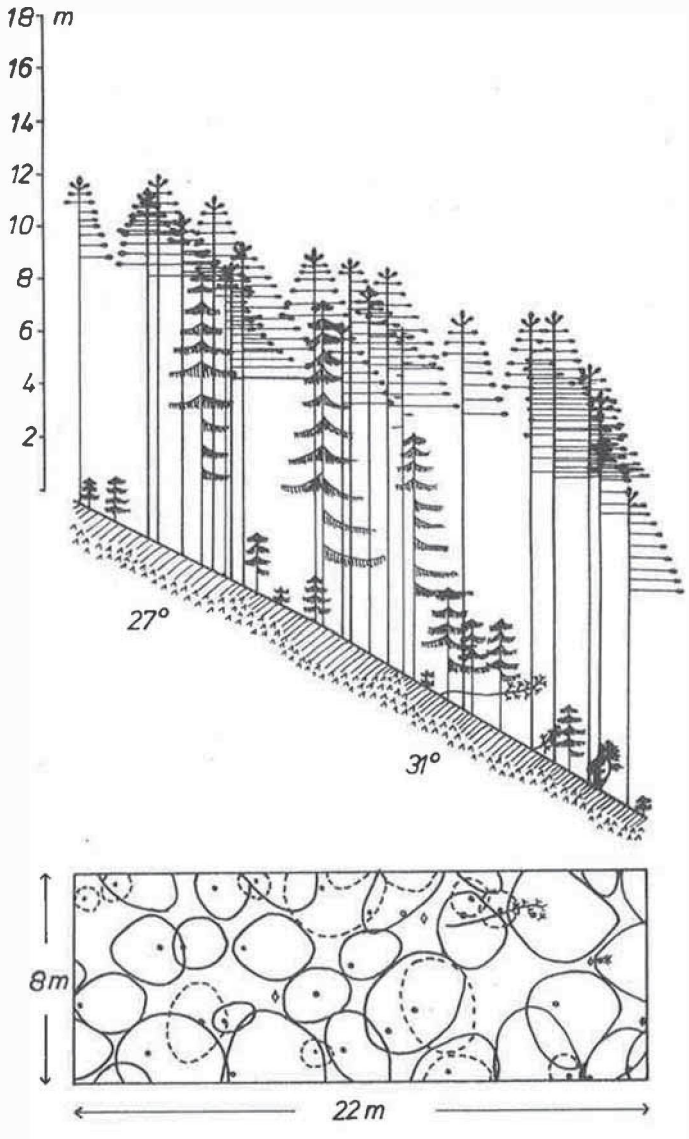


Abbildung 8

Erico-Pinetum pyroletosum: Bestandesprofil eines Sekundärbestandes bei Reith östlich Seefeld (1.210 m N. N.);
Aufnahme: Hölzel/Niedermeier, Zeichnung: Niedermeier

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

panula rotundifolia lassen es gerechtfertigt erscheinen, die Einheit noch randlich dem Erico-Pinetum anzugliedern.

Standort und Ökologie:
Der Wintergrün-Schneeheide-Kiefernwald besiedelt zumeist nur mäßig steil bis flach geneigte Hänge der kühlfeuchten höheren Lagen des Inntals oberhalb ca 1.000 m. Als Böden findet man unter den Beständen oft bereits stärker verlehmte, tiefgründige Pararendzinen (Profil 3: Kap. 3.5.2.2.), die zumeist aus periglazialen Verwürgungen von äolischen Decksedimenten mit Hauptdolomitzersatz entstanden sind.

Als Humusform ist wiederum durchweg sauer reagierender Trockenmoder anzutreffen, der sich aber oft durch einen bedeutend höheren Gehalt an Feinhumus auszeichnet, was wiederum auf eine deutlich höhere biologische Aktivität hindeutet. Das gemeinsame Auftreten von Arten, die gemeinhin als ausgesprochene Säure- bzw. Kalk- und Basenzeiger gelten, ist im Wintergrün-Schneeheide-Kiefernwald besonders auffällig.

Es hat seine Hauptursache im extrem steil ausgeprägten pH-Gradienten, der zwischen der sauren organischen Auflage und dem zumeist noch reichlich Kalk führenden mineralischen Oberboden besteht. So wurzeln beispielsweise Säurezeiger wie *Vaccinium vitis-idaea, Pyrola secunda* und *Goodyera repens* fast ausschließlich oberflächennah in der saueren Trockenmoderauflage, während "Kalkarten" wie *Sesleria varia* und *Carex flacca* ihre Wurzeln bis in den Mineralboden absenken. Auch an den Bodenprofilen dieser Einheit lassen sich Spuren früherer Standortdegradation durch unpflegliche, historische Nutzungen wie Waldweide, Streunutzung und Kahlschlagwirtschaft nachweisen.

Dynamik:
Wie bereits die Beschreibung der Artenzusammensetzung und des Standortes vermuten läßt, handelt es sich bei dieser Einheit fast ausschließlich um Sekundärbestände, die sich erst nach der Degradation anspruchsvollerer Waldgesellschaften großflächig ausbreiten konnten. Nach weitgehender Einstellung der degradierenden Nutzungen, wie Waldweide, Kahlschlagwirtschaft und Streunutzung, zeigen viele Bestände heute deutliche Anzeichen einer vergleichsweise raschen Rückentwicklung. So verjüngt sich im Gegensatz zu anderen Sekundärbeständen die Kiefer aufgrund der dichten Bodenvegetation und Schattigkeit der Bestände nicht mehr. Statt dessen findet man allenthalben reichlich Fichtenjungwuchs.

Das weitgehende Fehlen von Tanne und Buche ist wohl vor allem in der großflächigen Ausrottung dieser Arten sowie im in höheren Lagen auch im Inntal merklich stärkeren Wildverbiß begründet. Auch in der Bodenvegetation deutet das Auftreten einer Vielzahl frischebedürftiger Mesophyten und Laubwaldarten darauf hin, daß sich viele Bestände bereits in der nächsten Baumgeneration zu fichtendominierten Wäldern weiterentwickeln könnten, was zu einem weiteren Rückgang heliophiler Arten führen würde.

Von Natur aus würden die Standorte, auf denen die Gesellschaft heute stockt, vermutlich von Fichte und Tanne und vielleicht etwas Buche dominierte Wälder tragen, die pflanzensoziologisch etwa einem Pyrolo-Abietetum entsprechen. Angesichts der Tatsache, daß die natürliche Umbautendenz von forstlicher Seite bewußt nicht unterstützt sondern eher behindert wird, ist aber kaum mit einer großflächigen Regeneration der ursprünglichen Waldgesellschaft zu rechnen.

Verbreitung:
Die Gesellschaft ist schwerpunktmäßig in den höheren Lagen des Inntales oberhalb 1.000 m N.N. zu finden. Sehr großflächige Vorkommen, die bis ca. 1.600 m N. N. reichen, bestehen bespielsweise oberhalb der Gemeinden Reith und Leithen östlich Seefeld. Aber auch in tieferen Lagen sind auf tiefgründigen, schwach geneigten Standorten vergleichbare Bestände mit ausgesprochenem Sekundärcharakter zu finden.

Nutzung:
Der Wintergrün-Schneeheide-Kiefernwald ist aufgrund seiner vergleichsweise hohen Produktivität aus forstlicher Sicht die mit Abstand wertvollste Einheit des Erico-Pinetum.

Dementsprechend wird hier eine relativ intensive forstliche Nutzung betrieben, die auf eine Förderung der höhere und schnellere Erträge erbringenden Kiefer abzielt. Dagegen ist die schlechtwüchsige und oft unter Rotfäule leidende Fichte eher unerwünscht und wird allenfalls als Mischbaumart geduldet.

Seit Einstellung der früher weitverbreiteten Beweidung mit Rindern bereitet die Naturverjüngung der Kiefer aber zunehmend Schwierigkeiten. Verantwortlich hierfür ist die starke Vergrasungs- und Vermoosungstendenz der Bestände sowie die flächenhafte Ausbreitung mächtiger organischer Auflagen, wodurch die Kiefer kaum noch geeignete Keimungs- und Etablierungsbedingungen findet. Die Kiefer kann dadurch heute oftmals nur noch durch Pflanzung zur Herrschaft gebracht werden.

6.2 Der randalpische Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio variae-Pinetum sylvestris OBERD. 1957 em. HÖLZEL 1994) der Bayerischen Alpen

(Stetigkeitstabelle 2, S. 80; Vegetationstabelle 2 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
In den niederschlagsreichen Bayerischen Alpen und darüber hinaus im gesamten Bereich der nördlichen Randalpen und deren Vorland findet man einen vergleichsweise mesophilen Schneeheide-Kiefern-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Stetigkeitstabelle 2

Calamagrostio-Pinetum; Subassoziationsgruppe der Hanglagen
(gekürzte Stetigkeitstabelle nach 120 Aufnahmen von HÖLZEL, 70 Aufnahmen von LORENZ 1993)

1: C.-P. auriculetosum
2: C.-P. teucrietosum
3: C.-P. teucrietosum, Weidenutzungsform mit Briza media
4: C.-P. knautietosum

Einheit Nr.:	1	2	3	4
Anzahl der Aufnahmen	38	35	24	93
Zahl der Arten	35	38	54	41
Lichtzahl	7.0	6.7	6.8	6.4
Temperaturzahl	3.8	4.0	4.6	4.3
Kontinentalit„tszahl	4.1	4.0	4.0	4.0
Feuchtezahl	3.8	4.0	4.0	4.2
Reaktionszahl	7.8	7.4	7.3	7.1
Stickstoffzahl	2.7	2.8	2.8	3.1
Bäume				
Pinus sylvestris B	V	V	V	V
Pinus sylvestris S	.	+	r	+
Pinus sylvestris K	II	+	II	+
Pinus uncinata/rotundata B	II	+	+	r
Pinus uncinata/rotundata S	+	r	+	.
Pinus uncinata/rotundata K	.	.	r	.
Picea abies B	I	I	I	II
Picea abies S	+	II	II	II
Picea abies K	III	II	II	II
Sorbus aria B	r	+	r	II
Sorbus aria S	I	r	II	II
Sorbus aria K	III	IV	IV	V
d 1				
Schistidium apocarpum	V	+	+	r
Primula auricula	IV	I	.	r
Campanula cochleariifolia	IV	.	.	.
Hieracium glaucum	IV	+	r	.
Globularia cordifolia	IV	I	II	r
Carex mucronata	III	I	.	.
Potentilla caulescens	III	.	.	.
Rhamnus pumila	III	.	.	.
Kemera saxatilis	II	.	.	.
Asplenium ruta-muraria	II	.	.	r
Homalothecium lutescens	II	.	.	.
Euphrasia salisburgensis	II	I	.	r
Daphne striata	I	I	.	r
d 1-3				
Leontodon incanus	IV	V	II	I
Thymus polytrichus (sp.)	IV	V	III	II
Hippocrepis comosa	III	III	III	+
Teucrium montanum	IV	II	III	r
Linum catharticum	II	III	III	r
Coronilla vaginalis	I	+	IV	r
Thesium rostratum	+	II	IV	+
d 3				
Briza media	.	.	IV	r
Berberis vulgaris	+	+	III	I
Peucedanum oreoselinum	.	r	III	I
Peucedanum cervaria	r	.	III	+
Succisa pratensis	.	.	III	+
Centaurea scabiosa	.	r	II	+
Lathyrus pratensis	.	.	II	r
Plantago lanceolata	.	.	II	r
Bromus erectus	.	r	II	+
Geranium sanguineum	r	r	II	I
Sanguisorba minor	.	+	II	r
Trifolium montanum	.	.	II	r
Plantago media	.	.	II	.
Trifolium pratense	r	.	II	.
Anthyllis vulneraria alpestris	.	.	II	.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Stetigkeitstabelle 2

Mesophyten				
Rubus saxatilis	II	II	Ii	III
Convallaria majalis	II	II	I	II
Laserpitium latifolium	II	II	I	II
Mercurialis perennis	II	I	II	II
Pimpinella maior	II	+	II	II
Daphne mezereum	r	II	.	II
Knautia dipsacifolia	r	I	III	III
Brachypodium rupestre	r	I	IV	III
Frangula alnus	.	+	III	II
Pleurozium schreberi	.	r	II	II
Aquilegia atrata	.	I	II	II
Hepatica nobilis	+	+	II	II
Aposeris foetida	.	I	II	I
Pteridium aquilinum s.str.	.	I	I	II
Gymnadenia conopsea	r	I	III	I
Platanthera bifolia	.	+	II	I
Fagus sylvatica Z	r	.	II	I
Origanum vulgare	r	I	r	II
Carex alba	.	+	.	II
Salvia glutinosa	.	r	+	II
Prenanthes purpurea	.	+	.	II
Rosa pendulina	r	+	r	I
Lilium martagon	.	r	.	I
Cephalanthera longifolia	.	+	r	I
Ptilium crista-castrensis	.	.	.	I
Cephalanthera rubra (sp.)	.	+	+	I
Cyclamen purpurascens	.	+	.	I
d 2-4				
Festuca amethystina	+	III	IV	III
Scleropodium purum	.	II	II	IV
Aster bellidiastrum	r	II	III	II
Carex montana	.	II	II	II
Molinia caerulea agg.	+	IV	IV	IV
Galium boreale	r	II	V	III
Carex flacca	.	III	III	III
DA				
Potentilla erecta	II	V	V	V
Carex sempervirens	II	V	V	IV
Galium anisophyllum	V	IV	IV	III
Phyteuma orbiculare	I	V	IV	IV
Scabiosa lucida	II	III	IV	II
Carlina acaulis	II	III	V	II
Ranunculus nemorosus	I	II	V	III
VC				
Erica herbacea	V	V	V	V
Polygala chamaebuxus	V	V	V	V
Epipactis atrorubens	IV	III	V	V
Buphthalmum salicifolium	V	V	V	V
Amelanchier ovalis	V	IV	V	V
Viola collina	III	II	III	III
Asperula tinctoria	+	I	III	II
Gymnadenia odoratissima	r	r	II	+
Dicranum polysetum	.	I	+	II
Cotoneaster tomentosus	I	I	II	I
Rhamnus saxatilis	I	r	II	+
Sonstige Arten:				
Calamagrostis varia	V	V	V	V
Carex humilis	V	V	IV	V
Sesleria varia	IV	V	V	V
Carduus defloratus	V	V	III	IV
Anthericum ramosum	III	III	V	V
Hieracium murorum/bifidum	V	V	III	IV
Tortella tortuosa	V	V	III	III
Lotus corniculatus	III	IV	V	III
Polygonatum odoratum	II	II	IV	III
Prunella grandiflora	I	III	V	III
Vincetoxicum hirundinaria	III	II	III	II
Fragaria vesca	II	II	II	III
Rhythidiadelphus triquetrus	r	II	II	III
Valeriana tripteris	III	II	I	II
Melica nutans	II	I	II	II
Fissidens cristatus	II	II	II	II
Rhytidium rugosum	II	III	III	II

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Stetigkeitstabelle 2

Galium verum	I	I	IV	II
Viola hirta	r	I	III	II
Carex omithopoda	III	II	+	I
Thesium alpinum	II	II	I	I
Galium album ssp. album	II	I	I	II
Leontodon hispidus	I	II	III	I
Ctenidium molluscum	II	II	II	I
Campanula rotundifolia	r	II	III	I
Laserpitium siler	I	+	I	II
Globularia nudicaulis	.	II	I	I
Hylocomium splendens u. a.	.	+	I	I
Einheit Nr.:	1	2	3	4

waldtyp, der sich strukturell, floristisch und ökologisch deutlich vom zwergstrauchdominierten Erico-Pinetum der zentralalpischen Trockentäler unterscheidet (Tab. 22, S. 70).

Neben der normalerweise herrschenden Waldkiefer können örtlich auch aufrechte Formen der Bergkiefer in der Baumschicht eine bedeutende Rolle spielen oder die Waldkiefer sogar gänzlich ersetzen. Besonders bezeichnend ist das Hervortreten der Bergföhre im Bereich morphodynamischer Aktivitätszonen wie Dolomitschuttfächer (Griese), Mergelrutschhänge oder Schotterauen. Weitaus häufiger als im Erico-Pinetum ist in den Hangbeständen die Mehlbeere als sehr bezeichnende, zumeist unterständige Mischbaumart vertreten. Die im Tiroler Inntal weitverbreitete Kiefernmistel (*Viscum laxum*) ist in den Bayerischen Alpen nur lokal im thermisch besonders begünstigten vorderen Loisachtal um Oberau und Farchant anzutreffen.

Im Gegensatz zum Erico-Pinetum ist eine Strauchschicht aus thermophilen Sträuchern und Baumjungwuchs oft nur sehr spärlich entwickelt oder fehlt über weite Strecken sogar gänzlich. Dies gilt in besonderem Maße für die Hangbestände der Randalpen. Hauptursache für dieses Phänomen ist neben Nutzungseinflüssen der massive Verbiß durch Schalenwild, der selbst vor verbißresistenten Arten wie *Juniperus communis* nicht halt macht! Daneben dürften aber auch klimatische Faktoren für das seltenere Auftreten ausgesprochen thermophiler Sträucher von Bedeutung sein.

Grundlegende Unterschiede treten aber vor allem auch anhand der floristischen Struktur der Bodenvegetation zu Tage. Während im Erico-Pinetum alle standörtlichen Ausbildungen durch einen mehr oder weniger geschlossenen Zwergstrauchteppich aus *Erica herbacea* dominiert werden, treten in den randalpischen Beständen Seggen (*Carex humilis*) und Gräser (insbes. *Calamagrostis varia, Brachypodium ruspestre* und *Molinia caerulea* agg.) quantitativ eindeutig in den Vordergrund und drängen die Schneeheide zumeist in die Rolle eines "Lückenbüßers". Höhere Deckungswerte vermag die Schneeheide lediglich auf den ebenen Schotterterrassen der Alpenflüsse und auf feinerdearmen Hangverebnungen zu erlangen.

Neben den physiognomisch hervortretenden Seggen und Gräsern differenzieren insbesondere zahlreiche vergleichsweise mesophytische Arten gegenüber dem Erico-Pinetum. Hierzu zählen neben Wechseltrocknis anzeigenden Arten wie *Potentilla erecta, Molinia caerulea* agg. und *Carex flacca* vor allem Rasenarten der kühlfeuchten alpinen Hochlagen wie *Carex sempervirens, Thymus polytrichus, Phyteuma orbiculare, Galium anisophyllum, Scabiosa lucida, Thesium alpinum* und *Globularia nudicaulis* sowie weitere Mesophyten wie *Carlina acaulis, Ranunculus nemorosus* und *Laserpitium latifolium.* Im Gegenzug treten ausgesprochen xerophytische Arten wie *Teucrium montanum, Leontodon incanus, Galium lucidum* und *Dorycnium germanicum* wesentlich seltener bzw. ausschließlich in standörtlich extremen Ausbildungen in Erscheinung oder fehlen ganz. Ebenso spielen Sauerhumusbesiedler wie *Melampyrum pratense, Goodyera repens, Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi* und *Dicranum polysetum* im Vergleich zum Erico-Pinetum eine sehr untergeordnete Rolle und treten nur in bestimmten Ausbildungen der Alluvialbestände stärker in den Vordergrund.

Als sehr bezeichnende Kennarten findet man in den randalpischen Beständen *Festuca amethystina, Thesium rostratum, Aquilegia atrata* und *Coronilla vaginalis*, die dem zentralalpischen Erico-Pinetum praktisch vollständig fehlen. Dabei handelt es sich gleichfalls um vergleichsweise mesophile Arten, die damit die ökologischen Rahmenbedingungen der Randalpenbestände sehr treffend zum Ausdruck bringen.

Synsystematik:
Das Auftreten eigener guter Charakterarten erlaubt es in Verbindung mit der deutlich abweichenden Gesamtartenkombination, die randalpischen Bestände in ihrer Gesamtheit dem "klassischen" zentralalpischen Erico-Pinetum im Sinne von BRAUN-BLANQUET als eigenständige Assoziation gegenüberzustellen. Ein derartiges Vorgehen würdigt nicht nur die deutlich abweichende floristische Struktur der beiden Gesellschaften, sondern vermittelt auch sinnvolle ökologische und chorologische Hintergründe. Die Assoziation läßt sich in regionalen Abwandlungen am gesamten, besonders humi-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

den Alpennordrand von der Nordschweiz bis nach Niederösterreich verfolgen. Entsprechende Aufnahmen und Beschreibungen sind für den Westteil der Nordalpen u.a. bei SCHMID (1936), ETTER (1947), FABJANOWSKI (1950), REHDER (1962), SCHWEINGRUBER (1973), KUHN (1967); für den mittleren Abschnitt der Nordalpen bei STILL (1991), STARLINGER (1992), LORENZ (1993), STROBL (1981), SMETTAN (1981) sowie für den Ostteil der Nordalpen bei MÜLLER (1966), NIKLFELD (1979), MARGL (1973), WENDELBERGER (1962) zu finden.

Zum Calamagrostio-Pinetum gehören nach der hier vorgelegten Fassung auch die Schneeheide-Kiefernwälder des Alpenvorlandes (SEIBERT 1958, BRESINSKY 1959). Bisher wurden die hier als Calamagrostio-Pinetum bezeichneten Gesellschaften von der Mehrzahl der oben aufgeführten Autoren zumeist noch einem weit gefaßten Erico-Pinetum zugeordnet (z.B. SEIBERT in OBERDORFER 1992) oder bei einem Fehlen von *Erica herbacea* teilweise auch als Molinio-Pinetum bezeichnet (z.B. ETTER 1947, KUHN 1967, ELLENBERG & KLÖTZLI 1972).

Gliederung:
Eine weitere Untergliederung des Calamagrostio-Pinetum muß zunächst Rücksicht nehmen auf die erheblich voneinander abweichenden geomorphologischen, geländeklimatologischen und auch ausbreitungsbiologischen Rahmenbedingungen von Alluvial- und Hangbeständen. Die daraus resultierenden floristischen und ökologischen Unterschiede sind aber nicht derart tiefgreifend, als daß sie die Ausscheidung einer eigenen alluvialen Assoziation (Dorycnio-Pinetum) rechtfertigen würden, wie dies in der Vergangenheit OBERDORFER (1957) und neuerdings wieder MUCINA et al. (1993) praktiziert haben. Die bestehenden standortökologischen, floristischen und syndynamischen Unterschiede lassen sich bereits mit der Ausscheidung zweier analoger Subassoziationsgruppen hinreichend würdigen (Tab. 22, S. 70).

Im Gegensatz zu den Hangstandorten, wo latente morphodynamische Hangbildungsprozesse (z.B. Steinschlag, Oberbodenkriechen etc.) und schneedynamische Prozesse (Waldlawinen, Schneekriechen) wirken und die Bodenbildung dadurch häufig unterbrochen oder zurückgeworfen wird, handelt es sich bei den Auen um konsolidierte Standorte, die in der Regel keiner Störung und Überformung mehr unterliegen. Sichtbar wird dieser Umstand anhand des Ausfalls oder deutlichen Rückgangs einiger Arten, die Standorte mit schwacher oberflächlicher Substratbewegung bevorzugen wie *Vincetoxicum hirundinaria* und *Carduus defloratus*. Sehr bezeichnend ist ferner, daß *Carex humilis* im Auenbereich auf junge und lückige Entwicklungsstadien beschränkt bleibt und mit fortschreitender Bodenentwicklung in reiferen Ausbildungen meist rasch ausfällt, während sie sich auf den Hangstandorten selbst in von *Molinia* dominierten üppigen Hochgrasbeständen zu halten vermag. Im Gegenzug treten auf den ebenen Standorten der Aue zugempfindliche Arten wie die Schneeheide und Besiedler saurer Trockenmoderauflagen mit deutlich höherer Stetigkeit und Dominanz auf als auf den immer wieder durch geomorphologische und schneedynamische Prozesse gestörten Hangstandorten.

Weitere wichtige standortökologische Unterschiede zwischen Auen- und Hangbeständen sind überwiegend mesoklimatischer Natur. Die Hangbestände sind gegenüber denen der Auen deutlich wärmebegünstigt. Besonders augenfällig wird dies im Frühjahr, wenn auf den Hängen oft bereits *Erica herbacea*, *Polygala chamaebuxus* und *Carex humilis* blühen, während die Auenstandorte bisweilen noch von einer geschlossenen, oft mehrere Dezimeter mächtigen Schneedecke bedeckt sind. Floristisch findet die thermische Begünstigung der Hangbestände ihren deutlichen Niederschlag im Auftreten ausgesprochen wärmebedürftiger Arten wie *Coronilla emerus*, *Cephalanthera rubra*, *Geranium sanguineum*, *Peucedanum oreoselinum*, *Peucedanum cervaria* und *Asperula tinctoria*, die den Auenbeständen im bayerischen Alpenraum praktisch vollständig fehlen. Im Gegenzug findet man in den Auen zeitweise feuchtebedürftige Kalkflachmoorarten wie *Tofieldia calyculata*, *Primula farinosa* und *Selaginella selaginoides* sowie Arten der kühlfeuchten alpinen Hochlagen wie *Dryas octopetala*, *Saxifraga caesia* und *Carex firma* deutlich angereichert. Für das Auftreten letzterer sind neben edaphischen und standortklimatischen Faktoren allerdings auch ausbreitungsbiologische Aspekte (Diasporenverfrachtung) von maßgeblicher Bedeutung.

Das bedeutend häufigere Auftreten von Weidezeigern in den Auen zeugt vom bis in die Gegenwart andauernden, im Durchschnitt wesentlich intensiveren Weidedruck auf die meisten der untersuchten Alluvialbestände (vgl. z.B. SCHRETZENMAYER 1950, BISSINGER & BOHNERT 1990).

Im Bereich der Hanglagen lassen sich folgende Subassoziationen bzw. Nutzungsformen unterscheiden:

- Calamagrostio-Pinetum primuletosum
- Calamagrostio-Pinetum teucrietosum
- Calamagrostio-Pinetum teucrietosum, Weidenutzungsform mit Briza media
- Calamagrostio-Pinetum knautietosum

Analog können für die Auenbestände folgende Subassoziationen unterschieden werden:

- Calamagrostio-Pinetum dryadetosum
- Calamagrostio-Pinetum thesietosum
- Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum
- Calamagrostio-Pinetum epipactietosum
- Alluvialer Weide-Kiefernwald

Die Reihenfolge der Subassoziationen entspricht jeweils einem Gradienten zunehmender Standortgunst in punkto Wasserhaushalt und Nährstoffversorgung (vgl. Stetigkeitstabelle 2 und 3). Während

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

dieser floristisch abgeleitete standörtliche Gradient in den Hanglagen überwiegend reliefgesteuert ist (zunehmende Gründigkeit), kommt bei den Auenbeständen hierin neben primären Substratunterschieden vor allem auch der Reifegrad der Bodenentwicklung zum Ausdruck. Überlagert werden die vegetationskundlich erkennbaren, natürlichen Standortgradienten teilweise in sehr starkem Maße durch eine nutzungsbedingte Modifikation der floristischen Struktur (insbes. C. - P- teucrietosum, Weidnutzungsform mit Briza media; alluvialer Weide-Kiefernwald).

Stärkere geographisch-horizontal bedingte Unterschiede innerhalb des Calamagrostio-Pinetum treten insbesondere zwischen den Beständen der Randalpen und denen des Alpenvorlandes (SEIBERT 1958, BRESINSKY 1959) zu Tage (Tab. 22, S. 70). So enthält die Vikariante mit *Amelanchier ovalis* der Alpen neben der namensgebenden Art zahlreiche weitere Sippen mit alpinem Verbreitungsschwerpunkt, die im Alpenvorland allmählich ausdünnen oder ganz fehlen. Andererseits sind z.B. am Lech um Ausgsburg bereits Sippen kontinentaler Verbreitung wie *Cytisus ratisbonensis* (BRESINSKY 1959) zu finden, die nicht bis an die Alpen heranreichen.

Die Vikariante mit *Amelanchier ovalis* läßt sich geographisch weiter untergliedern in folgende vorwiegend regionalklimatisch und historisch bedingte Gebietsausbildungen:

1) Die Gebietsausbildung im Werdenfelser Land und Walchenseegebiet hebt sich durch ihren besonderen Reichtum an thermophilen Sippen (*Coronilla emerus*, *Peucedanum oreoselinum*, *Geranium sanguineum* u.a.) deutlich von den Beständen des übrigen bayerischen Alpenraumes ab.
2) Noch höher ist der Anteil an Thermophilen in der Gebietsausbildung mit *Galium lucidum* des Fernpaßgebietes (STARLINGER 1992), die floristisch und ökologisch bereits zum Erico-Pinetum des Tiroler Oberinntals vermittelt.
3) Im Raum Bad Reichenhall/Berchtesgaden findet man schließlich eine nach Osten weisende Gebietsausbildung mit *Cyclamen purpurascens*.

Höhenformen sind in den Randalpen nur sehr unscharf ausgeprägt, was wohl vor allem auf die vergleichsweise geringe Höhenamplitude sowie eine regional und lokal sehr unterschiedlich stark ausgeprägte thermische Begünstigung der jeweiligen Vorkommen zurückzuführen ist. Gleichwohl läßt sich zwanglos eine tiefmontane Höhenform mit besonders vielen thermophilen Elementen (insbes. Saumarten) von einer hochmontanen Höhenform (vor allem oberhalb 1.200 m N. N.) trennen, in der bereits streng subalpine Arten wie *Daphne striata* und *Campanula scheuchzeri* anzutreffen sind.

In den Vegetations- und Stetigkeitstabellen wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf eine Darstellung der etagealen und geographischen Differenzierung innerhalb des Calamagrostio-Pinetum verzichtet und stattdessen standörtlichen Aspekten Vorrang gewährt.

6.2.1 Die Subassoziationsgruppe der Hanglagen

6.2.1.1 Der Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum primuletosum)

(Stetigkeitstabelle 2, S. 80; Vegetationstabelle 2a, im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Auf extrem steilen, blanken Felsschrofen findet man in den Randalpen schüttere, niederwüchsige Kiefernbestände, die auf diesen Extremstandorten sichtlich an die Grenzen ihrer physiologischen Existenz stoßen (Foto 2). Trotz des extremen Felsstandorts sind die Bestände oft recht stammzahlreich (Abb. 9), bleiben aber krüppelig und erreichen nur selten eine Bestandesoberhöhe von 10 m. Neben Reinbeständen der Waldkiefer sind häufig auch Mischbestände mit Spirke oder sogar reine Spirkenbestände anzutreffen. Die Spirke beteiligt sich wiederum besonders bei stärkerer morpho- und schneedynamischer Beeinflussung vermehrt am Bestandesaufbau. Bei extremem Lawineneinfluß geht die Spirke sogar zur Ausbildung niederliegender Formen über und die Waldkiefer verschwindet vollständig. Als kümmernde Mischbaumarten treten häufiger Fichte sowie bisweilen auch Lärche und und sehr selten Mehlbeere hinzu.
Eine Strauchschicht gelangt aufgrund des starken Wildverbisses (insbes. Gams) kaum zur Entwicklung. Als zwergwüchsige Verbißformen sind aber regelmäßig *Amelanchier ovalis* und *Sorbus aria* sowie seltener auch *Juniperus communis*, *Rhamnus saxatilis* und *Cotoneaster tomentosus* anzutreffen. Einzelne vollentwickelte Exemplare dieser Sträucher findet man bisweilen an überhängenden Felsen, wo sie vom Äßer des Wildes nicht erreicht werden. Die selten mehr als 50 % deckende Bodenvegetation wird in der Regel eindeutig dominiert von *Carex humilis*, die durch ihr schuttstauendes Wurzelwerk erheblich zur Konsolidierung des Substrats beiträgt (Foto 14). Größere Deckungswerte erlangen oft auch die gleichfalls zum Schuttstau befähigten Zwergsträucher *Teucrium montanum* und *Globularia cordifolia*. Zwischen dem beweglichen Verwitterungsschutt tritt auf größerer Fläche meist noch der kompakte anstehende Fels zu Tage.

Hier siedeln bevorzugt die für die Gesellschaft so bezeichnenden Felsspaltenarten der Potentilletalia caulescentis wie *Primula auricula*, *Carex mucronata*, *Potentilla caulescens*, *Campanula cochleariifolia*, *Hieracium glaucum*, *Rhamnus pumila*, *Kernera saxatilis* und *Asplenium ruta-muraria* sowie das Kalkfelsmoos *Schistidium apocarpum*. Negativ charakterisiert gegenüber den anderen Subassoziationen der Hanglagen ist die Gesellschaft durch den

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

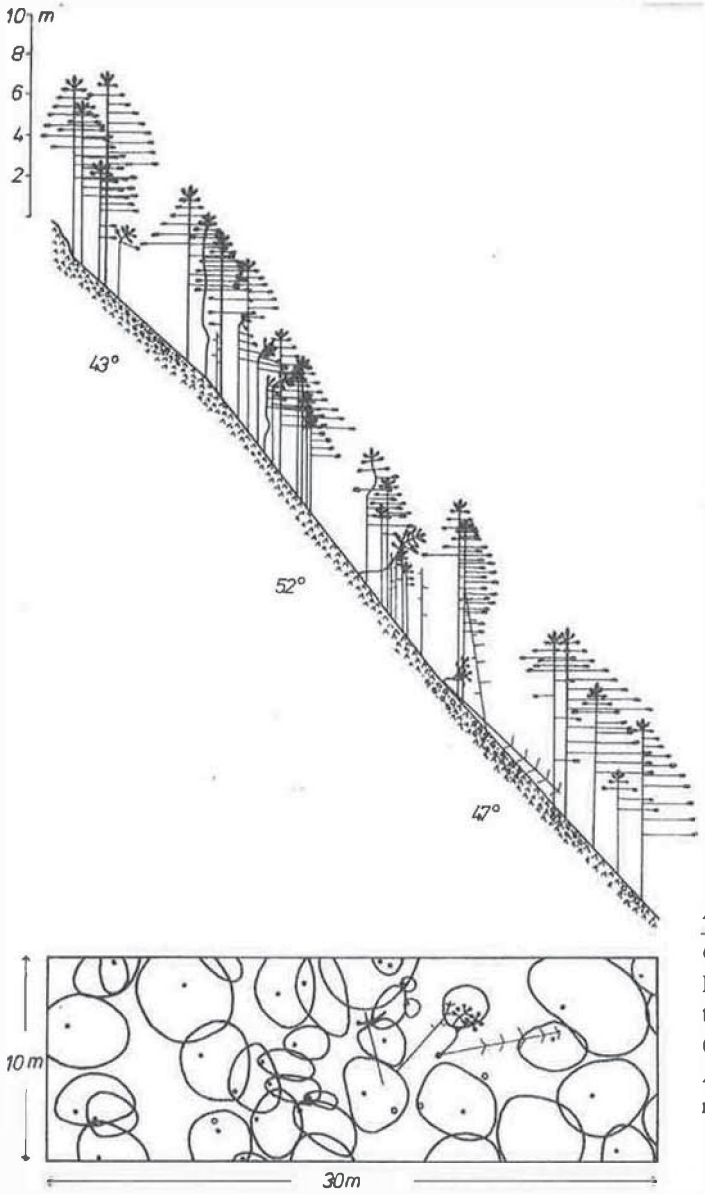


Abbildung 9

Calamagrostio-Pinetum primuletosum: Bestandesprofil eines Bestandes auf Wettersteinkalk am Burgberg bei Mittenwald (1.100 m N. N.).
Aufnahme: Hölzel/Niedermeier, Zeichnung: Niedermeier

Ausfall zahlreicher ansonsten weitverbreiteter Arten wie *Festuca amethystina*, *Galium boreale*, *Molinia caerulea* agg., *Brachypodium rupestre*, die den extremen Substratverhältnissen nicht gewachsen sind. Die Moosschicht ist sehr spärlich entwickelt und artenarm. Neben dem bereits erwähnten *Schistidium apocarpum* sind darin weitere Kalkmoose wie *Tortella tortuosa*, *Fissidens cristatus*, *Homalothecium lutescens* und *Ctenidium molluscum* zu finden. Grasfilz besiedelnde Arten wie *Scleropodium purum* und *Rhythidiadelphus triquetrus* fehlen dagegen noch vollständig.

Untergliederung:
Die unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften von Wettersteinkalk und Hauptdolomit (Kap. 3.5.1.1.) finden ihren deutlichen Niederschlag in der floristischen Struktur der Gesellschaft, was die Unterscheidung von zwei Varianten nahelegt. So sind auf dem kompakten, blockig zerfallenden Wettersteinkalk (Variante mit *Valeriana tripteris*) einige ausgesprochene Felsbesiedler wie *Rhamnus pumila* deutlich häufiger anzutreffen, während Arten, die ein gewisses Mindestmaß an mineralischer Feinerde verlangen, wie etwa *Carex sempervirens*, *Carex mucronata* oder *Coronilla vaginalis*, hier weitgehend fehlen, dagegen aber auf dem scherbig bis grusig zerfallenden Hauptdolomit stärker in Erscheinung treten (Variante mit *Carex sempervirens*). Andererseits sind in der Variante mit *Valeriana tripteris* auf Wettersteinkalk aber etwas anspruchsvollere mesophile Arten wie etwa *Epipactis atrorubens*, *Laserpitium latifolium* oder *Rubus saxatilis* sehr regelmäßig zu finden, während sie auf Hauptdolomit noch vollständig fehlen. Die Gründe für dieses klassische "Dolomitphänomen" (GAMS 1930) sind neben der auf Wettersteinkalk etwas ausgeprägteren lokalen Humusakkumulation in tiefen Felsspalten, wohl vor allem auch in den ungünstigeren chemischen Eigenschaften (Nährstoffarmut infolge schwächerer Lösungsverwitterung) der unreifen Dolomitböden zu suchen.

Ökologie und Standort:
Die Gesellschaft besiedelt in der Regel extrem steile und flachgründige Felsschrofen aus Dolomit und

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Wettersteinkalk. Aufgrund der Steilheit des Reliefs wird die Bodenentwicklung durch Steinschlag und Schuttkriechen immer wieder gestört. Dies gilt insbesondere für den grobblockig verwitternden Wettersteinkalk, wo oft bereits ein einziger unbedachter Schritt eine Steinschlaglawine auszulösen vermag, weniger dagegen für den scherbig-grusig zerfallenden Hauptdolomit. Zwischen dem dünnen, durch Vegetation mehr oder weniger fixierten Verwitterungsschuttschleier tritt in der Regel noch flächig der blanke Fels zu Tage.

Das Spektrum der Bodenbildungen unterliegt dementsprechend einem extrem kleinräumigen Wechsel von fast blanken Felssyrosemen bis hin zu Felshumusböden (Profil 4: Kap. 3.5.2.3.) oder mullartigen Rendzinen in stärker abtragungsberuhigten Bereichen. Felshumusböden entwickeln sich aber nicht nur im lockeren Verwitterungsschutt in Spalten, Mulden und auf flacheren Absätzen sondern bei Abtragungsschutz durch die kompakten Horste der Erdsegge auch direkt auf anstehendem Fels.

Dynamik:
Der Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald ist eine wenig veränderliche Dauergesellschaft, die infolge des extremen Standortes allenfalls innerhalb sehr langer Zeiträume einer Sukzession unterliegt. Nach natürlicher oder anthropogener Waldzerstörung durch Lawinen und Brände mit nachfolgender Standortdevastierung durch Erosionsprozesse (Brandverkarstung) kann die Gesellschaft die Wiederbewaldung aus initialen Felsspalten und Rasengesellschaften einleiten. Derartige Brandverkarstungsflächen finden sich beispielsweise großflächig im Raum Scharnitz. Eine Etablierung der Kiefer scheitert dort derzeit aber großflächig am Wildverbiß.

Verbreitung:
Der Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald ist in den gesamten Bayerischen Kalkalpen verbreitet. Außerhalb der Arealzentren der Assoziation bilden Bestände dieser Subassoziation oft die einzigen natürlichen Vorkommen von Erico-Pinion-Wäldern überhaupt. Neben vielen kleinflächigen Vorkommen auf Felsköpfen und Felsbändern ist die Gesellschaft nicht selten auch in größeren zusammenhängenden Beständen anzutreffen. Geradezu landschaftsprägend bedeckt der Aurikel-Kiefernwald großflächig die durch Gletscherschliff extrem übersteilten Wettersteinkalkfelshänge im Raum Scharnitz-Mittenwald. Das schwerpunktmäßige Auftreten oberhalb 1.000 m N.N. ist vor allem darin begründet, daß entsprechende Felsstandorte vermehrt zumeist erst ab dieser Höhenlage anzutreffen sind (glazigene Mittelhangversteilungen).

Nutzung:
Der Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald unterlag, bedingt durch seine extremen standörtlichen Bedingungen, wohl auch in der Vergangenheit nur einer sehr geringen oder keiner menschlichen Beeinflussung durch Holznutzung oder Waldweide. Eine Beweidung war, wenn überhaupt, allenfalls mit Ziegen oder Schafen möglich. Viele Bestände in schwer zugänglichen Lagen dürften daher auch heute noch als ausgesprochene Urwälder angesprochen werden. Indirekt durch den Menschen beeinflußt wird die Gesellschaft aber gleichwohl durch überhöhte Wilddichten, die seit mindestens 150 Jahren jegliche Verjüngung zum Scheitern verurteilen.

Naturschutz:
Trotz oder vielleicht gerade wegen ihres hohen Natürlichkeitsgrades beherbergt die Gesellschaft nur relativ wenige naturschutzrelevante Arten. Dies liegt wohl einerseits in der extremen standörtlichen Situation, andererseits aber auch in der Höhenlage und räumlichen Isolation vieler Bestände begründet, wodurch viele wärmeliebende bzw. ausbreitungsuntüchtige Arten von vorne herein ausgeschlossen sind. Gleichwohl enthält die Gesellschaft mit *Leontodon incanus*, *Rhamnus saxatilis* und *Coronilla emerus* einige bemerkenswerte Arten, die hier sehr naturnahe Wuchsorte besitzen. Hervorzuheben sind aber auch die reichen Vorkommen von Felsspaltenarten wie *Hieracium glaucum*, *Rhamnus pumila*, *Potentilla caulescens* u.a., die in kaum einer anderen Gesellschaft derart gehäuft und individuenreich auftreten. Überragende Bedeutung besitzt die Gesellschaft als Lawinen- und Steinschlagschutzwald im Raum Scharnitz (Foto 11 und 29). Sofern es nicht gelingt, die verheerende Verjüngungssituation durch eine Lösung des Schalenwildproblems zu verbessern, ist dort altersbedingt langfristig mit Auflösungstendenzen zu rechnen, die eine gravierende Gefährdung der Infrastruktur im Talraum bedeuten könnten!

6.2.1.2 Der Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum teucrietosum)

(Stetigkeitstabelle 2, S. 80; Vegetationstabelle 2a im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Auf etwas weniger extremen Standorten, bei denen der blanke Fels nicht mehr flächig zu Tage tritt, findet man in den Randalpen verbreitet den Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwald. Die Zusammensetzung der Baumschicht ist noch ähnlich der des Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwaldes, wenngleich Spirken deutlich seltener in Erscheinung treten. Die Bestände sind im Durchschnitt etwas wüchsiger (Abb. 10), erreichen aber gleichfalls nur selten eine Oberhöhe von mehr als 12 bis 15 m. Eine Strauchschicht fehlt aus den oben bereits angeführten Gründen ebenfalls fast vollständig.

Im Gegensatz zum Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald ist die Bodenvegetation in dieser Gesellschaft bereits flächendeckender entwickelt. In der Regel dominieren darin noch niederwüchsige Arten wie *Carex humilis*, *Sesleria varia* und *Carex sempervirens*, doch treten oft auch bereits in erhöhten Men-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

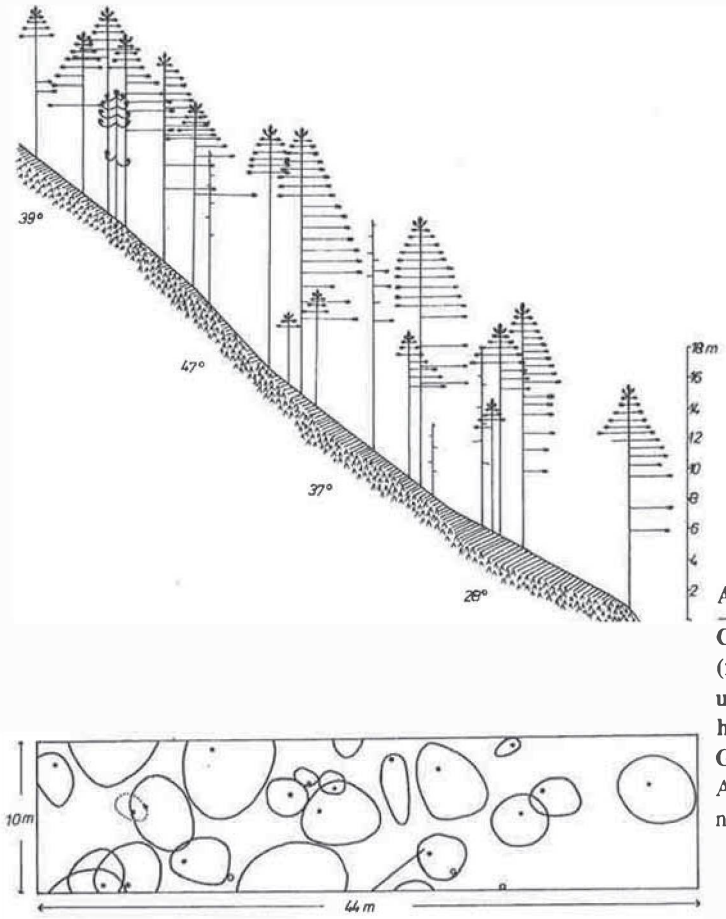


Abbildung 10

Calamagrostio-Pinetum teucrietosum (flachgründiger, steiler Oberhangbereich) und C.-P. knautietosum (flacherer Unterhang): Bestandesprofil am Ofenberg bei Griesen (920 m N. N.).
Aufnahme: Hölzel/Niedermeier, Zeichnung: Niedermeier

genanteilen Hochgräser wie *Calamagrostis varia* hinzu. Gegenüber dem Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald differenzieren ferner eine Reihe vergleichsweise mesophiler Arten wie *Festuca amethystina*, *Molinia caerulea* agg., *Potentilla erecta*, *Galium boreale*, *Aster bellidiastrum* und *Phyteuma orbiculare*.

Die Felsspaltenarten fehlen dagegen mit Ausnahme einzelner bisweilen übergreifender Arten wie *Globularia cordifolia* und *Primula auricula* fast vollständig. Die Gesellschaft enthält aber noch die kleinwüchsigen Lückenbüßer wie *Leontodon incanus*, *Teucrium montanum*, *Hippocrepis comosa*, *Linum carthaticum*, *Thesium rostratum* und *Coronilla vaginalis*, die hier teilweise sogar häufiger als im Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald anzutreffen sind. Lokal treten am Ofenberg zu dieser Gruppe auch noch *Dorycnium germanicum* und *Carex baldensis*.

Die kleinwüchsigen Lückenbüßer differenzieren insbesondere gegenüber der Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia*. Eine Moosschicht ist in der Regel nur sehr spärlich entwickelt. Neben der allgegenwärtigen *Tortella tortuosa* und dem Trockenrasenmoos *Rhytidium rugosum* sind darin vereinzelt bereits einige Grasfilz besiedelnde Arten wie *Scleropodium purum* und *Rhythidiadelphus triquetrus* enthalten.

Untergliederung:

Vom Normaltyp der Gesellschaft läßt sich eine frischere Variante mit *Polygala amarella*, *Valeriana saxatilis* und *Rhinanthus glacialis* abtrennen, in der neben dem meist reichlich vorkommenden Pfeifengras auch *Carex flacca* und *Galium boreale* eine deutlich höhere Stetigkeit erreichen.

Innerhalb dieser Variante sind teilweise auch bereits vermehrt vergleichsweise anspruchsvolle, frischebedürftige Mesophyten und Laubwaldarten wie *Rubus saxatilis*, *Laserpitium latifolium*, *Aquilegia atrata* und *Convallaria majalis* auzutreffen, die normalerweise erst verstärkt in der Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* auftreten.

Ökologie und Standort:

Die Gesellschaft besiedelt zumeist steile Dolomithänge, deren Flachgründigkeit noch keinen völligen Schluß der Bodenvegetation zuläßt. Zumeist handelt es sich dabei um konvexe Hangrücken, steile, felsdurchsetzte Schrofen oder die oberen Randzonen tief eingeschnittener Rinnen und Felsabstürze.

Im Gegensatz zur Subassoziation mit *Primula auricula*, mit der die Gesellschaft häufig in Kontakt steht, tritt der anstehende Fels höchstens kleinflächig offen zu Tage. Als Böden findet man fast durchweg mullartige oder Mull-Rendzinen (Profil 5 Kap. 3.5.2.3.), die sich im flachgründigen, oft extrem

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

steinigen Zersatz oder Verwitterungsschutt entwickelt haben.

Nach 10 bis 20 cm trifft man oft bereits auf den anstehenden Fels (Abb. 15), der nur im Bereich von einzelnen Verwitterungstaschen und Spalten tiefer entfestigt ist. Mullartige Rendzinen treten verstärkt bei besonders ausgeprägter Feinerdearmut und geringem Verwitterungsgrad des Ausgangssubstrates in den Vordergrund. Als Humusform findet man verbreitet L- oder F-Mull. Unter dominierenden Hochgräsern kann partiell aber auch bereits geringmächtiger Mull-Moder angetroffen werden. Die Bodenentwicklung verläuft aufgrund der häufigen Austrocknung des Oberbodens und der geringen Biomasseproduktion äußerst gehemmt.

Das Auftreten zahlreicher konkurrenzarmer Nischen, die den für die Gesellschaft so bezeichnenden kleinwüchsigen Lückenbesiedlern günstige Existenzbedingungen gewähren, ist insbesondere in der geringen Vitalität wuchskräftiger Hochgräser wie *Calamagrostis varia* und *Molinia caerulea* agg. zu suchen. Die Vitalität dieser transpirationsintensiven, vergleichsweise großblättrigen Arten wird vor allem eingeschränkt durch die edaphische Trockenheit und die starke Erwärmung der bodennahen Luftschichten aufgrund der zumeist nur sehr schütteren Überschirmung.

Dynamik:
Auf extrem flachgründigen Standorten ist die Gesellschaft eine sehr dauerhafte, wenig veränderliche Erscheinung. Mit fortschreitender Bodenentwicklung und zunehmendem Bestandesschluß kann es aber zu einer allmählichen Verdrängung der konkurrenzschwachen Lückenbüßer durch Hochgräser kommen, wodurch sich die Gesellschaft zur Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* weiterentwickelt.

Umgekehrt kann sich der Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwald bei natürlicher oder anthropogener Bestandesverlichtung aber auch wieder aus der Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* zurückentwickeln. Förderlich für das Auftreten ist ferner der wildverbißbedingte Totalausfall einer Strauchschicht, was zu einem erhöhten Licht- und Wärmegenuß der Bodenvegetation führt.

Verbreitung:
Der Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwald ist zumeist vergleichsweise kleinflächig innerhalb fast aller größeren randalpischen Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe anzutreffen. Größere Flächenausdehnung und Häufigkeit erlangt die Gesellschaft aber nur im klimatisch besonders warmen und trockenen Oberen Loisachtal westlich Garmisch, wo am steilen Südabfall des Ammergebirges auch größere zusammenhängende Bestände zu finden sind (Foto 1). Die *Polygala amarella*-Variante ist dagegen sehr bezeichnend für extrem steile Dolomithänge in besonders niederschlagsreicher, oft alpenrandnaher Lage (Isartal bei Vorderriß, Walchenseegebiet, Vorderes Loisachtal).

Nutzung:
Auf den zumeist sehr stark geneigten Standorten der Gesellschaft findet heute in der Regel keine Beweidung mehr statt.

In der Vergangenheit dürfte die Beweidung insbesondere auch mit Schafen und Ziegen aber eine wesentlich größere Bedeutung erlangt haben. Bei einem Teil der aufgenommenen Bestände ist auch nicht auszuschließen, daß sie ihre Existenz überhaupt einer lange zurückliegenden Standortdegradation durch Beweidung verdanken, die sich heute aber floristisch und strukturell nicht mehr nachvollziehen läßt.

Naturschutz:
Eine ganze Reihe von Arten wie *Leontodon incanus*, *Thesium rostratum* und *Coronilla vaginalis* besitzen in der Gesellschaft einen Schwerpunkt an natürlichen Vorkommen. Hervorzuheben sind ferner die individuenreichen Bestände von *Dorycnium germanicum* und *Carex baldensis* am Ofenberg bei Griesen, die innerhalb der randalpischen Hang-Kiefernwälder schwerpunktmäßig in dieser Subassoziation anzutreffen sind.

6.2.1.3 Der weidegeprägte Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwald mit Zittergras (Calamagrostio-Pinetum teucrietosum, Weidenutzungsform mit *Briza media*)

(Stetigkeitstabelle 2, S. 80; Vegetationstabelle 2a, im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Im Gegensatz zu den bisher besprochenen, überwiegend primären Beständen der Hanglagen haben wir es bei dieser Einheit des Calamagrostio-Pinetum mit einem in hohem Maße nutzungsbeeinflußten Kiefernwaldtyp zu tun. Physiognomisch handelt es sich in der Regel um sehr lockere, parkartig offene Bestände, die vielfach mehr den Eindruck eines kiefernüberstellten Weiderasens erwecken als den eines geschlossenen Waldes (Foto 24). Die locker stehenden, oft sehr bizarren Kieferngestalten können Oberhöhen von fast 20 m ereichen. Den Waldkiefern sind selten auch einzelne Fichten beigemischt.

Im Gegensatz zu den anderen Beständen der Hanglagen findet man hier oft eine vergleichsweise reich entwickelte Strauchschicht aus Mehlbeere, Faulbaum, Felsenbirne, Wolligem Schneeball und der besonders bezeichnenden Berberitze. Die reiche Entwicklung der Strauchschicht ist insbesondere auf die durch die Beweidung geschaffenen günstigen Ansamungsbedingungen und auf einen vergleichsweise geringen Wildverbißdruck in den zumeist in siedlungs- oder straßennahen Unterhangbereichen gelegenen Beständen zurückzuführen. Auch die Kiefer verjüngt sich in größeren Bestandeslücken sehr freudig und vital.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Das Gefüge der Bodenvegetation wird, ähnlich wie in der vorhergehenden Einheit, dominiert von niederwüchsigen, verbißharten Gräsern und Seggen wie *Carex humilis*, *Carex sempervirens* und *Sesleria varia*. Hochgräser wie *Calamagrostis varia*, *Molinia caerulea* agg. und *Brachypodium rupestre* treten demgegenüber quantitativ meist in den Hintergrund, da sie durch die regelmäßige Beweidung in ihrer Vitalität deutlich geschwächt werden. Durch das weidebedingte Zurücktreten der Hochgräser werden wiederum die gleichen kleinwüchsigen Lückenbesiedler gefördert, die für die zuvor beschriebene Gesellschaft bezeichnend sind. Während *Leontodon incanus* deutlich seltener in Erscheinung tritt, gelangen durch die Beweidung gerade *Coronilla vaginalis* und *Thesium rostratum* hier zu maximaler Stetigkeit und Abundanz.

Zu den Lückenzeigern treten zahlreiche weitere Arten, die direkt oder mittelbar durch die Beweidung gefördert werden und der Einheit ein floristisch sehr eigenständiges Gefüge geben. Neben typischen verbißtoleranten Weidezeigern und Grünlandarten wie *Briza media, Trifolium pratense, Succisa pratensis, Lathyrus pratensis, Plantago media* und *P. lanceolata* finden sich darunter auch viele Arten bewirtschaftungsgeprägter Halbtrockenrasen wie *Centaurea scabiosa, Sanguisorba minor*; *Anthyllis vulneraria ssp. alpestris* und *Bromus erectus*. Auffallend ist auch das gehäufte Auftreten thermophiler Saumarten wie *Peucedanum cervaria* und *P. oreoselinum*, die gemeinhin als wenig weidetolerant gelten, in unserem Falle aber offensichtlich eher gefördert werden. Im Gegensatz zu den Einheiten flachgründiger Primärstandorte sind hier in noch stärkerem Maße bereits frischebedürftige Arten und Laubwaldelemente wie *Knautia dipsacifolia, Platanthera bifolia, Gymnadenia conopsea, Salvia glutinosa* und *Hepatica nobilis* anzutreffen. Eine Moosschicht ist in der Regel nur sehr spärlich entwickelt. Sie enthält die gleichen Arten wie die des Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwaldes.

Das bunte Gemisch aus ökologisch und soziologisch oft recht gegensätzlichen Arten machen den Weide-Kiefernwald mit häufig über 70 Arten pro Aufnahme zur mit Abstand artenreichsten Erico-Pinion-Gesellschaft der randalpischen Hanglagen. Der Artenreichtum ist in erster Linie begründet in der extrem großen Vielfalt an kleinstandörtlichen Nischen, die durch die extensive Beweidung geschaffen werden. So wechseln extrem kurzrasige Flächen, die stark betreten und beweidet werden, oft kleinräumig mit weniger stark beanspruchten Flächen an der Stammbasis der Kiefern oder im Randbereich von Strauchgruppen ab. Ähnlich reich differenziert ist aufgrund der sehr lichten Struktur die mikroklimatische Situation innerhalb der Bestände. Von besonderer Bedeutung sind die durch Tritt entstehenden Oberbodenverletzungen, auf denen konkurrenzschwache Arten immer wieder die Möglichkeit zur Etablierung finden. Ausschlaggebend für den besonderen Reichtum der Gesellschaft gerade an thermophilen Sippen ist aber auch die warme Unterhanglage der meisten Bestände.

Der Anschluß an die Subassoziation mit *Teucrium montanum* als weidegeprägte Nutzungsform ist in erster Linie floristisch im Auftreten der gleichen kleinwüchsigen Lückenbesiedler begründet. Deren Vorkommen ist in beiden Einheiten ursächlich bedingt im hohen Lichtgenuß der Bodenvegetation und im deutlichen Zurücktreten wuchskräftiger Hochgräser. Dabei gilt es aber nicht zu übersehen, daß diese Bedingungen im einen Fall durch die primärstandörtliche Flachgründigkeit und Trockenheit geschaffen werden, während im anderen Fall vor allem die Beweidung hierfür von maßgeblicher Bedeutung ist. Verkürzt und stark vereinfacht läßt sich dieses auch in Trockenrasen häufig zu beobachtende Phänomen auf die Formel bringen: "Beweidung ersetzt Flachgründigkeit". Die insgesamt wesentlich mesophileren Bedingungen im Weide-Kiefernwald ermöglichen aber zusätzlich das Auftreten von zahlreichen Arten, die den extremen Standortverhältnissen im reinen Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwald nicht gewachsen wären.

Standort und Ökologie:
Die Gesellschaft ist meist im Bereich leicht zugänglicher, aber gleichwohl teilweise recht steiler Unterhangbereiche zu finden Foto 24 und 30). Dabei handelt es sich aber meist keineswegs um ausgesprochene edaphische Extremstandorte; vielmehr unterscheiden sich die Flächen, auf denen die Gesellschaft stockt, hinsichtlich ihrer primären Standortfaktoren wie Gründigkeit und Neigung oft sogar kaum von denen benachbarter Bergmischwälder. Das Auftreten der Gesellschaft ist also meist nicht primär standörtlich, sondern in erster Linie nutzungsbedingt zu erklären. Die Bestände stehen allerdings fast immer im Kontakt zu waldfeindlichen Reliktstandorten auf Felsen, am Rande von tief eingeschnittenen Hangrinnen oder mittlerweile fossilen Lateralerosionshängen. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich um sekundär erweiterte Primärbestände, wodurch sich auch die in der Regel sehr reichhaltige Ausstattung an reliktischen Arten erklären läßt. Benachbarte Primärbestände befinden sich oft an den steileren Oberhängen oder bisweilen auch in den angrenzenden Auen.

Als Böden treten wiederum fast durchweg Rendzinen (Profil 6: Kap. 3.5.2.3.) auf, die aber im Vergleich zu unbeweideten Flächen oft recht schwach entwickelt und humusarm sind. Verantwortlich hierfür sind wohl in erster Linie die sehr lichte Bestandesstruktur und der langanhaltende Biomasseentzug durch Beweidung, die zu einem deutlichen Humusschwund geführt haben (vgl. BOCHTER et al. 1981). Ferner kommt es durch den Viehtritt immer wieder zu einer partiellen Abschwerung und Entblößung des humosen Oberbodens, wodurch gleichfalls Humusverlusten durch Mineralisation und Abschwemmung Vorschub geleistet wird, und gleichzeitig besonders flachgrün-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

dige Partien akzentuiert und "herauspräpariert" werden.

Dynamik:
Viele Bestände dieser Einheit entstanden in der Vergangenheit wohl durch Kiefernanflug aus Lichtweideflächen (Foto 10). Rezent kann dieser Prozeß z. B. am Kienberg bei Oberjettenberg oder am Krepelschrofen bei Wallgau beobachtet werden.

Eine Einstellung der Beweidung führt bei fehlendem oder schwachem Wildverbiß infolge Zäunung, straßen- oder siedlungsnaher Lage der Bestände zu einer raschen Entwicklung des oft sehr reich vorhandenen Gehölzverjüngungspotentials. Im Extremfall können dabei innerhalb weniger Jahre dichte Verjüngungsbestände aus Sträuchern und Baumjungwuchs entstehen, die zu einem raschen Ausfall heliophiler, konkurrenzschwacher Arten führen. Vielerorts wird eine Entwicklung der Gehölzverjüngung aber durch Schalenwildverbiß fast vollständig unterbunden. In diesem Fall vollzieht sich eine Weiterentwicklung deutlich langsamer. Der Ausfall der Beweidung führt hier zu einer sukzessiven, mehr oder weniger flächigen Ausbreitung wuchskräftiger Hochgräser, die durch den Aufbau von Streudecken (Verfilzung) allmählich die für die Einheit so bezeichnenden konkurrenzschwachen Lückenbesiedler ersticken. Durch die zunehmende Vergrasung verschlechtern sich aber auch die Etablierungsmöglichkeiten für Gehölze, so daß bei anhaltendem Verbiß sehr persistente, hochgrasdominierte Brachestadien entstehen, die dem Typus der weit verbreiteten Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* entsprechen (Foto 26).

Verbreitung:
Größere, rezent noch beweidete Bestände dieser Einheit sind nur noch im Werdenfelser Land im Hangfußbereich des Ofenbergs bei Griesen, am Heuberg zwischen Farchant und Oberau sowie am Wankhangfuß bei Partenkirchen zu finden. Am Krepelschrofen bei Wallgau und auf einigen kleineren Flächen nördlich Mittenwald ist die Beweidung mittlerweile eingestellt; sie entsprechen aber hinsichtlich ihrer floristischen Struktur noch dem Typus der Einheit. Außerhalb des Werdenfelser Landes sind ähnliche Bestände in Bayern nur noch am Kienberg bei Oberjettenberg zu finden, bei denen es sich aber um sehr junge, dichte Kiefernanflüge auf einer Heimweide handelt, die sich strukturell mit dem Grundtyp der Einheit nurmehr sehr bedingt vergleichen lassen.

Nutzung:
Die rezent noch beweideten Bestände werden in der Regel zweimal im Jahr, jeweils vor und nach der Alpung, für 2 bis 3 Wochen mit Rindern bestoßen. Teilweise, wie am Wankhangfuß und früher auch am Krepelschrofen, erfolgt eine Beweidung aber auch während des Sommers (Heimweiden des Milchviehs). Der Weidedruck ist allgemein recht gering und konzentriert sich auf größere Lichtflächen innerhalb der Bestände. Hangaufwärts nimmt die Beweidungsintensität normalerweise nochmals deutlich ab. Zur Offenhaltung der Weideflächen werden von den Landwirten zu dichte Verjüngungsgruppen teilweise aufgelichtet, um dem Vieh den Zugang zu erleichtern. Derartige Weidepflegemaßnahmen lassen jedoch stark nach.

Naturschutz:
Die Bestände der Gesellschaft enthalten besonders viele gefährdete und seltene Arten. Hervorzuheben sind die reichen Vorkommen von *Coronilla vaginalis* und *Thesium rostratum*, die hier außerhalb der Auen ihre individuenreichsten Populationen besitzen. Von großer Bedeutung ist die Gesellschaft ferner für einige im bayerischen Alpenraum sehr seltene, streng lokalisierte thermophile oder reliktische Arten wie *Dorycnium germanicum*, *Carex baldensis*, *Peucedanum cervaria*, *Peucedanum oreoselinum*, *Geranium sanguineum*, *Cirsium tuberosum* und *Rhamnus saxatilis*, die hier innerhalb des Calamagrostio-Pinetum einen deutlichen Verbreitungsschwerpunkt haben. Floristisch noch reicher ausgestattet sind die zahlreichen offenen Lückenrasen, die die Bestände in der Regel durchsetzen. Begünstigt wird der floristische Reichtum vieler Bestände durch die warme Unterhanglage, die das Auftreten thermophiler Sippen in hohem Maße begünstigt.

Aufgrund ihres Strukturreichtums dürften die Weide-Kiefernwälder auch in zoologischer Sicht von herausragender Bedeutung sein; hierzu fehlen aber bisher eingehende Untersuchungen.

Schließlich bieten sie letzte Beispiele ästhetisch überaus reizvoller, vorindustrieller Hudelandschaften, wie sie außerhalb der Alpen kaum mehr anzutreffen sind (POTT & HÜPPE 1991).

6.2.1.4 Der Waldwitwenblumen-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum knautietosum)

(Stetigkeitstabelle 2, S. 80; Vegetationstabelle 2b im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Eindeutig von üppig entwickelten Hochgräsern dominierte Bestände bilden in den Hanglagen der Bayerischen Alpen den weitverbreiteten "Normaltyp" der Buntreitgras-Kiefernwälder. Im Regelfall handelt es sich dabei um vergleichsweise wüchsige Bestände (Abb. 10), denen oft einzelne mitherrschende Fichten und unterständige Mehlbeeren beigemischt sind (Abb. 11). Sehr vereinzelt sind auch Bergahorn, Buche und baumförmige Wacholder anzutreffen. Die Kiefern bilden vergleichsweise geschlossene Bestände, die Oberhöhen von bis zu 25 m erreichen.

Eine Strauchschicht gelangt aufgrund des Wildverbisses wiederum kaum je zu stärkerer Entwicklung. In der oft stark zurückgebissenen Gehölzverjüngung sind aber sehr häufig Mehlbeere, Bergahorn, Fel-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

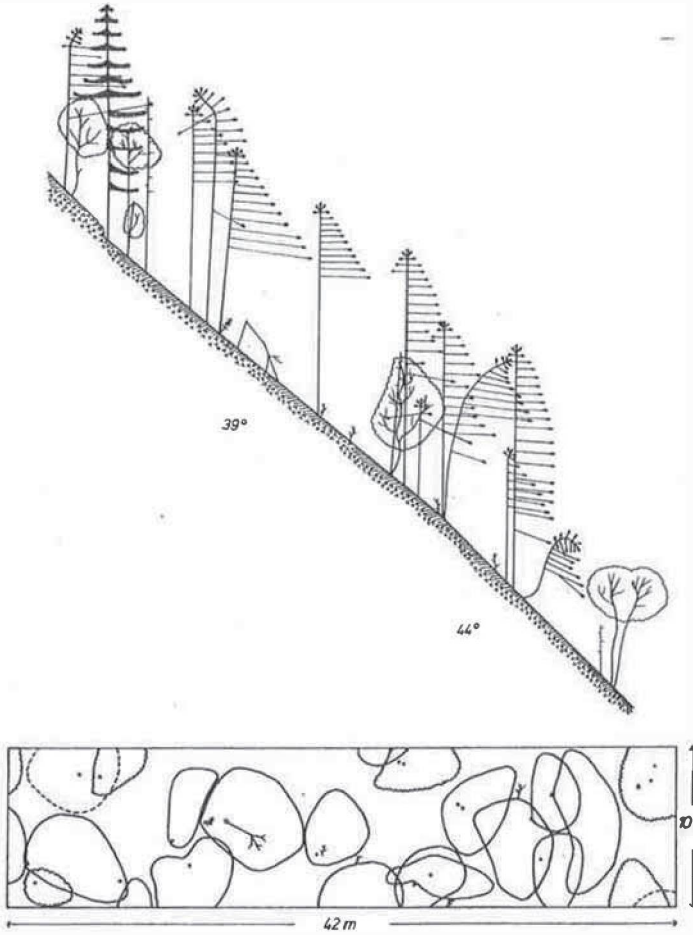


Abbildung 11

Calamagrostio-Pinetum knautietosum, *Molinia*-Fazies: Bestandesprofil eines ehemals beweideten und streugenutzten Bestandes am Heuberg bei Oberau (810 m N.N.).
Aufnahme: Hölzel/Niedermeier, Zeichnung: Niedermeier

senbirne, Faulbaum sowie seltener auch Fichte und vereinzelt sogar bereits Buchen anzutreffen. Andere thermophile Sträucher wie Felsenkreuzdorn, Berberitze, Filzige Zwergmispel und Wolliger Schneeball sind vergleichsweise selten und wenn, dann vorzugsweise in ehemals stärker beweideten, talnahen Bereichen anzutreffen.

Die Bodenvegetation wird eindeutig dominiert von wuchskräftigen Hochgräsern wie *Calamagrostis varia*, *Molinia caerulea* agg. und etwas seltener auch *Brachypodium rupestre*, die jeweils in stark wechselnden Mengenanteilen auftreten können. Lediglich auf Hangverflachungen mit vergleichsweise feinerdearmen, sandig-kiesigen Böden kann auch die Schneeheide einmal stärker in den Vordergrund treten. Zu den normalerweise dominierenden Hochgräsern gesellen sich auffallend viele weitere Grasartige wie *Sesleria varia*, *Festuca amethystina*, *Carex humilis*, *Carex sempervirens*, *Carex montana*, *Carex flacca* und oftmals aspektbildend auch *Anthericum ramosum*, die den optischen Eindruck eines ausgesprochenen Gras-Kiefernwaldes noch zusätzlich verstärken.

Die Gräser bauen mit ihrer Nekromasse mächtige Streudecken auf, wodurch die für die Subassoziation mit *Teucrium montanum* so bezeichnenden kleinwüchsigen Lückenbüßer fast vollständig ausfallen und allenfalls noch als abgängige Relikte ehemaliger Beweidung in Erscheinung treten. Auch andere, etwas weiter verbreitete kleinwüchsige Arten, wie etwa *Thymus polytrichus* und *Thesium alpinum*, gehen in ihrer Stetigkeit deutlich zurück.

Stattdessen findet man in den Beständen verstärkt hochschaftige, frischebedürftige Mesophyten, wie etwa *Knautia dipsacifolia*, *Rubus saxatilis*, *Laserpitium latifolium*, *Aquilegia atrata*, *Origanum vulgare* und *Pteridium aquilinum* neben typischen Laubwaldarten wie *Salvia glutinosa*, *Convallaria majalis*, *Prenanthes purpurea*, *Lilium martagon*, *Cephalanthera rubra* und *longifolia*, *Daphne mezereum*, die deutlich auf den wesentlich mesophileren Charakter des Standortes verweisen.

Die Anreicherung mit diesen anspruchsvollen Arten ist entsprechend den lokalen geographischen Lagebeziehungen der Bestände und der spezifischen Bestandesgeschichte oft noch uneinheitlich, so daß die einzelnen Arten teilweise recht unstet erscheinen, in ihrer Summe aber gleichwohl den gemäßigteren Bestandescharakter deutlich zum Ausdruck bringen. Unter der dichten Streudecke der Gräser vermag sich eine Moosschicht nur sehr fragmentarisch zu entwickeln.

Darin enthalten sind neben Kalkmoosen wie *Tortella tortuosa*, *Ctenidium molluscum* und *Fissidens cristatus* regelmäßig Streufilzarten wie *Scleropodium purum* und *Rhythidiadelphus triquetrus* sowie sehr spärlich auch *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens* und *Pleurozium schreberi*, die kleinflächig saure Mikrochore besiedeln.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Untergliederung:
Die Gesellschaft läßt sich weiter untergliedern in eine Typische Variante und eine Variante mit *Carex alba*. Letztere vermittelt standörtlich und syngenetisch bereits deutlich zu Buchenwaldgesellschaften, worauf neben dem häufigeren Vorkommen von Buchenverjüngung auch einzelne weitere Laubwaldarten wie *Viola reichenbachiana* und *Neottia nidus-avis* hindeuten. In der Tabelle wurde ferner noch eine "artenarme Variante" ausgeschieden, in der die anspruchvollen mesophytischen Begleiter noch sehr spärlich vertreten sind. Innerhalb dieser Varianten läßt sich wiederum jeweils eine *Molinia*-Fazies unterscheiden, die auf tonreicheren Substraten bzw. zeitweilig von seichtem Interflow durchsickerten konkaven Hangformen, sowie oft generell in besonders niederschlagsreichen, meist alpenrandnahen Lagen dominiert. Im Extremfall handelt es sich dabei um fast hüfthohe, überaus üppig entwickelte *Molinia*-Dominanzbestände (Foto 26), die sehr dicke, bis zu 15 cm mächtige, verdämmende Streudecken aufbauen und dadurch oftmals besonders artenarm sind.

Auf eine frühere Beweidung vieler Bestände deuten wiederum die bereits oben erwähnten Weidezeiger (u.a. auch *Pteridium aquilinum*) und andere, mittelbar durch Beweidung begünstigte Arten (z.B. Saumarten) hin.

Standort und Ökologie:
Die Gesellschaft besiedelt Standorte, die sich oft nur unwesentlich oder gar nicht von denen benachbarter trockener Bergmischwälder unterscheiden. Außer in extremen Steillagen mit über 40° Neigung und oft entsprechend flachgründigen Böden ist sie auch häufig auf Hängen mittlerer Neigung mit vergleichsweise tiefgründigen Hangschuttdecken anzutreffen. Als Böden findet man neben reifen Mull-Rendzinen (Profil 7: Kap. 3.5.2.3.) häufiger auch bereits fortgeschrittenere Bodenentwicklungen wie Lehmrendzinen und Terra fusca-Vorstufen (Profil 8: Kap. 3.5.2.3.). Bestände auf tiefgründigen, nur durchschnittlich geneigten Standorten mit vergleichsweise reifer Bodenentwicklung sind wohl überwiegend sekundärer Natur und besitzen das Potential einer mittelfristigen Weiterentwicklung zu Bergmischwäldern.

Dynamik:
Bei vielen Vorkommen der Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* handelt es sich zweifelsfrei um Brachestadien ehemaliger Weide- und Streunutzungswälder. Nach Einstellung der extensiven Nutzung zeigen heute viele Bestände eine deutliche Tendenz der Weiterentwicklung zu seggenreichen Bergmischwäldern. Dies läßt sich insbesondere anhand der Zusammensetzung der Gehölzverjüngung, aber auch im Auftreten anspruchsvoller Laubwaldarten sehr deutlich ablesen.
Eine mögliche Weiterentwicklung scheitert derzeit aber großflächig am Wildverbiß. Hemmend auf eine mögliche Sukzession wirkt sich ferner die starke Vergrasung aus, die den Gehölzjungwuchs durch den Aufbau von Streudecken und massive Wurzelkonkurrenz in der Keimungs- und Etablierungsphase sehr stark beeinträchtigt. Die Bestände besitzen dadurch selbst auf besonders günstigen Standorten (z.B. Terra-fusca-Rendzina, Kap 3.5.2.3.) ein erstaunliches Beharrungsvermögen (Persistenz). Eine merkliche Weiterentwicklung ist derzeit nur dort zu beobachten, wo durch Zäunung (Foto 28) oder scharfe Bejagung (z.B. Forstamt Bad-Reichenhall) der Wildverbiß als limitierender Faktor weitgehend ausgeschaltet wird.

Neben Beständen, die ihre Existenz überwiegend historischer Nutzung verdanken, gibt es aber auch Vorkommen, die kaum einer Weiterentwicklung zu Bergmischwäldern unterliegen dürften. Dabei handelt es sich insbesondere um extrem steile und flachgründige edaphische Extremstandorte oder auch häufig gestörte Standorte, wie etwa die Randzonen von Schutt- und Lawinarbahnen. Die Gesellschaft kann aber auch auf entsprechend prädisponierten Standorten nach natürlicher oder anthropogener Zerstörung der ursprünglichen Bergmischwälder durch Kahlschlag, Brand, Lawinen oder Kalamitäten ein Stadium im Rahmen sekundärer Sukzessionen darstellen.

Der dynamische Charakter ist anhand rein florstischer Befunde oft kaum zu beurteilen. Vielmehr müssen für eine sichere Trennung von mehr oder weniger dauerhaften Primärbeständen und dynamischen Sekundärbeständen zusätzlich strukturelle (z.B. Vitalität der Kiefer, Anteil an Mischbaumarten) und standörtliche Kriterien mit herangezogen werden. Eine natürliche Verjüngung der Kiefer ist bei dieser Einheit nur nach größeren Bestandeszusammenbrüchen oder aber, wie mehrfach beobachtet, sehr punktuell im Wurzeltellerbereich windgeworfener Altbäume möglich.

Verbreitung:
Die Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* des Buntreitgras-Kiefernwaldes ist der mit Abstand am weitesten verbreitete und häufigste Typus der randalpischen Hangkiefernwälder. Die Bestände dieser Einheit bilden in der Regel die "Matrix" randalpischer Schneeheide-Kiefernwaldkomplexe, in die sich die anderen Subassoziationen und gehölzfreien Kontaktgesellschaften (Lückenrasen, Kalkquellsümpfe) auf vergleichsweise bescheidener Fläche einfügen. Sehr selten ist die Einheit auf Wettersteinkalk anzutreffen, da entsprechende Standorte dort in der Regel bereits von Bergmischwäldern eingenommen werden.

In besonders niederschlagsreichen, meist alpenrandnahen Bereichen, wie z.B. im vorderen Loisachtal, im Walchenseegebiet, im Isartal um Vorderriß und im Saalachtal südlich Reichenhall ist großflächig fast ausschließlich die *Molinia*-Fazies zu finden. Bestände, die noch eine gewisse Zahl an reliktischen, zumeist hochschaftigen Weidezeigern aufweisen, liegen meist an der Peripherie derzeit

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

noch bestoßener Flächen, werden vom Vieh heute aber kaum mehr betreten.

Naturschutz:
Die Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* enthält vergleichsweise wenig seltene und gefährdete Arten. Bei den spärlichen Vorkommen von *Thesium rostratum*, *Leontodon incanus*, *Scorzonera humilis*, *Cirsium tuberosum*, *Linum viscosum* oder *Gladiolus palustris* handelt es sich zumeist um letzte, schwache Einstrahlungen benachbarter Lückenrasen oder abgängige Relikte einer ehemaligen Beweidung oder Streunutzung. Eine gewisse überregionale Bedeutung aus floristischer Sicht haben lediglich die großflächigen und individuenstarken Populationen von *Festuca amethystina* und *Asperula tinctoria*. Von hoher naturschutzfachlicher Bedeutung ist die Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* aber gleichwohl als vergleichsweise großflächig entwickeltes, in den Randalpen generell seltenes Trocken-Kiefernwald-Ökosystem sowie in ihrer Vernetzungs- und Matrixfunktion für besonders wertvolle Teilflächen innerhalb der randalpischen Buntreitgras-Kiefernwald-Komplexe.

6.2.2 Die Alluviale Subassoziationsgruppe

(Stetigkeitstabelle 3, S. 94; Vegetationstabelle 3 im Anhang)

6.2.2.1 Der Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum dryadetosum)

(Stetigkeitstabelle 3, S. 94; Vegetationstabelle 3 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:

Der Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwald ist das jüngste und unreifste Glied der Waldentwicklung auf nicht mehr oder nur noch ausnahmsweise überfluteten Schotterterrassen der Alpenflüsse. Es handelt sich dabei um schüttere Krüppelkiefernbestände aus Waldkiefern oder aufrechte Formen der Bergkiefer, deren Bestockungsgrad (15-30 % Deckung) und Wuchshöhe (3-5 m) oft derart gering sind, daß man zunächst zögert, überhaupt von einem Wald zu sprechen (Foto 4). Trotz der kümmerlichen Entwicklung der Gehölzschicht signalisiert ein Blick auf die Bodenvegetation aber deutlich, daß man es bereits mit einer zwar standörtlich extremen, initial-pionierhaften, gleichwohl aber deutlich erkennbaren Erico-Pinion-Phytozönose zu tun hat.

Im Extremfall können die Kiefern auf derartigen Standorten auch noch fast vollständig fehlen. Dies gilt beispielsweise für die Isarauen zwischen Bad Tölz und Lenggries, wo in Ermangelung samenspendender Altbestände in der näheren Umgebung die Kiefern trotz des vergleichbaren Alters der Flächen mit Beständen an anderen Laufabschnitten bisher nur sehr spärlich Fuß fassen konnten. Stellenweise wird aber auch das Aufkommen von Gehölzen durch besonders hohen Weidedruck und gezielte Weidepflegemaßnahmen (Ausmähen) bis in die Gegenwart unterbunden wie z. B. in den Isarauen bei Wallgau (BISSINGER & BOHNERT 1990).

Zwischen den extrem locker stehenden Krüppelkiefern ist meist eine gleichfalls lockere, niedrigere Strauchschicht aus reichlich nachdrängender Kiefernverjüngung sowie abgängigen Exemplaren der Lavendelweide (*Salix eleagnos*) und bisweilen auch der Grauerle (*Alnus incana*) zu finden. Ergänzt wird das Artenspektrum der Strauchschicht durch lokal stark wechselnde Anteile an Wacholder und einzelnen, wenig vitalen Fichten. Lokal (Isaraue zwischen Bad Tölz und Lengries) können insbesondere bei fehlendem Konkurrenzdruck durch Kiefern auch Birken in der Strauchschicht eine bedeutende Rolle spielen.

Das Erscheinungsbild der extrem lückigen Bodenvegetation wird maßgeblich bestimmt durch spalierbildende Zwergsträucher wie *Dryas octopetala*, *Globularia cordifolia* und seltener auch *Teucrium montanum*, die mit ihren dichten Polykormonen den nackten Kiesuntergrund überziehen. Dazwischen finden sich oft bereits einzelne Horste von *Sesleria varia*, *Carex humilis*, *Carex ericetorum* oder *Molinia caerulea* agg. Im Schatten- und Nadelwurfbereich der Kiefern stellen sich aber auch bereits größere Polster von *Erica herbacea* ein.

Zwischen den Zwergstrauchspalieren und den Horsten der Gräser und Seggen tritt der nackte Rohboden in der Regel noch auf über 50% der Fläche offen zu Tage. Hier siedelt eine Vielzahl von konkurrenzschwachen, kleinwüchsigen Lückenbesiedlern und Rohbodenpionieren, insbesondere aus alpinen Rasen- und Schuttgesellschaften, die neben den Spalieren von *Dryas octopetala* der Gesellschaft ihr unverwechselbares floristisches Gepräge geben. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang insbesondere *Hieracium glaucum*, *Saxifraga caesia*, *Carex ericetorum*, *Gypsophila repens*, *Petasites paradoxus*, *Hieracium piloselloides* und *Tolpis staticifolia*. Größtenteils handelt es sich dabei um Sukzessionsrelikte der auenspezifischen Schwemmlings- und Weiden-Tamariskenfluren, aus denen die Bestände zumeist hervorgegangen sind. Neben den besonders spezifischen, oben genannten Rohbodenpionieren haben auch weiter verbreitete, konkurrenzschwache Lückenbesiedler wie *Leontodon incanus*, *Linum catharticum*, *Antennaria dioica*, *Thesium rostratum* u. a. in dieser Subassoziation einen deutlichen Schwerpunkt.

Mit auffallend hoher Stetigkeit sind aber auch bereits vergleichsweise mesophile Arten wie *Carex flacca* zu finden, während andere, ansonsten häufige Mesophyten und Wechseltrockniszeiger wie *Galium boreale*, *Ranunculus nemorosus*, *Gymnadenia conopsea* noch fast vollständig fehlen. Dies gilt auch für die Kennarten *Festuca amethystina* und *Aquilegia atrata*. Mesophilere Arten konzentrieren sich, wie auch die Kennarten *Erica herbacea*, *Polygala chamaebuxus* und *Epipactis atrorubens*, zumeist auf den unmittelbaren Schatten- und Nadelwurfbereich

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Stetigkeitstabelle 3

Calamagrostio-Pinetum, alluviale Subassoziationsgruppe
(gekürzte Stetigkeitstabelle nach 44 Aufnahmen von LORENZ 1993, 16 Aufnahmen von HÖLZEL, 4 Aufnahmen von BICHLER 1993)

1: C.-P. dryadetosum
2: C.-P. thesietosum
3: C.-P. vaccinietosum
4: C.-P. epipactietosum
5: Alluvialer Weide-Kiefernwald (z. T. aufgedüngt)

Einheit Nr.:	1	2	3	4	5
Anzahl der Aufnahmen	18	17	10	12	7
Zahl der Arten	41	52	48	46	51
Lichtzahl	7.2	6.9	6.4	6.6	7.0
Temperaturzahl	3.7	3.9	4.0	4.2	4.1
Kontinentalit„tszahl	4.1	4.0	4.1	3.9	3.9
Feuchtezahl	4.2	4.3	4.4	5.0	4.6
Reaktionszahl	7.8	7.0	5.9	7.2	7.0
Stickstoffzahl	2.6	2.6	2.7	3.1	3.1
Bäume					
Pinus sylvestris B	I	+	V	IV	.
Pinus sylvestris B2	.	.	I	II	.
Pinus sylvestris S	IV	+	IV	IV	I
Pinus sylvestris K	IV	+	.	III	.
Pinus uncinata/rotundata B	I	V	II	III	V
Pinus uncinata/rotundata S	IV	III	.	II	III
Pinus uncinata/rotundata K	III	III	I	.	.
Picea abies B	I	I	IV	+	I
Picea abies B2	.	.	II	II	.
Picea abies S	II	III	IV	V	III
Picea abies K	II	II	IV	III	.
Alnus incana B	.	.	I	+	.
Alnus incana B2	.	.	.	I	.
Alnus incana S	.	.	.	III	.
Alnus incana K	+	.	.	II	.
Salix elaeagnos B	.	.	.	II	.
Salix elaeagnos B2	.	.	.	II	.
Salix elaeagnos S	IV	.	.	IV	.
Salix elaeagnos K	II	.	.	+	.
d 1					
Dryas octopetala	V	I	.	I	.
Hieracium glaucum	V	I	.	.	I
Tortella inclinata	IV	.	.	.	.
Saxifraga caesia	IV	.	.	.	.
Carex ornithopoda	IV	.	.	+	II
Carex ericetorum	IV	.	.	.	.
Salix elaeagnos	IV	.	.	V	.
Gypsophila repens	III	+	.	II	.
Petasites paradoxus	III	+	.	+	.
Hieracium piloselloides agg.	III	.	.	.	.
Ditrichum flexicaule	II	.	.	.	.
Carex baldensis	II	.	.	.	.
Tolpis staticifolium	II	.	.	.	.
d 1+2					
Globularia cordifolia	IV	III	.	I	II
Linum catharticum	IV	III	.	.	IV
Leontodon incanus	IV	III	.	.	.
Teucrium montanum	IV	II	.	.	.
Carex humilis	IV	II	.	I	.
Euphrasia salisburgensis	III	II	.	+	.
Tortella tortuosa	V	II	.	.	I
Thymus polytrichus (sp.)	V	IV	.	I	III
Thesium rostratum	III	IV	I	II	II
Coronilla vaginalis	II	IV	II	+	I
Antennaria dioica	III	IV	I	.	III
Gentiana clusii	II	V	.	II	II
Daphne cneorum	+	IV	I	.	.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Stetigkeitstabelle 3

d 2-5					
Galium boreale	+	V	V	III	IV
Ranunculus nemorosus	I	V	V	III	V
Gymnadenia conopsea	I	IV	IV	IV	III
Brachypodium rupestre	I	III	V	V	IV
Campanula rotundifolia	.	III	V	II	V
Hylocomium splendens	.	V	V	V	III
Rhytidiadelphus triquetrus	+	III	V	III	III
Pleurozium schreberi	+	V	V	III	II
Dicranum polysetum	.	V	V	I	I
d 3					
Vaccinium vitis-idaea	.	II	V	.	II
Homogyne alpina	.	II	V	.	II
Calluna vulgaris	.	I	V	.	I
Melampyrum pratense	.	III	V	.	I
Fragaria vesca	+	.	V	.	II
Astrantia maior	.	+	V	II	.
Agrostis capillaris	.	I	V	.	I
Carex montana	.	I	IV	+	.
Anthoxanthum odoratum	.	.	III	.	.
Knautia dipsacifolia	.	+	III	I	.
Fagus sylvatica K+S	.	.	III	.	.
Luzula nivea	.	.	III	.	.
Anemone nemorosa	.	.	II	.	.
Mercurialis perennis	.	.	II	.	.
Ptilium crista-castrensis	.	.	II	+	.
d 4					
Epipactis palustris	.	.	.	IV	.
Gentiana asclepiadea	.	+	.	IV	.
Carex panicea	I	.	.	III	.
Alnus incana	+	.	.	III	.
Dactylorhiza fuchsii	.	.	.	III	.
Succisa pratensis	.	.	.	III	.
Piagiochila asplenioides s.l.	.	+	I	III	.
Sanguisorba officinalis	.	.	.	III	.
Laserpitium latifolium	.	I	.	III	.
Angelica sylvestris	.	+	.	III	.
d 5					
Trifolium pratense	I	II	I	.	V
Centaurea jacea	+	I	I	II	V
Trifolium repens	.	.	.	.	V
Plantago lanceolata	I	II	I	.	V
Euphrasia rostkoviana	II	I	.	.	IV
Ononis repens	.	I	.	.	IV
Achiliea millefollum	.	.	I	.	IV
Plantago media	I	I	.	.	IV
Galium album ssp. album	.	+	I	II	III
Agrostis stolonifera	+	.	I	+	III
Chrysanthemum leucanthemum	.	+	.	.	III
Lolium perenne	.	.	.	.	III
Veronica chamaedrys	.	.	.	.	III
AC					
Festuca amethystina	+	V	III	III	II
Aquilegia atrata	.	II	II	.	.
DA					
Molinia caerulea agg.	IV	V	V	V	V
Potentilla erecta	III	V	V	V	V
Hippocrepis comosa	IV	V	III	III	V
Carex sempervirens	II	V	V	IV	III
Carex flacca	IV	III	I	V	III
Carlina acaulis	II	V	IV	II	V
Scabiosa lucida	II	IV	I	II	V
Galium anisophyllum	II	IV	IV	II	IV
Phyteuma orbiculare	II	III	IV	II	III
VC					
Erica herbacea	V	V	V	V	V
Polygala chamaebuxus	III	V	V	V	V
Epipactis atrorubens	V	IV	V	IV	III
Buphthalmum salicifolium	V	IV	III	III	III
Gymnadenia odoratissima	III	IV	II	+	I
Viola collina	+	I	III	II	I
Amelanchier ovalis	+	II	II	.	.
Rhamnus saxatilis	.	I	II	.	.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Stetigkeitstabelle 3

Sonstige Arten:					
Sesleria varia	V	V	V	V	V
Lotus comiculatus	IV	V	V	V	V
Calamagrostis varia	III	V	IV	V	II
Prunella grandiflora	IV	V	III	II	V
Tofieldia calyculata	IV	IV	II	IV	V
Hieracium murorum/bifidum	III	III	V	II	III
Briza media	III	III	III	II	V
Biscutella laevigata	IV	III	III	.	I
Juniperus communis	II	II	I	V	I
Lathyrus pratensis	.	III	.	V	V
Pimpinella saxifraga	I	III	IV	+	V
Sorbus aria K +S	I	II	V	III	.
Trifolium montanum	I	III	II	III	III
Leontodon hispidus	II	III	II	.	III
Listera ovata	I	III	I	V	.
Selaginella selaginoides	II	III	I	II	I
Melica nutans	II	I	I	IV	.
Asperula cynanchica	II	II	III	.	III
Ranunculus montanus	I	III	II	.	III
Aster bellidiastrum	I	III	.	I	III
Rhinanthus glacialis	.	III	II	III	I
Melampyrum sylvaticum	II	I	IV	.	I
Carex alba	I	I	II	III	I
Anthericum ramosum u. a.	.	II	III	II	.
Einheit Nr.:	1	2	3	4	5

der Kiefern, ein deutlicher Hinweis auf die extremen edaphischen und mikroklimatischen Verhältnisse der offenen Schotterflächen.

Sehr bezeichnend für die Gesellschaft ist das Auftreten von *Tortella inclinata,* die zusammen mit den spärlicher vertretenen Arten *Tortella tortuosa* und *Ditrichium flexicaule* die konkurrenzarmen Rohböden stellenweise mit dichten Polstern überzieht. Die bis 15% der Aufnahmefläche bedeckenden Polster von *Tortella inclinata* leisten gerade im Bereich der extremsten Mikrochore (Grobschotter) zunächst den entscheidenden Beitrag zur Humusakkumulation.

Ökologie und Standort:
Die Gesellschaft ist durchweg im Bereich kiesreicher, feinerdearmer Flußschotterterrassen und Griesstrecken anzutreffen. In der Regel handelt es sich dabei um sehr junge Standorte, die oft erst in Folge wasserbaulicher Maßnahmen während der letzten 100 bis 150 Jahre entstanden sind. Aufgrund der extremen Substratverhältnisse verläuft die Vegetations- und Bodenentwicklung äußerst gehemmt. Die Feinerde- und Humusarmut bedingt eine äußerst geringe nutzbare Feldkapazität und eine allgemeine Nährstoffarmut der Böden, die ihren sichtbaren Ausdruck in der schwachen Vitalität der Gehölze findet. Das Spektrum der Böden reicht von extrem humusarmen Auen-Lockersyrosemen (Kalk-Rambla) bis hin zu bereits etwas humusreicheren, flachgründigen Auen-Proto-Rendzinen (Proto-Borowina), die sich zunächst bevorzugt unter den Spalieren der Zwergsträucher und im Schatten- und Nadelwurfbereich der Gehölze entwickeln (Foto 4).

Nicht nur in edaphischer, sondern auch in mikroklimatischer Hinsicht zeichnet sich die Gesellschaft durch extreme Standortverhältnisse aus. Die extrem lückig entwickelte Baumschicht und Bodenvegetation hat in Verbindung mit der groben Textur des Substrats ein ausgesprochenes Strahlungsklima mit hohen Tagesamplituden zur Folge. Während sich wegen fehlender Überschirmung die Bodenoberfläche tagsüber extrem aufheizen kann, erfolgt in der Nacht eine ungehinderte, rasche Ausstrahlung. Verstärkt wird die extreme nächtliche Abkühlung durch abfließende Kaltluft aus den umgebenden Hanglagen in den ebenen Talgrund. Gerade dieses extreme Strahlungsklima begünstigt aber offensichtlich die Konkurrenzkraft alpiner Arten wie *Dryas octopetala* und *Saxifraga caesia,* die in ihrem Hauptverbreitungsgebiet in der alpinen Stufe mit ähnlich gravierenden täglichen Temperaturschwankungen zurechtkommen müssen.

Neben den standörtlichen Bedingungen sind die speziellen ausbreitungsbiologischen Gegebenheiten der Auen von entscheidender Bedeutung für die floristische Struktur der Gesellschaft. So ist das tiefmontane Auftreten zahlreicher normalerweise streng alpiner Arten wie *Dryas octopetala, Saxifraga caesia* oder bisweilen selbst *Leontopodium alpinum* (RINGLER mündl.) nicht alleine standörtlich durch die Bereitstellung adäquater Nischen zu erklären. Vielmehr kommt anhand dieser Arten die Bedeutung der Verfrachtung von Diasporen durch den Fluß zum Ausdruck. Neben dem Transport von Samen dürfte dabei insbesondere Verdriftung von vegetativen Teilen oder selbst ganzer Pflanzen auf abgeschwemmten Bodenschollen eine große Rolle spielen.

Von entscheidender Bedeutung für die rasche Kolonisierung der oft erst vor wenigen Jahrzehnten trockengefallenen Schotterterrassen dürfte ferner deren auffallend großer Reichtum an erdbewohnenden Ameisen sein, bei denen es sich nach SCHRET-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ZENMAYER (1950) zumeist um die offene, sandig-steinige Ödlandböden bewohnende Art *Lasius niger* handelt. Bei trocken-sonnigem Wetter wimmelt der Schotterboden von zahllosen Ameisen, die kleine Insekten, Blütenblätter, Samen und andere Pflanzenteile zu ihren Erdbauten tragen und deren aggressives Beißverhalten den Aufenthalt oftmals zu einer regelrechten Tortur werden läßt. Die auffallend rasche und oft flächige Besiedlung der jungen Schotterterrassen durch normalerweise ausgesprochen ausbreitungsträge Arten wie *Carex humilis* (KRAUS 1940) und andere ameisenverbreitete Arten, wie beispielsweise *Carex ericetorum*, *Thesium rostratum* und *Thesium alpinum*, ist wohl in erster Linie in der massenhaften Verschleppung von Samen und vegetativen Teilen durch die emsigen Ameisen begründet.

Neben der Verbreitung von Diasporen tragen die Ameisen aber auch durch das Herantransportieren von Pflanzenteilen aus benachbarten biomassereicheren Flächen und deren Einarbeitung in den kiesigen Untergrund durch intensive Grab- und Bautätigkeit in ganz entscheidendem Maße zur Humusakkumulation und Gefügebildung bei!

Nach Messungen von SCHRETZENMAYER (1950) weist das Substrat im Bereich der Ameisenbauten bereits einen deutlich geringeren Carbonat-Gehalt auf, wodurch die Ameisen offensichtlich auch den Prozeß der Carbonatlösung aktiv beeinflussen (Ameisensäure!). Auf beweideten Flächen spielt sicher auch die Verschleppung von Diasporen durch Weidevieh eine bedeutende Rolle für die vergleichsweise rasche Etablierung ansonsten ausbreitungsträger Arten.

Dynamik:
Die Gesellschaft entsteht durch Kiefernanflug nach rascher anthropogener oder natürlicher Flußbetteintiefung oder -verlagerung aus Schwemmlingsfluren (Chondrilletum chondrilloides), Weiden-Tamariskenfluren (Salici-Myricarietum) oder seltener auch Lavendelweidengebüschen (Salicetum elaeagni) (Foto 3).

Mit fortschreitender Vegetations- und Bodenentwicklung kommt es mittelfristig zu einem schrittweisen Ausfall der konkurrenzschwachen Rohbodenpioniere bei einer gleichzeitigen Ausbreitung mesophiler Arten, wodurch sich die Gesellschaft allmählich zur Subassoziation mit *Thesium rostratum* weiterentwickelt. Die Geschwindigkeit, mit der ein Abbau der Gesellschaft erfolgt, ist in hohem Maße abhängig von der Textur des Ausgangssubstrates und dem Ausmaß der anthropo-zoogenen Störungen. Auf extrem feinerdearmen Grobschotterstandorten nimmt eine Weiterentwicklung sicherlich mehrere Jahrhunderte in Anspruch. Sichere Anhaltspunkte hierfür liefert die Entwicklungsgeschwindigkeit seit Trockenfallen zahlreicher Schotterterrassen, auf denen die Gesellschaft heute stockt. So tragen praktisch alle im Verlauf der letzten 150 Jahre trockengefallenen Schotterterrassen heute noch den Silberwurz-Kiefernwald in mehr oder weniger reifen Stadien.

Verbreitung:

Die Gesellschaft ist heute schwerpunktmäßig entlang der Oberläufe von Isar und Lech anzutreffen. Durch wasserbauliche Maßnahmen hat der Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwald auf Kosten der Gesellschaften der funktionalen Aue während der letzten 150 Jahre einen beträchtlichen Flächenzuwachs erfahren. Ursprünglich war die Gesellschaft wohl nur vergleichsweise kleinflächig im Randbereich der oftmals den gesamten Talboden einnehmenden Aue angesiedelt und unterlag dort immer wieder der regelmäßigen Zerstörung durch den noch ungebändigten Wildfluß (Foto 3). Bedeutende Bestände sind heute in folgenden Gebieten zu finden:

- Oberer Lech zwischen Reutte und Stanzach (MÜLLER & BÜRGER 1990)
- Friedergries bei Grießen
- Loisachauen westl. Grießen
- NSG Riedboden zwischen Mittenwald und Scharnitz
- Isarauen zwischen Wallgau und Sylvensteinspeicher
- Isarauen zwischen Sylvensteinspeicher und Bad Tölz
- Weißachauen zwischen Rottach-Egern und Kreuth (BICHLER 1993).
- Isarauen bei Wolfratshausen (insbes. Ascholdinger Au)

Am außeralpischen Lech ist die Gesellschaft heute praktisch nicht mehr anzutreffen (MÜLLER mündl.).

Nutzung:
Die Bestände am Oberen Lech, im Friedergries, im Riedboden bei Scharnitz, in den Isarauen zwischen Krün und Vorderriß und in den Weißachauen werden bis heute mit Rindern beweidet. Bis nach dem zweiten Weltkrieg unterlagen auch die Bestände der Isarauen zwischen Lenggries und Bad Tölz der Beweidung (SCHRETZENMAYER 1950). Seit Einstellung der Beweidung macht sich dort eine zunehmende Verbuschung mit Wacholder und Birke bemerkbar.

Naturschutz:
Für den Bestand folgender Arten ist die Gesellschaft von regionaler und überregionaler Bedeutung: *Carex ericetorum*, *Viola rupestris*, *Hieracium glaucum*, *Hieracium oxyodon*, *Carex baldensis* (Loisachauen bei Grießen, Friedergries), *Dorycnium germanicum* (Ascholdinger Au). Eindeutige Verbreitungsschwerpunkte innerhalb dieser Einheit haben aber auch *Thesium rostratum*, *Leontodon incanus*, *Coronilla vaginalis* und *Gentiana utriculosa*. Im NSG Riedboden wurde ferner das seltene Dungmoos *Tetraplodon mnioides* gefunden.
Aus zoologischer Sicht sind insbesondere die reichen Vorkommen der gefleckten Schnarrschrecke (*Bryodema tuberculata*) von herausragender Bedeu-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

tung, die den Siberwurz-Buntreitgras-Kiefernwald neben den Schwemmlings- und Weiden-Tamariskenfluren als essentiellen Teilhabitat nutzt (vgl. PLACHTER 1986, REICH 1990). Ähnlich bedeutsam dürfte die Gesellschaft für Schmetterlinge (*Lepidoptera*) sein. So bestehen nach HUEMER (1991) am Oberen Lech und im NSG Riedboden beispielsweise Vorkommen des seltenen Quendel-Bläulings (*Pseudophilotes baton*). Ferner gelangen HUEMER (1991) am Oberen Lech Erstnachweise von zwei bisher aus Mitteleuropa nicht bekannten Kleinschmetterlingsarten. Eingehende zoologische Untersuchungen erscheinen daher gerade bei dieser Gesellschaft besonders lohnend.

6.2.2.2 Der Leinblatt-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum thesietosum)

(Stetigkeitstabelle 3, S. 94; Vegetationstabelle 3 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Auf älteren Flußterrassen, die sich durch eine bereits weiter fortgeschrittene Bodenentwicklung auszeichnen, findet man den alluvialen Buntreitgras-Kiefernwald mit Geschnäbeltem Leinblatt, der sich strukturell und floristisch deutlich vom Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwald unterscheidet (Foto 17). In der lichten Baumschicht herrschen Spirken oder Waldkiefern, die zumeist kaum eine Höhe von mehr als 10 m erreichen (Abb. 12).
Eine Strauchschicht ist häufig infolge früherer oder rezenter Weidenutzung nur sehr schwach entwickelt oder fehlt im Extremfall gänzlich. Neben Jungwuchs von Berg- und Waldkiefer, der sich häufig auf Bestandeslücken konzentriert, sind darin regelmäßig Fichte und Wacholder enthalten. Thermophile Sträucher wie *Berberis vulgaris* oder *Amelanchier ovalis* treten demgegenüber nur sehr spärlich in Erscheinung, was neben den bereits erwähnten Nutzungseinflüssen aber auch standörtliche Ursachen haben dürfte (geringer Wärmegenuß).
In der 70 bis 90 % deckenden Bodenvegetation dominieren neben der Schneeheide Gräser und Seggen wie *Sesleria varia*, *Carex sempervirens*, *Molinia caerulea* agg. und *Calamagrostis varia*. Letztere zeigen aber im Vergleich zu anderen Subassoziationen zumeist noch unterdurchschnittliche Vitalität und Dominanz. Gegenüber der Subassoziation mit *Dryas octopetala* differenzieren vor allem frischebedürftigere Arten wie *Festuca amethystina*, *Galium boreale*, *Ranunculus nemorosus*, *Gymnadenia conopsea* u. a., die auf die fortgeschrittenere Bodenentwicklung und den damit weniger extremen Wasser- und Nährstoffhaushalt der Standorte hinweisen. Negativ charakterisiert gegenüber dem Siberwurz-Buntreitgras-Kiefernwald ist die Gesellschaft durch den fast vollständigen Ausfall der konkurrenzschwachen Rohbodenpioniere aus alpinen Schuttfluren und Rasen.

Die Bodenvegetation ist aber immer noch vergleichsweise lückig und niederwüchsig, so daß sich Lückenbesiedler wie *Carex humilis*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Teucrium montanum*, *Globularia cordifolia* nach wie vor zu halten vermögen, wenngleich einige nicht mehr die Vitali-

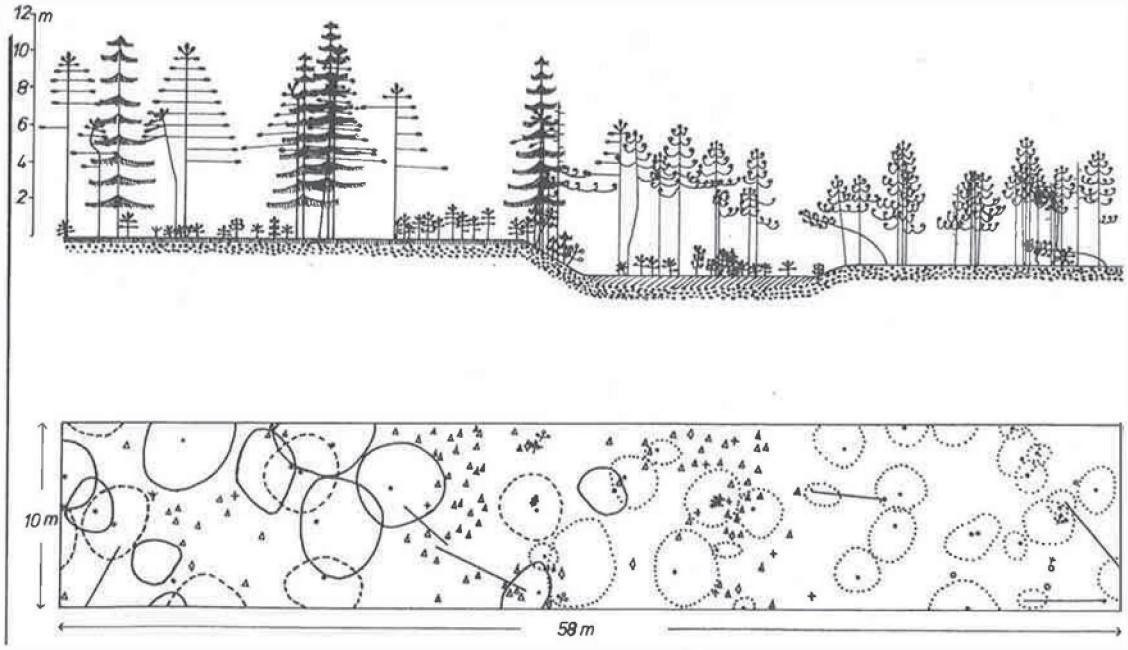


Abbildung 12

Calamagrostio-Pinetum thesietosum (untere, Spirken-dominierte Terrasse) und C.-P. vaccinietosum (obere Waldkiefern- und Fichten-dominierte Terrasse): Bestandesprofil durch die Kiefernwälder der Isarterrassen nördlich Mittenwald (870 m N. N.). Aufnahme: Hölzel/Niedermeier, Zeichnung: Niedermeier.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

tät und Stetigkeit wie in der offenen *Dryas*-Subassoziation erreichen. Besonders bezeichnend für die Subassoziation mit *Thesium rostratum* ist das Vorkommen von *Daphne cneorum*, die gleichfalls das Verhalten eines Lückenbesiedlers zeigt, als besonders ausbreitungsuntüchtige Reliktart (WITSCHEL & SEYBOLD 1986) den jungen Rohböden des Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwaldes aber noch fast vollständig fehlt. Das Auftreten all dieser heliophilen, konkurrenzschwachen Lückenbesiedler wird in hohem Maße begünstigt durch extensive Beweidung und Weidepflegemaßnahmen, die zu einer Auflichtung der Gehölzstrukturen führen. Die Ausscheidung einer Ausbildung, in der die Lückenbesiedler ihre Existenz alleine der Beweidung verdanken, ist gleichwohl auf floristischer Basis kaum möglich, da bis vor kurzem praktisch alle untersuchten Bestände dieser Nutzung unterlagen.

Eine Moosschicht ist in der Regel nur sehr spärlich entwickelt. Lediglich an der Stammbasis von Kiefern oder auf alten Strünken und Totholzhaufen (Weidepflege) treten gelegentlich größere Teppiche von *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Rhythidiadelphus triquetrus* und *Dicranum polysetum* in Erscheinung, zu denen sich dann bezeichnenderweise bisweilen auch weitere säuretolerante Arten wie *Calluna vulgaris* und *Vaccinium vitis-idaea* gesellen. Durch Beweidung wird das Auftreten von acidophytischen Moosen deutlich gehemmt.

Ökologie und Standort:
Die Gesellschaft ist nur auf Terrassen anzutreffen, die nach Altersanalysen der auf ihnen stockenden Bäume ein Mindestalter von rund 200 Jahren haben, vermutlich aber noch deutlich älter sind. Oft weisen die Terrassen über dem kiesreichen Schotter eine 10-20 cm mächtige reine Sandüberlagerung auf. Diese Sandüberlagerung ist ein deutliches Indiz dafür, daß die Flußeintiefung, welche zur Entstehung der Terrasse führte, nicht derart schlagartig erfolgte wie bei den meisten jungen Terrassen, sondern sukzessive, so daß es zu einer allmählichen Übersandung kommen konnte.

Als Böden findet man zumeist noch recht unreife Auenrendzinen (Borowina) (Profil 9: Kap. 3.5.2.4.), die noch keine Tendenz zur Verlehmung aufweisen, was auf ein vergleichsweise geringes Alter schließen läßt. Die Standorte sind trotz der sandigen Überlagerungen und der erheblichen Humusakkumulation als trocken und nährstoffarm zu bezeichnen. Als Humusform ist in der Regel mullartiger Moder zu finden, der bereits schwach sauer reagiert.

Verbreitung:
Die Gesellschaft ist im bayerischen Alpenraum vergleichsweise kleinflächig auf mittleren Terrassen-Niveaus der Oberen Isar anzutreffen. Größere zusammenhängende, oft von Spirken dominierte Bestände sind fast ausschließlich im oberen Isartal zwischen Mittenwald und Krün (Krüner Viehweiden), sowie am Tiroler Lech zu finden. Außerhalb der Alpen sind recht ausgedehnte Bestände dieser Einheit auch noch in der Pupplinger und Ascholdinger Au vorhanden.

Dynamik:
Die Gesellschaft entsteht durch fortschreitende Boden- und Vegetationsentwicklung aus dem Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwald. Das heutige floristische und strukturelle Erscheinungsbild wird aber in hohem Maße durch menschliche Nutzung modifiziert. Bei Einstellung der verbreiteten Weidenutzung dürfte sich ein Großteil der heute dieser Subassoziation zuzurechnenden Bestände zu Einheiten weiterentwickeln, denen die bezeichnenden konkurrenzschwachen Lückenbesiedler weitgehend fehlen.

Bei einigen Flächen auf denen die Beweidung bereits längere Zeit ruht, ist ein derartiger Rückgang an bezeichnenden Lückenbesiedler bereits deutlich zu erkennen, wenngleich sie in ihrem derzeitigen Zustand immer noch der Subassoziation mit *Thesium rostratum* zugerechnet werden müssen. Zu einem massiveren Ausfall an heliophilen und konkurrenzschwachen Arten kommt es aber wohl erst, wenn sich unter den Kiefern eine dichte Strauchschicht aus Kiefernjungwuchs, Wacholder und Fichte einstellt. Eine vergleichsweise rasche mittelfristige Weiterentwicklung zu zunächst fichtenreichen Beständen ist nur bei Standorten mit mächtigerer Sandauflage zu erwarten. Wie das Beispiel der nachfolgenden Subassoziation zeigt, unterliegen aber selbst die extremsten Grobschotterstandorte mit fortschreitender Humusakkumulation langfristig einer Weiterentwicklung hin zu klimaxnahen Dauergesellschaften.

Naturschutz:
Von allen Einheiten der alluvialen Subassoziationsgruppe ist die Subassoziation mit Thesium rostratum die mit Abstand am reichsten und vollständigsten mit Kennarten des Erico-Pinion ausgestattete. Sie kann damit geradezu als der am besten charakterisierte Prototyp der randalpischen Erico-Pinion-Wälder gelten. Hervorzuheben ist das noch recht häufige Vorkommen von *Daphne cneorum* (Foto 18), die allerdings, wie bereits angedeutet, im bayerischen Alpenraum auf die Alluvionen des Isartales bis Mittenwald beschränkt bleibt. Der auffallende Reichtum an konkurrenzschwachen und ausbreitungsuntüchtigen Sippen ist wohl vor allem darauf zurückzuführen, daß während des gesamten Holozäns im Auenbereich für diese Arten besonders günstige Existenzbedingungen bestanden. Die Bestände im Raum Krün-Mittenwald enthalten eine ganze Reihe florengeographisch bemerkenswerter Arten wie beispielsweise *Plantago serpentina* und *Dicranum spurium*, die hier den nördlichsten bzw. südlichsten Punkt ihres Areals erreichen, worauf bereits LUTZ & PAUL (1947) hinweisen.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

6.2.2.3 Der Preiselbeer-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum)

(Stetigkeitstabelle 3, S. 94; Vegetationstabelle 3 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Auf den höchsten holozänen Terrassen der Isar im Raum Mittenwald-Wallgau findet man lichte, aus Waldkiefern, Fichten und seltener auch Spirken aufgebaute Bestände (Abb. 12), die sich bereits durch ihren deutlich kräftigeren Wuchs von den oft spirkendominierten Beständen der auf tieferen Terrassen stockenden Subassoziation mit *Thesium rostratum* deutlich unterscheiden.

Eine Strauchschicht aus nachdrängender Verjüngung von Kiefer, Fichte und einzelnen Mehlbeeren ist insbesondere in Bestandeslücken stärker entwickelt. Aber auch bei diesen Beständen hat die Strauchschicht in der Vergangenheit oftmals unter Beweidung und Weidepflegemaßnahmen sehr stark gelitten.

In der mehr oder weniger flächig geschlossenen Bodenvegetation dominieren neben der Schneeheide wiederum zahlreiche Gräser und Seggen, von denen *Sesleria varia* und insbesondere *Brachypodium rupestre* höhere Deckungswerte erlangen, was offensichtlich auf frühere Beweidung hindeutet. Ungewöhnlich hohe Deckungswerte erreicht hier oft auch *Galium boreale*.

Besonders bezeichnend für die Gesellschaft ist das Auftreten zahlreicher Säurezeiger wie *Vaccinium vitis-idaea, Homogyne alpina, Calluna vulgaris, Agrostis capillaris, Melampyrum sylvaticum, Anthoxanthum odoratum, Vaccinium myrtillus* und *Luzula nivea*, die teilweise zwar auch bereits in der Subassoziation mit *Thesium rostratum* anzutreffen sind, dort aber streng an kleinflächige, saure Mikrochore gebunden bleiben. Hinzu kommen frischebedürftige Arten wie *Fragaria vesca, Astrantia major* und *Knautia dipsacifolia* sowie als Vorboten einer möglichen Weiterentwicklung auch bereits Buchenwaldarten wie *Carex montana, Carex alba, Anemone nemorosa* und *Mercurialis perennis*. Negativ charakterisiert ist die Gesellschaft durch den fast vollständigen Ausfall der für die Subassoziation mit *Thesium rostratum* so bezeichnenden Lückenbesiedler und weiterer kalksteter Arten wie *Aster bellidiastrum, Tofieldia calyculata* und *Scabiosa lucida*.

Die aus Sauerhumusbesiedlern wie *Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens, Rhythidiadelphus triquetrus* und *Dicranum polysetum* aufgebaute Moosschicht kann Deckungswerte von bis zu 30 % erreichen, wird aber vielfach durch Viehtritt in der Entwicklung gehemmt.

Standort und Ökologie:
Das Auftreten zahlreicher Frischezeiger und die Beteiligung von vitaler Fichte in der Baumschicht läßt zunächst feinkörnigere Substratverhältnisse vermuten als in der Subassoziation mit *Thesium rostratum*. Umso mehr ist man beim Öffnen von Bodenprofilen erstaunt, daß es sich bei den Sedimenten, die die Terrasse aufbauen, bis zur Oberfläche um extrem feinerdearme Grobschotter (Skelettgehalt > 80 %!) handelt, die teilweise fast Blockdimensionen annehmen (Foto 19). Auf diesen groben Terrassenschottern hat sich eine sehr humusreiche Auenrendzina (Borowina) (Profil 10: Kap. 3.5.2.4.) mit mächtiger, teilweise fast tangelartiger Moderauflage entwickelt. Die Humusauflage reagiert im Ol - Of Bereich bereits stark sauer (pH $CaCl_2$ 4,78), was das Auftreten von zahlreichen Säurezeigern plausibel macht. Die Ausbildung einer mächtigen Humusauflage ist wohl in erster Linie in der Feinerdearmut des Substrats begründet. Zusätzlich dürften die ungünstige Nadel- und Ericaceenstreu, weidebedingte Nährstoffentzüge sowie zeitweilige Austrocknung deren Entstehung begünstigen. Der Humusreichtum schafft trotz extrem grober Substrattextur offenbar deutlich frischere Standortbedingungen, als man sie bei den teilweise wesentlich feinerdereicheren (Sandüberlagerung), aber humusärmeren Böden der jüngeren Terrassen vorfindet (Profil 9: Kap. 3.5.2.4.).

Das Beispiel zeigt auf eindrucksvolle Weise, daß selbst aus extremsten Grobschottern unter den humiden Bedingungen des randalpischen Klimas durch Humusakkumulation über sehr lange Zeiträume hinweg vergleichsweise mesophile Standorte entstehen können, die den Baumarten der Klimaxgesellschaften Existenzmöglichkeiten bieten! Angesichts der extremen Substratverhältnisse sind für die Genese einer derart humusreichen Borowina aber sicherlich sehr lange Zeiträume von Nöten. Die beträchtliche Größe der abgelagerten Schotter legt die Vermutung nahe, daß die Terrassen, auf der die angesprochenen Bestände heute stocken, bereits während der spätglazialen Genese des oberen Isartals entstanden (z.B. Bruch eines Eisstausees) sind, aber auch die Entstehung während eines singulären Katastrophen-Events im Holozän ist nicht völlig auszuschließen.

Dynamik:
Im Rahmen primärer Sukzessionen auf feinerdearmen Grobschottern vermittelt die Gesellschaft standörtlich und floristisch zwischen der Subassoziation mit *Thesium rostratum* und den klimaxnahen Dauergesellschaften. Wie Beobachtungen auf vergleichbaren Standorten im Friedergries zeigen (vgl. KORTENHAUS 1985), dürfte der Endzustand der Vegetationsentwicklung auf einen von Fichte und Tanne dominierten Bestand mit geringen Laubholzanteilen aus Buche und Bergahorn hinauslaufen, dessen Bodenvegetation sich aus einer Mischung von Vaccinio-Piceetea- und Querco-Fagetea- Arten sowie einem Restbestand an Trockenheit induzierenden Elementen der Erico-Pinion-Phytozönose zusammensetzt.
Pflanzensoziologisch entspricht diese Schlußgesellschaft in etwa einem Pyrolo-Abietetum (OBERDORFER 1992). Vergleichbare Bestände ohne Eri-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

co-Pinion-Vorläufer wurden auch von EWALD (mündl.) auf Bachschuttkegeln in den Tegernseer Bergen angetroffen bzw. von STORCH (1983) als Weißseggen-Fichtenwald aus dem Nationalpark Berchtesgaden beschrieben.

Verbreitung:
Die Gesellschaft wurde auf den obersten Terrassenniveaus der Isar im Raum Mittenwald-Wallgau aufgenommen. Vergleichbare Bestände sind aber auch im Friedergries (KORTENHAUS 1985) und am oberen Lech (MÜLLER 1988) zu finden.

Nutzung:
Fast alle Bestände der Gesellschaft wurden bis in jüngste Zeit extensiv mit Rindern beweidet. Die anhaltende Beweidung hat in Kombination mit gezielten Weidepflegemaßnahmen zu einer starken Auflichtung der Bestände geführt. Hauptprofiteure dieser standortdegradierenden Nutzungen sind die Waldkiefer und ihre heliophilen Begleiter. Nicht auszuschließen ist daher, daß es sich bei einem Teil der Vorkommen um Degradationsstadien ehemals bereits wesentlich geschlossenerer, fichtenreicher Bestände handelt, die erst wieder im Gefolge der Weidenutzung mit Kiefern und lichtliebenden Arten angereichert wurden! Hierfür spricht neben der starken Beteiligung von Fichte in der Baumschicht und dem vereinzelten Auftreten von Altbuchen, daß in der Verjüngung neben reichlich Fichte auch Buche und vereinzelt sogar Tanne anzutreffen ist. Nach Einstellung der Beweidung kommt es oft zu einer raschen Entwicklung des Gehölzjungwuchses, in dem, begünstigt durch die weidebedingte Auflichtung, zunächst zwar noch die Waldkiefer dominiert, die aber als ausgesprochene Lichtholzart nach Schließung der Bestände kaum noch Gelegenheit zur Verjüngung finden wird.

Naturschutz:
Die Gesellschaft ist ein im gesamten bayerischen Alpenraum seltener Vegetationstyp und sollte daher hohe Schutzpriorität genießen. Die in den Randalpen seltene *Goodyera repens* ist in dieser Einheit recht verbreitet anzutreffen.

6.2.2.4 Der Sumpfwurz-Buntreitgras-Kiefernwald (Calamagrostio-Pinetum epipactietosum)

(Stetigkeitstabelle 3, S. 94; Vegetationstabelle 3 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Auf sandig-schluffigen Ablagerungen der Alpenflüsse finden wir einen Kiefernwaldtyp, der sich floristisch und strukturell deutlich von denen kiesreicher Terrassen mit fehlender oder nur geringmächtiger Sandauflage unterscheidet. In der lichten, von Waldkiefern oder Spirken dominierten Baumschicht sind neben Fichte des öfteren auch einzelne, wenngleich meist wenig vitale Exemplare von Grauerle und Lavendelweide beigemischt. Die Strauchschicht ist von allen Subassoziationen der Alluvialstandorte hier am reichsten entwickelt. Neben Jungwuchs von Kiefern und Fichten finden sich hier wiederum Grauerle und Lavendelweide sowie auffällig häufig auch Wolliger Schneeball und Wacholder und vereinzelt auch Faulbaum, Berberitze und Bergahorn.

Im Gegensatz zu den Beständen der Schotterstandorte spielt die Schneeheide in dieser Gesellschaft nur eine sehr untergeordnete Rolle. Statt dessen wird die Bodenvegetation eindeutig dominiert von wuchskräftigen Hochgräsern wie *Calamagrostis varia, Molinia caerulea* agg. und *Brachypodium rupestre*. Gegenüber den anderen alluvialen Subassoziationen differenzieren neben Grauerle und baumförmigen Lavendelweiden weitere Frische- und Feuchtezeiger wie *Epipactis palustris, Gentiana asclepiadea, Carex panicea, Succisa pratensis, Dactylorhiza fuchsii, Laserpitium latifolium, Angelica sylvestris, Plagiochila asplenoides* und *Sanguisorba officinalis*. Dabei handelt es sich mehrheitlich um Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt in basiklinen Steuwiesen des Molinion haben. Trockenheit anzeigende Arten und kleinwüchsige Lückenbesiedler fehlen ebenso wie Säurezeiger fast vollständig. Eine Moosschicht vermag sich unter den dichten Streudecken der Gräser nur sehr spärlich zu entwickeln. Darin enthalten sind überwiegend Grasstreufilz besiedelnde Arten wie *Scleropodium purum* und *Rhythidiadelphus triquetrus*.

Standort und Ökologie:
Die Gesellschaft besiedelt ältere Flußterrassen mit in der Regel mächtiger (> 30 cm) sandig-schluffiger Überlagerung. Als Böden findet man überwiegend mäßig humusreiche Auenrendzinen mit Mull- oder besseren Moderhumusformen, die im Unterboden nicht selten bereits deutliche Hydromorphiemerkmale aufweisen. Die Feinkörnigkeit der Böden bedingt einen vergleichsweise günstigen Wasserhaushalt, der als wechseltrocken bis wechselfrisch bezeichnet werden kann. Wie die Hydromorphiemerkmale im Unterboden andeuten, handelt es sich um Standorte mit zeitweise recht hoch anstehendem Grundwasser.
Nicht selten stehen die Bestände in direktem Kontakt zu periodisch wasserführenden Flutmulden-Schoeneten, die während anhaltender Niederschlagsereignisse durch seitlich der Aue zuströmendes Oberflächenwasser aus kleinen Gerinnen oder durch Druckwasser überstaut werden. Während längerer Trockenphasen ist aber auch noch mit einer Austrocknung des Oberbodens zu rechnen. Trotz des relativ günstigen Wasserhaushaltes und der deutlichen Humusakkumulation handelt es sich aber immer noch um vergleichsweise nährstoffarme Standorte, wie die eindeutige Dominanz von Magerkeitszeigern unter Beweis stellt. Hauptursache hierfür dürften neben fehlender Silikatverwitterung sowie extrem hoher Carbonatgehalte und pH-Werte vielfach auch Nährstoffentzüge durch frühere Beweidung und Streunutzung sein.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Dynamik:
Die Gesellschaft kann durch Kiefernanflug aus Lavendelweiden- und Grauerlenbeständen entstehen, die nach Flußeintiefung den permanenten Grundwasseranschluß verlieren und dadurch einen massiven Vitalitätsverlust erleiden. Unterstützt wurde dieser Prozeß aber vielfach durch Beweidung und ein gezieltes Öffnen der Gehölzbestände im Zuge von Weidepflegemaßnahmen (SCHRETZENMAYER 1950). Ohne diese massive menschliche Nachhilfe dürfte die Gesellschaft nur vergleichsweise selten und kleinräumig vorkommen. Bei Einstellung der Beweidung oder Streunutzung zeigt sie eine rasche Tendenz zur Verdichtung der Gehölzstrukturen. So haben die ehemals streugenutzten Bestände der Loisachauen bei Griesen heute unter dem lichten Schirm alter Spirken eine dichte Verjüngung aus Waldkiefer, Spirke und Fichte, die zu einem allmählichen Ausfall heliophiler Arten führt.

Bei gleichzeitiger Ausschaltung des Wildverbisses durch Zäunung kann es auch bereits zu einer starken Entwicklung von Laubsträuchern und -bäumen (insbes. *Acer pseudoplatanus*) kommen. Mit zunehmender Humusakkumulation und damit einhergehender Verbesserung des Wasser- und Nährstoffhaushalts, dürfte die Gesellschaft mittelfristig in trockene Ausbildungen edellaubholzreicher Wälder (Aceri-Fraxinetum sensu SEIBERT 1969) übergehen.

Verbreitung:
Sehr schöne Bestände dieser Gesellschaft sind in den Loisachauen bei Grießen zu finden, woher die Mehrzahl der Aufnahmen stammt. Ferner wurde die Gesellschaft im Raum Mittenwald-Krün sowie in den Isarauen beiderseits des Sylvensteinspeichers angetroffen. Vergleichbare Bestände kommen ferner auch noch in der Pupplinger und Ascholdinger Au vor.

Nutzung:
Fast alle Bestände der Gesellschaft wurden in der Vergangenheit beweidet oder streugenutzt. Ein besonders schönes Beispiel für historische Streunutzung findet man in den Loisachauen bei Griesen. Die dortigen Bestände stehen in direktem Kontakt zu einer offenen, verbrachten Pfeifengrasstreuwiese inmitten der Aue mit reichen Vorkommen von *Gentiana pneumonanthe* und *Allium suaveolens*. Derzeit ist ein Zuwachsen der Streuwiese mit Fichten und Kiefern zu beobachten. Nicht auszuschließen ist daher, daß Bestände der Gesellschaft in der Vergangenheit bei zeitweise ausbleibender oder nachlassender Nutzung durch Kiefernanflug aus Alluvialstreuwiesen entstanden sind.

Naturschutz:
Die Bestände dieser Einheit und die mit ihr oft in Kontakt stehenden offenen streuwiesenartigen Bereiche enthalten eine ganze Reihe an gefährdeten Molinion-Arten wie etwa *Gentiana pneumonanthe* und *Allium suaveolens*. Als Beispiele historischer Streunutzung haben die Bestände aber auch eine hohe kulturhistorische und landschaftsästhetische Bedeutung (u. a. auch "Maler-Kiefern" in der Pupplinger Au). Eine Erhaltung der Gesellschaft in ihrer heutigen Struktur ist mittelfristig nur durch gezielte Pflegemaßnahmen möglich.

6.2.2.5 Alluviale Weide-Kiefernwälder

(Stetigkeitstabelle 3, S. 94; Vegetationstabelle 3 im Anhang)

Struktur und Artenverbindung:
Im oberen Isartal zwischen Wallgau und Scharnitz findet man auf tiefgründigen Standorten Bestände von Spirken und teilweise auch Waldkiefern, deren Bodenvegetation durch intensive Beweidung und/oder Düngung nachhaltig verändert wurde. Eine Strauchschicht aus Fichte, Spirke und Waldkiefer ist in Folge von intensiver Beweidung und Weidepflegemaßnahmen nur sehr fragmentarisch entwickelt, Laubsträucher fehlen vollkommen.

Die Bodenvegtation hebt sich insbesondere in aufgedüngten Bereichen durch ihre frischgrüne Farbe deutlich von der extensiv beweideter Flächen ab. Aufgrund der scharfen Beweidung erinnert das Erscheinungsbild der Bodenvegetation oftmals an einen Weide- oder gar Parkrasen. Schneeheide-Kiefernwaldarten wie *Erica herbacea* und *Polygala chamaebuxus* fehlen zwar nicht vollständig, treten aber quantitativ völlig in den Hintergrund. Stattdessen dominieren weideresistente Arten der Kalkmagerrasen (Festuco-Brometea), der alpinen Kalksteinrasen (Seslerietea) und des eutrophen Wirtschaftsgrünlandes (Molinio-Arrhenatheretea), wobei letztere, insbesondere in gedüngten Flächen auf Kosten der Magerrasenarten quantitativ stärker in den Vordergrund treten. Trotz der scharfen Beweidung und partieller Aufdüngung handelt es sich um sehr arten- (durchschnittlich über 70 Arten!) und blütenreiche Bestände, die sich allerdings kaum mehr als Erico-Pinion-Gesellschaft bezeichnen lassen, sondern besser als kiefernüberstellte Weiderasen gekennzeichnet werden. Bei fehlender Aufdüngung treten die Arten des Wirtschaftsgrünlandes quantitativ sehr stark in den Hintergrund, und die Bestände behalten einen eindeutigen Magerrasencharakter bei. Derartige Bestände zeichnen sich im Frühjahr oftmals durch spektakuläre Massenaspekte von kleinwüchsigen Rosettenpflanzen wie *Primula farinosa* und *Gentiana clusii* aus. Generell schafft die intensive Beweidung eine große Vielfalt an kleinstandörtlichen Nischen, die das enge Nebeneinander ökologisch und soziologisch recht gegensätzlicher Arten ermöglicht. Eine Moosschicht ist aufgrund der Trittbelastung nur sehr spärlich an den Stammbasen der Kiefern entwickelt.

Ökologie und Standort:
Die Gesellschaft findet sich normalerweise auf tiefgründigen schluffig-sandigen Substraten mit fortgeschrittener Bodenentwicklung. Kennzeichnend ist eine vergleichsweise günstige Wasserversorgung

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

der Standorte, die das Auftreten von Wirtschaftsgrünlandarten überhaupt erst ermöglicht. Der Nährstoffhaushalt wird maßgeblich dadurch bestimmt, ob und in welchem Ausmaße eine Zusatzdüngung erfolgte. Die Kiefernbestockung entspricht in der Regel nicht dem aktuellen Standortpotential, sondern ist häufig rein weidebedingt. Die Mehrzahl der Standorte würde ohne menschliche Einflußnahme wohl bereits bergmischwaldartige Bestände tragen.

Verbreitung:
Durch Intensivbeweidung und Aufdüngung veränderte Erico-Pinion-Bestände sind vor allem im oberen Isartal zwischen Wallgau und Scharnitz anzutreffen. Vergleichbare Bestände sind aber auch am Oberen Lech und in den Weißachauen zu finden.

Nutzung:
Eine Beweidung erfolgt in der Regel im Frühjahr und Herbst jeweils vor und nach der Alpung. Stellenweise werden die Flächen aber auch im Sommer beweidet. Düngergaben erfolgen offenbar nur sehr unregelmäßig. Aufgedüngte Flächen sind schwerpunktmäßig im Bereich der Krüner Viehweiden zu finden.

Naturschutz:
Eine Aufdüngung von Schneeheide-Kiefernwäldern zur Verbesserung des Weidewertes ist grundsätzlich abzulehnen. Dagegen bilden scharf beweidete Schneeheide-Kiefernwälder, in denen bisher keine Düngung erfolgte, einen spezifischen und überaus artenreichen Bestandteil der Kulturlandschaft der Alpen und sind daher prinzipiell erhaltungswürdig. Strukturell und floristisch sehr attraktive Weidewälder mit spektakulären Massenaspekten von *Primula farinosa* und *Gentiana clusii* sind beispielsweise im NSG Riedboden bei Scharnitz oder in den Weißachauen zwischen Kreuth und Rottach-Egern zu finden.

7. Kontaktgesellschaften der Schneeheide-Kiefernwälder

Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe zeichnen sich fast stets durch das Auftreten von gehölzfreien bzw. -armen Kontaktgesellschaften wie Kalkmagerrasen, Kalkquellsümpfen, Schutt- und Felsfluren aus, zu denen ausgeprägte floristische, standörtliche (Ökotone, Zonationen) und insbesondere auch dynamische Beziehungen (primäre und sekundäre Sukzessionen) bestehen. Besonders stark ausgeprägt und augenfällig sind diese dynamischen Beziehungen im Alluvialbereich. So stehen bzw. standen alluviale Schneeheide-Kiefernwälder stets in engem räumlichem Kontakt zu Schwemmlingsfluren (Chondrilletum chondrilloides) und lückigen Weiden-Tamariskenfluren (Salici-Myricarietum) der funktionalen Wildflußaue, aus denen sie nach Flußbetteintiefung oder -verlagerung durch Sukzession hervorgingen. Dieser Zonationskomplex ist heute im gesamten Alpenraum durch wasserbauliche Maßnahmen hochgradig in seiner Existenz bedroht (z.B. MÜLLER 1991). Letzte Reste dieser auentypischen Kontaktgesellschaften der Schneeheide-Kiefernwälder sind in den Nordalpen an der Oberen Isar zwischen dem Sylvensteinspeicher und Scharnitz (Foto 3) und am Oberen Lech zwischen Reutte und Stanzach sowie im Friedergries zu finden. Knorpelsalatflur und Weiden-Tamariskenflur enthalten mehrere hochgradig spezialisierte Arten (*Chondrilla chondrilloides, Aethionema saxatile, Myricaria germanica*), die akut vom Aussterben bedroht sind. Gerade aufgrund der akuten Gefährdung dieses alluvialen Zonationskomplexes liegen darüber bereits zahlreiche, auch neuere Beschreibungen vor, die nahezu sämtliche Restvorkommen abdecken (z.B. MOOR 1958, SEIBERT 1958, SEIBERT & ZIELONKOWSKI 1972, KORTENHAUS 1985, MÜLLER & BÜRGER 1990, MÜLLER et al. 1992, LORENZ 1992), so daß an dieser Stelle auf eine eingehende Darstellung verzichtet und auf die oben angeführten Arbeiten verwiesen wird. Statt dessen sollen die gehölzfreien Kontaktgesellschaften der Hangbestände, über die bisher kaum Kenntnisse vorliegen, im Rahmen dieser Arbeit eine etwas ausführlichere Würdigung erfahren, zumal ihnen gerade aus naturschutzfachlicher Sicht oftmals eine herausragende Bedeutung zufällt.

7.1 Kalkmagerrasen

Offene, baumfreie Kalkmagerrasen bilden trotz ihrer vergleichsweise geringen Flächenausdehnung sehr bezeichnende Bestandteile der Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe im Untersuchungsgebiet. Innerhalb der Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe sind Kalkmagerrasen entweder auf Standorten zu finden, die von Natur aus keinen Baumwuchs zulassen, wie felsige Steilhänge, steilwandige Gräben, Lawinarbahnen und Ränder von Schuttreißen oder aber in kleineren Bestandeslücken und auf größeren zusammenhängenden Freiflächen, die durch Nutzung entstanden sind (Foto 30). Während die vergleichsweise mesophilen Kalkmagerrasen der Randalpen meist eine große floristische Ähnlichkeit mit den angrenzenden flachgründig-trockenen Ausbildungen des Calamagrostio-Pinetum zeigen, treten uns die entsprechenden Inntaler Bestände als floristisch sehr eigenständige Volltrockenrasen entgegen, deren Artenbestand und Struktur sich grundlegend von der des Erico-Pinetum unterscheidet.

7.1.1 Die Trockenrasen des Tiroler Oberinntals

(Vegetationstabelle 4, S. 104)

Volltrockenrasen treten im Bereich des Inntaler Erico-Pinetum nie großflächig oder gar landschaftsprägend auf, wie das etwa derzeit noch im Vintschgau (KÖLLEMANN 1981) der Fall ist, sondern bleiben stets in recht bescheidener Ausdehnung auf die steilsten und wärmsten Felslehnen und Böschungen beschränkt (Foto 20). Oft handelt es sich dabei nur

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

der Standorte, die das Auftreten von Wirtschaftsgrünlandarten überhaupt erst ermöglicht. Der Nährstoffhaushalt wird maßgeblich dadurch bestimmt, ob und in welchem Ausmaße eine Zusatzdüngung erfolgte. Die Kiefernbestockung entspricht in der Regel nicht dem aktuellen Standortpotential, sondern ist häufig rein weidebedingt. Die Mehrzahl der Standorte würde ohne menschliche Einflußnahme wohl bereits bergmischwaldartige Bestände tragen.

Verbreitung:
Durch Intensivbeweidung und Aufdüngung veränderte Erico-Pinion-Bestände sind vor allem im oberen Isartal zwischen Wallgau und Scharnitz anzutreffen. Vergleichbare Bestände sind aber auch am Oberen Lech und in den Weißachauen zu finden.

Nutzung:
Eine Beweidung erfolgt in der Regel im Frühjahr und Herbst jeweils vor und nach der Alpung. Stellenweise werden die Flächen aber auch im Sommer beweidet. Düngergaben erfolgen offenbar nur sehr unregelmäßig. Aufgedüngte Flächen sind schwerpunktmäßig im Bereich der Krüner Viehweiden zu finden.

Naturschutz:
Eine Aufdüngung von Schneeheide-Kiefernwäldern zur Verbesserung des Weidewertes ist grundsätzlich abzulehnen. Dagegen bilden scharf beweidete Schneeheide-Kiefernwälder, in denen bisher keine Düngung erfolgte, einen spezifischen und überaus artenreichen Bestandteil der Kulturlandschaft der Alpen und sind daher prinzipiell erhaltungswürdig. Strukturell und floristisch sehr attraktive Weidewälder mit spektakulären Massenaspekten von *Primula farinosa* und *Gentiana clusii* sind beispielsweise im NSG Riedboden bei Scharnitz oder in den Weißachauen zwischen Kreuth und Rottach-Egern zu finden.

7. Kontaktgesellschaften der Schneeheide-Kiefernwälder

Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe zeichnen sich fast stets durch das Auftreten von gehölzfreien bzw. -armen Kontaktgesellschaften wie Kalkmagerrasen, Kalkquellsümpfen, Schutt- und Felsfluren aus, zu denen ausgeprägte floristische, standörtliche (Ökotone, Zonationen) und insbesondere auch dynamische Beziehungen (primäre und sekundäre Sukzessionen) bestehen. Besonders stark ausgeprägt und augenfällig sind diese dynamischen Beziehungen im Alluvialbereich. So stehen bzw. standen alluviale Schneeheide-Kiefernwälder stets in engem räumlichem Kontakt zu Schwemmlingsfluren (Chondrilletum chondrilloides) und lückigen Weiden-Tamariskenfluren (Salici-Myricarietum) der funktionalen Wildflußaue, aus denen sie nach Flußbetteintiefung oder -verlagerung durch Sukzession hervorgingen. Dieser Zonationskomplex ist heute im gesamten Alpenraum durch wasserbauliche Maßnahmen hochgradig in seiner Existenz bedroht (z.B. MÜLLER 1991). Letzte Reste dieser auentypischen Kontaktgesellschaften der Schneeheide-Kiefernwälder sind in den Nordalpen an der Oberen Isar zwischen dem Sylvensteinspeicher und Scharnitz (Foto 3) und am Oberen Lech zwischen Reutte und Stanzach sowie im Friedergries zu finden. Knorpelsalatflur und Weiden-Tamariskenflur enthalten mehrere hochgradig spezialisierte Arten (*Chondrilla chondrilloides, Aethionema saxatile, Myricaria germanica*), die akut vom Aussterben bedroht sind. Gerade aufgrund der akuten Gefährdung dieses alluvialen Zonationskomplexes liegen darüber bereits zahlreiche, auch neuere Beschreibungen vor, die nahezu sämtliche Restvorkommen abdecken (z.B. MOOR 1958, SEIBERT 1958, SEIBERT & ZIELONKOWSKI 1972, KORTENHAUS 1985, MÜLLER & BÜRGER 1990, MÜLLER et al. 1992, LORENZ 1992), so daß an dieser Stelle auf eine eingehende Darstellung verzichtet und auf die oben angeführten Arbeiten verwiesen wird. Statt dessen sollen die gehölzfreien Kontaktgesellschaften der Hangbestände, über die bisher kaum Kenntnisse vorliegen, im Rahmen dieser Arbeit eine etwas ausführlichere Würdigung erfahren, zumal ihnen gerade aus naturschutzfachlicher Sicht oftmals eine herausragende Bedeutung zufällt.

7.1 Kalkmagerrasen

Offene, baumfreie Kalkmagerrasen bilden trotz ihrer vergleichsweise geringen Flächenausdehnung sehr bezeichnende Bestandteile der Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe im Untersuchungsgebiet. Innerhalb der Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe sind Kalkmagerrasen entweder auf Standorten zu finden, die von Natur aus keinen Baumwuchs zulassen, wie felsige Steilhänge, steilwandige Gräben, Lawinarbahnen und Ränder von Schuttreißen oder aber in kleineren Bestandeslücken und auf größeren zusammenhängenden Freiflächen, die durch Nutzung entstanden sind (Foto 30). Während die vergleichsweise mesophilen Kalkmagerrasen der Randalpen meist eine große floristische Ähnlichkeit mit den angrenzenden flachgründig-trockenen Ausbildungen des Calamagrostio-Pinetum zeigen, treten uns die entsprechenden Inntaler Bestände als floristisch sehr eigenständige Volltrockenrasen entgegen, deren Artenbestand und Struktur sich grundlegend von der des Erico-Pinetum unterscheidet.

7.1.1 Die Trockenrasen des Tiroler Oberinntals

(Vegetationstabelle 4, S. 104)

Volltrockenrasen treten im Bereich des Inntaler Erico-Pinetum nie großflächig oder gar landschaftsprägend auf, wie das etwa derzeit noch im Vintschgau (KÖLLEMANN 1981) der Fall ist, sondern bleiben stets in recht bescheidener Ausdehnung auf die steilsten und wärmsten Felslehnen und Böschungen beschränkt (Foto 20). Oft handelt es sich dabei nur

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Vegetationstabelle 4: Trockenrasen des Tiroler Oberinntals
(35 Aufnahmen von HÖLZEL)

1: Kugelblumen-Pedergrasrasen (Globularia cordifolia-Stipa austriaca-Gesellschaft)
1.1: typische Ausbildung
1.2: Ausbildung mit Bromus erectus
2: Haarpfriemengras-Trockenrasen (Stipa capillata-Gesellschaft)

		1.1	1.2	2
Laufende Nummer		1111	111111	2222222222333333
		1234567890123	456789	0123456789012345
Aufnahmenummer		3333333333333	333333	3333333333333333
		5566666991111	991122	0111666888888888
		8901234454567	898901	9012567123045678
Meereshöhe (10 m)		9889898666677	776666	6666777777887777
		0990909889900	227777	5555999555006666
Exposition		1111111221112	121111	1111111111111111
		6554053016660	606666	8577888367645569
		0000000000000	000000	0000000000000000
Mangneigung (Grad)		3332333243333	342223	2333333333123333
		5559920820824	975555	0844549100813467
Artenzahl		2111111121212	222122	22321113222111111
		2464674925060	212752	7719696044488898
Deckung der Krautschicht (%)		5644445443334	546666	7566878668658766
		0000000000000	000000	0000000000000000
Deckung der Moosschicht (%)		1 1111		1 11
		052220055++++	252+++	52220+++ 055++1
d 1				
Teucrium montanum		2211111..2222	112211	...1.+...+.+..1.1
Tortella inclinata		2111122221111	11+111	.1....+.....+111
Globularia cordifolia		2222222222222	222221	.....
Fumana procumbens		111.111111111	.1111.	.....1.....
Stipa eriocaulis austriaca		111111211.111	1+111.	.....
Anthericum ramosum		1+112+1....++	..1111	.....
Aster alpinus		+.....11+111	..1.+.	.....
Asplenium ruta-muraria		1.++.++...+..	++....	.+.....
Erica carnea		11.1+.1.....1	+.....	.....
Dactylis glomerata		..11.1.11....	11....	.....
Leontodon incanus		+.....++..+	+1....	.....
Amelanchier ovalis		1.....+....+	..+...	.....
Carex mucronata		1111212.....	.....	.....
Potentilla caulescens		++1+1+....+..	.....	.....
Achnatherum calamagrostis		111	.....	.....
d 1.2+2				
Potentilla pusilla		.....+..	+.1111	1222222211111122
Botriochloa ischaemum		.....	211122	22112222221
Festuca cf.rupicola		.....	11+111	2211.1.11+21....
Bromus erectus		.....	111222	22121..233+.....
Globularia elongata		.....	..1.11	.....1+1.+...
Salvia pratensis		.....	....+1	.....111.....
Astragalus onobrychis		.....	11	.....1.+.....
d 2				
Stipa capillata		.....	...11.	.211222122..2221
Rhytidium rugosum		.....	.....	111121.+..121+1.
Artemisia campestris		.....	.....	+12111211.....
Euphorbia cyparissias		.....+.....	.....	11111....+.1+...
Abietinella abietina		.....	.....	1111...1..111...
Petrorhagia saxifraga		.....	.....	+.11...11111....
Melica ciliata		.....	.....	.111.+.1....11+
Lactuca perennis		.....	.....	+++1.1++.....
Festuca ovina guestfalica		.....	.....	1.+1...++.11....
Coronilla varia		.....	.....	1..1....11...1++
Stachys recta		.....	.....	+011...1.1.....
Phleum phleoides		.....	.....	111....111.....
Tortella tortuosa		.....	.....	..+111....+..+..
Polygonatum odoratum		.....	.....	1+11..+.....
Veronica spicata		.....	.....	111+...+.....
Sedum sexangulare		.....	.....	+11....+1.....
Sedum album		.....	.....	.111.....11....
Galium verum		.....	.....	+.....1111
Peucedanum oreoselinum		.....	.....	11+1.....
Tortula ruralis		.....	.....	..+...1...1+....
Diplachne serotina		.....	.....	1111
Aster amellus		.....	.....	....111.....
Medicago falcata		.....	.....	.....1+1.....
Medicago minima		.....	.....	.....1..11....
Pimpinella saxifraga		.....	.....	.....1.1....+.
Onobrychis arenaria		.....	.....	.....++.....
Festuco-Brometea				
Carex humilis		2211121222222	323222	11122221111222223
Melianthemum ovatum		111.1.111+1+.	11+111	111+111.11111111
Thymus praecox		1..1.1.111..1	11.111	.12111111.12....
Scabiosa columbaria/gramuntia		..+....11.++.	111+11	..+....1..111111
Teucrium chamaedrys		.....11.....	1+....	2111+111.1..1111
Asperula cynanchica		.....1...1.	111.11	.....+.
Brachypodium rupestre		.....+.+	1	.....1...+111.
Prunella grandiflora		.....+.....	.+1.11	.....
Sonstige Arten:				
Vincetoxicum hirundinaria		++..+++1+1++1	11+.++	++++1...++..++++
Dorycnium germanicum		1.1.+..121++1	11+111	111.211.....2.21
Sesleria varia		1111111+1111.	....+.	....+11.....+1
Galium lucidum		..+.....1++.1	++....	1111.+1..+1+....
Dianthus sylvestris		....++1+..++.	1.+11.	+111.+.....
Rhamnus saxatilis	K	+1...1...+...	.....	.....*
Amelanchier ovalis	K	1.....+....	..+...	.....
Buphthalmum salicifolium		.....+..+	.....+	.....
Ligustrum vulgare	K	.....	.....	.....++.1
Aufnahmenummer		3333333333333	333333	3333333333333333
		5566666991111	991122	0111666888888888
		8901234454567	898901	9012567123045678

Weitere Arten: Linum catharticum 361:+, 362:+; Juniperus communis K 358:+, 395:+; Berberis vulgaris K 362:+, 317:+; Pinus sylvestris K 395:+, 315:+; Koeleria macrantha 318:1, 321:1; Allium carinatum 309:+, 312:+; Leucodon sciuroides 312:1, 380:1; Convolvulus arvensis 381:1, 382:+; Lotus corniculatus hirsutus 381:+, 382:+; Brachypodium pinnatum 381:1; 383:1, Calamintha acinos 381:1; 380:1, Avena pratensis 380:+, 384:1; Ditrichum flexicaule 358:+; Allium montanum 395:+; Hieracium murorum/bifidum 395:+; Orobanche gracilis 395:+; Koeleria pyramidata 309:+; Hypnum lacunosum 311:1; Peucedanum cervaria 365:1; Origanum vulgare 381:+; Dianthus carthusianorum 383:+; Plantago media 383:+; Plantago lanceolata 380:+; Setaria viridis 380:+;

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

um schmale Übergangsökotone zwischen dem Erico-Pinetum und steilen, nicht waldfähigen Felsabstürzen. Größere, flächig entwickelte Bestände verdanken ihre Existenz zumeist einer nutzungsbedingten Erweiterung primärer Vorkommen. Innerhalb der Inntaler Trockenrasen lassen sich zwei floristisch und standörtlich grundverschiedene Typen sowie ein zwischen beiden Extremen vermittelnder Übergangstypus unterscheiden.

Die Synsystematik der Trockenrasen im Alpenraum ist von einer verwirrenden Begriffsvielfalt geprägt, die insbesondere auf BRAUN-BLANQUET (1961) zurückgeht, der fast für jeden größeren Talraum oft mehrere eigenständige Gebietsassoziationen ausschied, die sich floristisch und ökologisch untereinander oft nur sehr geringfügig unterscheiden. Bei einer schwächeren Gewichtung regionaler Abwandlungen könnte diese unübersichtliche Vielfalt an Assoziationen auf wenige floristisch und ökologisch gut definierte Einheiten reduziert werden.

Die hier als Kugelblumen-Federgrasrasen beschriebene Trockenrasengesellschaft wurde in dieser oder einer ähnlichen Form bisher noch nicht beschrieben, was wohl vor allem in der schweren Zugänglichkeit ihrer Wuchsorte begründet liegt. Aufgrund des eindeutigen Überwiegens submediterraner Elemente ist die Gesellschaft eindeutig dem Xerobromion-Verband zuzuordnen. Bei einer sehr weiten Fassung der südmitteleuropäischen Volltrockenrasen, wie SCHUHWERK (1990) sie vorschlägt, könnte die Gesellschaft eventuell als eine präalpide, montane Höhenform des Xerobrometum aufgefaßt werden, wenngleich die floristischen Unterschiede, insbesondere aufgrund der Armut an Festuco-Brometea-Arten doch beträchtlich sind. Gewisse floristische und vor allem ökologische Beziehungen bestehen aber auch zum Fumano-Stipetum eriocaulis des Alpenostrandes bei Wien, einem primären Felstrockenrasen, der dort bezeichnenderweise gleichfalls einen integralen Bestandteil einer offenen Schwarzkiefern-Felssteppe bildet (KARRER 1985). Die Bestände des Alpenostrandes zeichnen sich aber durch einen wesentlich höheren Anteil an Reliktendemiten und thermophilen Sedo-Scleranthetea- und Festuco-Brometea-Arten südöstlicher Verbreitung aus, die im Inntal gänzlich fehlen, während gleichzeitig der Anteil alpiner Elemente dort deutlich niedriger liegt. Sie stehen damit den Inntaler Felstrockenrasen floristisch insgesamt doch recht fremd gegenüber. Die von BRAUN-BLANQUET (1961) für die Trockenrasen im Tiroler Oberinntal gewählte Bezeichnung Teucrio-Caricetum humilis erscheint in diesem Zusammenhang gleichfalls recht unglücklich und kaum anwendbar, da sich in dessen Tabelle, von einer Aufnahme abgesehen, nur Bestände befinden, die nach der hier vorgenommenen Gliederung dem Haarpfriemengras-Trockenrasen zuzuordnen wären.

Die hier als Haarpfriemengras-Trockenrasen bezeichnete Trockenrasengesellschaft zeigt überdies recht große floristische und ökologische Übereinstimmung zum von BRAUN-BLANQUET (1961) aus dem innaufwärts anschließenden Unterengadin beschriebenen Astragalo-Brometum. Eine Einordnung dieses Rasens in die kontinentalen Festucetalia vallesiacae erscheint allerdings in Anbetracht der Dominanz submediterraner Sippen durchaus fragwürdig.

Angesichts dieser synsystematischen Unklarheiten wird auf eine Zuordnung zu bestimmten Assoziationen an dieser Stelle vorerst verzichtet, und die eigenen Gesellschaften werden ranglos als Kugelblumen-Federgrasrasen (Globularia cordifolia-Stipa austriaca-Gesellschaft) bzw. Haarpfriemengras-Trockenrasen (Stipa capillata-Gesellschaft) bezeichnet. Eine abschließende Klärung und Wertung der synsystematischen Stellung dieser Gesellschaften soll letztlich einer überregionalen Bearbeitung vorbehalten bleiben.

7.1.1.1 Der Kugelblumen-Federgrasrasen (Globularia cordifolia-Stipa austriaca-Gesellschaft

(Vegetationstabelle 4, S. 104)

Struktur und Artenverbindung:
Physiognomisch handelt es sich beim Kugelblumen-Federgrasrasen um einen sehr lückigen Felsrasen, der im Kontakt zum Erico-Pinetum globularietosum extrem flachgründige, warme Dolomitfelsstandorte besetzt. Der selten mehr als 50 % der Bodenoberfläche deckende, sehr artenarme Rasen wird dominiert von den Horsten der Erdsegge (*Carex humilis*) und dichten Spalieren der Zwergsträucher *Teucrium montanum* und *Globularia cordifolia*. Zu diesen Arten, die den Rasen im wesentlichen aufbauen, gesellen sich als weitere bezeichnende Arten mit sehr hoher Stetigkeit *Fumana procumbens* und *Stipa eriocaulis ssp. austriaca* sowie eine offenbar an Xerothermstandorte gebundene Varietät von *Dactylis glomerata*. Ergänzt wird der Artenbestand einerseits durch einige Felsspalten- und alpine Rasenarten wie *Aster alpinus*, *Sesleria varia*, *Asplenium ruta-muria*, *Dianthus sylvestris*, *Potentilla caulescens* und *Carex mucronata* sowie andererseits einige wenige weitere Trockenrasen- und Saumarten wie *Helianthemum ovatum*, *Thymus praecox*, *Scabiosa columbaria/gramuntia*, *Vincetoxicum hirundinaria* und *Anthericum ramosum*, die meist nur mit sehr geringer Vitalität auftreten. Trotz der unmittelbaren räumlichen Nähe zum Erico-Pinetum sind Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder mit Ausnahme von *Dorycnium germanicum* vergleichsweise selten vorhanden und kümmern meist wenig vital dahin. Die Moosschicht besteht alleine aus *Tortella inclinata* und kann Deckungswerte von bis zu 15 % erlangen.

Untergliederung:
Vom typischen Kugelblumen-Federgrasrasen läßt sich eine standörtliche Ausbildung mit *Bromus erectus* abtrennen, die floristisch, strukturell und

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

standörtlich bereits zum Haarpfriemengras-Trokkenrasen vermittelt. Neben der Aufrechten Trespe sind in dieser Einheit weitere typische Festuco-Brometea-Arten wie *Potentilla pusilla, Botriochloa ischaemum, Festuca rupicola* und *Globularia elongata* zu finden, die der Gesellschaft einen stärker ausgeprägten Rasenaspekt verleihen.

Die typische Ausbildung läßt sich weiter untergliedern in standörtliche Untertypen, in denen jeweils Felsspaltenarten wie *Carex mucronata* und *Potentilla caulescens* oder die thermophile Schuttflurart *Achnatherum calamagrostis* stärker hervortreten.

Standort und Ökologie:
Die Gesellschaft besiedelt exponierte, ausgesprochen trocken-heiße Felsstandorte, die sich durch ein extremes, die Insolationsverwitterung förderndes Strahlungsklima auszeichnen. Typischerweise handelt es sich dabei um stark angewitterte, scherbig zerfallende Dolomitfelsen, die sowohl Felsspaltenarten, als auch den meisten Rasenarten extrem ungünstige Lebensbedingungen bieten. Die Felsrasen haben meist eine ausgesprochen treppige Struktur; blanke Steilstufen aus brüchigem Dolomitfels wechseln mit flacheren, vegetationsreicheren Absätzen, auf denen sich der Verwitterungsschutt staut. In dieser konkurrenzarmen Standortnische können die zum Schuttstau auf oberflächlich bewegten, instabilen Substraten befähigten Arten *Carex humilis, Teucrium montanum* und *Globularia cordifolia* ihre Anpassungsvorteile (Streßstrategie im Sinne von GRIME 1986) voll zum Tragen bringen. Ähnliches gilt für *Fumana procumbens* und *Stipa eriocaulis ssp. austriaca*, die hier, weitgehend befreit vom Konkurrenzdruck anderer Rasenarten, gleichfalls ihre Trockenstreßtoleranz optimal ausspielen können, was sich in einer bemerkenswert hohen Stetigkeit beider Arten widerspiegelt. Vergleichbare standörtliche Einnischungen werden für *Stipa austriaca* von WITSCHEL (1987) und für *Fumana procumbens* von SENDTKO (1993) beschrieben.

Auch die Erklärung für das zunächst kurios anmutende Zusammentreten dieser ausgesprochenen Xerothermarten mit alpinen Florenelementen wie z.B. *Aster alpinus,* liegt in der Konkurrenzarmut der besiedelten Standorte begründet. Typisch für die Wuchsorte der grasreicheren Ausbildung mit *Bromus erectus* ist ein mosaikartiger Wechsel von blankem, angewittertem Fels und flacheren Mikrostrukturen wie Spalten und Treppen, die eine geringmächtige Lößüberlagerung aufweisen. Standörtlich vermittelt sie damit zum Haarpfriemengras-Trockenrasen, der sich in der Regel durch eine mehr oder weniger flächige Feinerdedecke auszeichnet.

Dynamik und Nutzung:
Der Kugelblumen-Federgrasrasen ist überwiegend eine recht stabile Dauergesellschaft primär nicht waldfähiger Extremstandorte. Vereinzelt aufkommende Gehölze wie Waldkiefer, Felsenbirne, Felsenkreuzdorn und Wacholder zeigen meist eine sehr geringe Vitalität und sterben häufig wieder ab. Gleichwohl gelingt es im Bereich tiefreichender Felsspalten bisweilen einer Kiefer, sich dauerhaft zu etablieren, wodurch eine Sukzession hin zu Erico-Pinetum-Fragmenten eingeleitet wird. Aus einer Ansiedlung einzelner Gehölze im Bereich edaphischer Gunstbereiche resultieren aber normalerweise keine geschlossenen Wälder, sondern lediglich eine sehr locker mit Kiefern und Sträuchern überstellte "Kiefern-Felssteppe". In der Vergangenheit wurde eine flächige Ausbreitung der Rasen innerhalb dieser häufig der Ziegenweide vorbehaltenen Kiefer-Felssteppen durch eine massive Zurückdrängung der Gehölze und damit oft einhergehender Standortdegradation durch Erosionsprozesse erheblich begünstigt. So zeigt beispielsweise ein Foto im Heimatmuseum von Zirl aus dem Jahre 1947 den Kalvarienberg oberhalb der Ortschaft, der bis nach dem zweiten Weltkrieg ganzjährig mit bis zu 300! Ziegen beweidet wurde, als fast gehölzfreien, kahlen Felshang. Nach Einstellung der Beweidung haben sich in verstärktem Maße Gehölze angesiedelt und die 1947 noch viel weiter verbreiteten offenen Felsrasen deutlich zurückgedrängt. Heute tritt uns der Kalvarienberg wieder als typische mosaikartige Kiefern-Felssteppe entgegen, in der die Trockenrasen nur die extremsten edaphischen Positionen einnehmen.

Verbreitung:
Der Kugelblumen-Federgrasrasen ist auf entsprechenden Felsstandorten im gesamten Tiroler Oberinntal von der Martinswand bei Zirl bis hinauf nach Landeck anzutreffen. Die Gesellschaft tritt zwar oft sehr kleinflächig auf, ist aber im Bereich der steil aufstrebenden Dolomitfelshänge durchaus nicht selten und weit verbreitet. Größere zusammenhängende Komplexe sind u.a. oberhalb der Innbrücke bei Silz oder bei Zams zu finden. Die höchsten Bestände wurden bei 900 m N. N. aufgenommen, die Gesellschaft steigt aber vermutlich noch deutlich höher.

Abseits des Oberinntals ist der Kugelblumen-Federgrasrasen in den mittleren nördlichen Kalkalpen nur in einer völlig isolierten Exklave am "Steppenhang" bei Lofer im österreichischen Bundesland Salzburg, ca. 10 km südlich der deutsch-österreichischen Grenze, zu finden. Den Loferer Beständen, die auf relativ großer Fläche einen extrem steilen Felshang einnehmen, fehlt *Fumana procumbens* vollständig, während *Allium montanum* oft aspektbildend in den Vordergrund tritt.

7.1.1.2 Der Haarpfriemengras-Trockenrasen (Stipa capillata-Gesellschaft)

(Vegetationstabelle 4, S. 104)

Struktur und Artenverbindung:
In der wärmsten, untersten Talstufe des Tiroler Oberinntales findet man auf edaphischen Extremstandorten verbreitet kleinflächige Trockenrasen, die sich hinsichtlich ihrer floristischen Struktur deutlich vom Kugelblumen Federgras-Felsrasen der

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

meist höher gelegenen "Kiefern - Felssteppen" unterscheiden. Physiognomisch handelt es sich dabei um wesentlich geschlossenere, eindeutig von Trockenrasengräsern wie *Stipa capillata, Botriochloa ischaemum, Bromus erectus, Festuca rupicola* und *Carex humilis* dominierte Rasen, in denen spalierbildende Zwergsträucher stark zurücktreten und alpine Arten fast vollständig fehlen (Foto 20). Statt dessen findet man hier eine ganze Reihe weiterer Festuco-Brometea-Arten wie *Potentilla pusilla, Teucrium chamaedrys, Phleum phleoides, Euphorbia cyperissias, Veronica spicata* und *Stachys recta*, die den extrem feinerdearmen Substratbedingungen im typischen Kugelblumen-Federgras-Felsrasen offensichtlich noch nicht gewachsen sind. Als weitere sehr bezeichnende floristische Bestandteile treten in den Bestandeslücken wärmebedürftige Sedo-Scleranthetea-Arten wie *Artemisia campestris, Petrorhagia saxifraga, Melica ciliata, Lactuca perennis, Sedum album, Sedum sexangulare* und *Medicago minima* hinzu, die in gewisser Weise die Lückenbesiedlerrolle der spalierbildenden Zwergsträucher und alpinen Felsspaltenarten übernehmen. In der meist recht spärlich entwickelten Moosschicht wird die für den Felsrasen so bezeichnende *Tortella inclinata* weitgehend ersetzt durch typische Trockenrasenmoose wie *Rhytidium rugosum* und *Abietinella abietina.*

Insgesamt hat die Gesellschaft in struktureller wie in floristischer Hinsicht einen wesentlich ausgeprägteren Trockenrasencharakter als der eher an eine offene, schütter bewachsene Felsflur gemahnende Kugelblumen-Federgrasrasen.

Standort und Ökologie:
Der Haarpfriemengras-Trockenrasen ist vor allem im Bereich steil zum Inn abfallender Felshänge und Schluchten sowie auf isoliert aus dem Talboden herausragenden Rundhöckern wie dem "Bürgele" bei Mötz anzutreffen. Dort besetzt die Gesellschaft kleinflächig die oberen Hangkanten im Übergang zwischen den offenen Felsfluren der Steilhänge und Schluchten und den oberhalb angrenzenden Wäldern. Größerflächige Bestände, wie man sie etwa bei Roppen und Maria-Locherboden antrifft, verdanken ihre Existenz eindeutig einer sekundären anthropo-zoogenen Erweiterung kleinflächiger Primärvorkommen. Bezeichnenderweise findet man in der Nähe fast aller Vorkommen Fragmente thermophiler Eichenwälder und Wuchsorte des submediterranen Blasenstrauchs (*Colutea arborescens*), die von der besonderen Wärmegunst der Standorte zeugen.

Im Gegensatz zum Kugelblumen-Federgras-Felsrasen besiedelt der Pfriemengras-Trockenrasen Standorte, die sich durch eine 10-20 cm mächtige, steindurchsetzte, lößhaltige Feinerdedecke auszeichnen, welche nur stellenweise vom anstehenden Dolomitfels durchbrochen wird. Trotz des regelmäßigen Auftretens offener Rohbodenstellen handelt es sich um geomorphologisch vergleichsweise konsolidierte Standorte, die keiner andauernden Überformung durch Abwitterung und oberflächliche Substratbewegung unterliegen.

Die stärkere Konsolidierung und der Feinerdereichtum sind die entscheidenden standörtlichen Faktoren, die das vitale Auftreten von Trockenrasengräsern, insbesondere von *Stipa capillata,* und weiteren Festuco-Brometea-Arten ermöglichen. Im Gegenzug fallen ausgesprochen konkurrenzschwache "petrophile" Arten wie *Stipa eriocaulis* ssp. *austriaca* und *Fumana procumbens* sowie schuttstauende Spalierpflanzen wie *Globularia cordifolia* und *Teucrium montanum* fast vollständig aus.

Dynamik und Nutzung:
Größere Bestände der Gesellschaft sind in wesentlich stärkerem Maße nutzungsgeprägt als der Kugelblumen-Federgrasrasen. Aufgrund der deutlich weniger extremen Standorte unterliegen diese bei Einstellung der früher überall verbreiteten Beweidung mit Kleinvieh (insbes. Ziegen und Schafe) einer raschen Verbuschung und werden auf stark exponierte Hangkanten am oberen Rand steiler Felsabstürze zurückgedrängt. Die Sukzession führt nach Nutzungsaufgabe zum Erico-Pinetum oder häufiger auch zu thermophilen Haselgebüschen und Eichenwäldern.

Verbreitung:
Der Haarpfriemengras-Rasen ist heute fast nur noch im Talabschnitt zwischen Telfs und Imst anzutreffen. Verbreitungsschwerpunkte sind einerseits der Steilabsturz des Mieminger Plateaus östlich Maria-Locherboden sowie andererseits die Schluchtstrecke des Inn zwischen Imst und dem Ausgang des Ötztals. Sehr schöne Bestände sind im Kontakt zu einem thermophilen Eichenwald auch auf dem Bürgele bei Mötz zu finden. Die meisten Vorkommen sind extrem kleinflächig und lassen oftmals gerade noch eine Vegetationsaufnahme zu.

Bis in die Zeit nach dem 2. Weltkrieg müssen Trockenrasen, die weitgehend unserer Gesellschaft entsprachen, wesentlich weiter und großflächiger verbreitet gewesen sein. Seither sind zahlreiche Bestände durch Verbuschung nach Nutzungsaufgabe, gezielte Bepflanzung und Böschungssanierungen sowie vor allem auch durch Straßenbaumaßnahmen verlorengegangen. So wurden etwa die großen Vorkommen bei Silz und Zirl weitgehend durch Straßenbau zerstört. Die von KIELHAUSER (1954) beschriebenen Trockenrasen der Stanzer Leithen bei Landeck fielen weitgehend einer Überbauung durch Wochenendhäuser zum Opfer und sind nur noch in spärlichen Resten vorhanden. Einzig nahe der Ortschaft Roppen gibt es noch einen größeren, sehr vielgestaltigen Trockenrasen-Komplex, der sich in einem sehr guten Pflegezustand befindet und noch einen Eindruck der ehemaligen Inntaler Trockenrasenherrlichkeit vermittelt.

Bedauerlicherweise wurden die umfangreichen, während des Baues der Inntalautobahn entstanden

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Böschungsflächen, die vielerorts sehr günstige Voraussetzungen für eine Restitution von Trockenrasen geboten hätten, fast ausnahmslos durch Anspritzverfahren nach dem Patent SCHIECHTL und dichte Bepflanzung mit Robinien und anderen Gehölzen verdorben.

7.1.2 Die Kalkmagerrasen der randalpischen Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe

(Vegetationstabelle 5, S. 110)

In den regenreichen Randalpen fehlen echte Volltrockenrasen mit Ausnahme des isolierten Vorkommens bei Lofer aufgrund der klimatischen Rahmenbedingungen praktisch vollständig. Selbst auf den flachgründigsten und wärmsten Standorten werden sie ersetzt durch Halbtrockenrasen, die eine ausgesprochen mesophile Artenkombination aufweisen. Zahlreiche im Inntal weit verbreitete Xerothermarten fallen in den Randalpen vollständig aus bzw. werden ersetzt durch vikariierende alpine Sippen (Kap. 5.1.1.). An die Stelle der xerothermen Festuco-Brometea-Arten treten insbesondere Arten der alpinen Blaugrashalden (Seslerietea), der Schneeheide-Kiefernwälder (Erico-Pinetea) und der Pfeifengraswiesen (Molinion).

Die synsystematische Zuordnung der randalpischen Kalkmagerrasen-Kontaktgesellschaften des Calamagrostio-Pinetum gestaltet sich noch schwieriger als die der Inntaler Volltrockenrasen, da in diesen Rasen Arten aus sehr unterschiedlichen, übergeordneten soziologischen Einheiten (Festuco-Brometea, Trifolio-Geranietea, Seslerietea, Erico-Pinetea, Molinion) in oft fast gleichstarken Anteilen nebeneinander auftreten. Am ehesten entsprechen die aufgenommenen Bestände noch dem von der Schwäbischen Alb beschriebenen Laserpitio-Seslerietum (OBERDORFER 1978), könnten aber auch als tiefmontane Höhenform des Seslerio-Caricetum sempervirentis oder gar als Lichtphasen des Calamagrostio-Pinetum aufgefaßt werden. Eine abschließende Klärung der synsystematischen Stellung entsprechender Rasenbestände dürfte die in Vorbereitung befindliche Arbeit von GÖTZ erbringen.

7.1.2.1 Erico-Pinion-nahe Kalkmagerrasen (Laserpitio-Seslerietum)

(Vegetationstabelle 5, S. 110)

Struktur und Artenverbindung:
Strukturell erscheinen die Kalkmagerrasen-Kontaktgesellschaften der randalpischen Buntreitgras-Kiefernwälder durchaus recht heterogen. Das Spektrum reicht von niederwüchsigen Pionier- und Felsrasen bis hin zu üppigen, von *Molinia caerulea* agg. dominierten Beständen. Umso erstaunlicher ist, daß sich alle aufgenommenen Bestände trotz des teilweise recht unterschiedlichen Erscheinungsbildes durch eine vergleichsweise einheitliche floristische Grundstruktur auszeichnen.

Das Gefüge der Rasen wird, ähnlich wie das der benachbarten Buntreitgras-Kiefernwälder, dominiert von Seggen und Gräsern wie *Carex humilis*, *Carex sempervirens*, *Sesleria varia* und *Molinia caerulea* agg. Daneben können aber in bestimmten Ausbildungen auch *Anthericum ramosum* und kleinwüchsige Chamaephyten wie *Erica herbacea*, *Teucrium montanum* und *Globularia cordifolia* höhere Deckungswerte erlangen.

Der übrige Artenbestand verteilt sich im wesentlichen auf vier mehr oder weniger durchgängig und in etwa gleichstark vertretene Artengruppen, die den Rasen ein soziologisch sehr uneinheitliches Profil verleihen. Dabei handelt es sich einerseits um schwerpunktmäßig in tieferen Lagen verbreitete, wärmebedürftige Arten der Kalkmagerrasen (Festuco-Brometea) und thermophilen Säume (Trifolio-Geranietea) und andererseits um mehr oder weniger an den Alpenraum gebundene Arten der alpinen Kalkrasen (Seslerietea) und der Schneeheide-Kiefernwälder (Erico-Pinetea). Geradezu die Regel ist dabei das zunächst recht ungewöhnlich erscheinende Zusammentreten soziologisch und ökologisch recht gegensätzlicher Arten und Artengruppen. So findet man "Xerothermrasen-Arten" wie *Carex humilis* und *Teucrium montanum* in direkter Vergesellschaftung mit zeitweilig frischebedürftigen, mesophytischen Arten wie *Molinia caerulea* agg., *Galium boreale*, *Potentilla erecta* oder gar *Gladiolus palustris* (Foto 21).

Besonders bemerkenswert ist ferner das gehäufte Auftreten von Charakterarten der Schneeheide-Kiefernwälder, die in den offenen Rasen teilweise beträchtlich höhere Stetigkeiten erreichen als in den benachbarten Kiefernwäldern. Dies gilt insbesondere für kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lückenbesiedler wie *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis* und *Leontodon incanus*. Im Vergleich zu den Kiefernwäldern treten auch weitere Lückenbesiedler wie *Teucrium montanum*, *Hippocrepis comosa*, *Linum carthaticum* und *Globularia cordifolia* generell stärker in den Vordergrund und sind keinesfalls nur auf extrem flachgründige Standorte beschränkt. Zu diesen auch innerhalb der Kiefernwälder verbreiteten Arten treten weitere ausgesprochen heliophile Sippen wie *Gentiana utriculosa*, *Helianthemum ovatum*, *Linum viscosum*, *Allium carinatum* und *Allium montanum*, die den eigentlichen Kiefernwäldern meist vollständig fehlen.

Im Gegenzug verschwinden in den offenen Rasen anspruchsvollere Mesophyten und Laubwaldarten, wie z.B. *Fragaria vesca*, *Melica nutans*, *Convallaria majalis*, *Valeriana tripteris*, *Mercurialis perennis*, *Rubus saxatilis*, *Aquilegia atrata* und *Knautia dipsacifolia*, fast vollständig, aber auch Arten wie *Calamagrostis varia*, *Carduus defloratus*, *Aster bellidiastrum* und *Thesium alpinum* gehen in ihrer Stetigkeit deutlich zurück. Eine Moosschicht ist in den Rasen meist nur sehr spärlich entwickelt, die meist nur *Rhytidium rugosum* und *Tortella tortuosa*

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

enthält. Streufilzbesiedelnde Arten wie *Scleropodium purum* und *Rhythidiadelphus triquetrus*, die in den Kiefernwäldern sehr häufig anzutreffen sind, fehlen dagegen weitgehend. Trotz der auf den ersten Blick sehr großen floristischen Ähnlichkeiten, ergeben sich somit doch einige wesentliche Unterschiede zwischen den Buntreitgras-Kiefernwäldern und den benachbarten offenen Rasen.

Untergliederung:
Die hier vorgenommene Untergliederung berücksichtigt neben edaphischen Unterschieden vor allem nutzungsbedingte Abwandlungen der floristischen Struktur der Rasen. Bestände, die rezent noch beweidet werden oder in der Vergangenheit dieser Nutzung in stärkerem Maße ausgesetzt waren, enthalten stets eine ganze Reihe von typischen Weidezeigern wie *Leontodon hispidus, Briza media, Plantago media, Plantago lanceolata, Centaurea jacea* und *Ononis repens*. Zu den Weideindikatoren können aber auch mittelbar geförderte Festuco-Brometea-Arten wie *Helianthemum ovatum, Asperula cynanchica, Festuca guestfalica, Sanguisorba minor* und bis zu einem gewissen Maße sogar *Bromus erectus* gezählt werden. Negativ charakterisiert sind stark beweidete Rasen häufig durch ein deutliches Zurücktreten der gegenüber Fraß und Tritt sehr empfindlichen *Molinia caerulea* agg. Insgesamt zeichnen sich beweidete Flächen durch einen wesentlich stärker ausgeprägten Festuco-Brometea-Charakter aus.

Anhand der weiteren floristischen Untergliederung der Gesellschaft kommen insbesondere Unterschiede im Wasserhaushalt zum Ausdruck:

Bei der Ausbildung mit *Carex mucronata* handelt es sich um einen extrem lückigen, niederwüchsigen Rasen flachgründiger Fels- und Schuttstandorte in dem neben der namensgebenden Art weitere ausgesprochene Lückenpioniere wie *Globularia cordifolia*, *Gentiana utriculosa* und *Tortella inclinata* sehr reichlich und mit hoher Stetigkeit vertreten sind.

Als Gegenstück zur Ausbildung mit *Carex mucronata* findet man auf dem frischeren Flügel der Rasen die Ausbildung mit *Gladiolus palustris* (Foto 21), in der neben der Sumpf-Siegwurz weitere Molinion-Arten und Wechselfrischezeiger wie *Succisa pratensis*, *Cirsium tuberosum*, *Aquilegia atrata*, *Laserpitium prutenicum* und *Carex panicea* zu finden sind. Innerhalb der Ausbildung mit *Gladiolus palustris* läßt sich ferner eine Unterausbildung mit *Schoenus ferrugineus*, *Schoenus nigricans*, *Gentiana asclepiadea* und *Carex hostiana* ausscheiden, die standörtlich und floristisch bereits zum Primulo-Schoenetum vermittelt.

Nur mit einer Aufnahme wurde ein Rasenbestand erfaßt, der durch den Ausfall zahlreicher ansonsten weit verbreiteter xerophytischer Arten und das Hinzutreten weiterer Molinion-Arten wie *Serratula tinctoria* und *Betonica officinalis* deutlich aus dem Rahmen der übrigen Bestände herausfällt und wohl bereits dem Cirsio tuberosi-Molinietum zugeordnet werden muß.

Standort und Ökologie:
Die Kalkmagerrasen besiedeln innerhalb der randalpischen Buntreitgras-Kiefernwald-Komplexe einerseits Standorte, die primär nicht oder nur bedingt waldfähig sind, wie exponierte Felsbänder, tiefeingeschnittene, extrem steile Gräben und Lawinarrinnen (Foto 1) und andererseits durch Nutzung entstandene kleinere Bestandeslücken oder größere Lichtweideflächen innerhalb und am Rande der Bestände (Foto 24 und 30). Nicht selten bilden derartige Rasen aber auch ein Stadium im Rahmen primärer Sukzessionen auf größeren Hangerosionsflächen wie z.B. im Isartal bei Vorderriß. In der Regel nehmen die Rasen sehr steile, sonnenexponierte Reliefbereiche ein. Das Spektrum der Böden reicht von extrem humusarmen Syrosemen und Proto-Rendzinen bis hin zu flachgründigen mullartigen und Mull-Rendzinen. Im Vergleich zu entsprechenden Waldstandorten sind die Rendzinen deutlich humusärmer, was neben der geringen Biomasseproduktion und stärkeren Austrocknungstendenz infolge der intensiven Einstrahlung oft auch auf eine rezente oder ehemalige Beweidung zurückzuführen ist. Häufig wird die Bodendecke in allen standörtlichen Ausbildungen partiell noch vom anstehenden Fels durchragt.

Am flachgründigsten, steinigsten und wenigsten entwickelt sind die Böden in der Ausbildung mit *Carex mucronata*. Die zahlreichen, offenen Rohbodenstellen begünstigen hier das Auftreten ausgesprochener Lückenpioniere wie *Gentiana utriculosa* . In den anderen standörtlichen Ausbildungen ist die Bodenentwicklung deutlich weiter fortgeschritten, insgesamt aber immer noch recht heterogen.

Die Ausbildung mit *Gladiolus palustris* besiedelt keineswegs, wie vielleicht zunächst zu erwarten, durchweg merklich tiefgründigere und feinerdereichere Substrate, sondern ist selbst auf extrem steilen und sehr flachgründigen Standorten zu finden, bei denen nicht selten sogar stellenweise der blanke Fels zu Tage tritt. Bei den von der Gesellschaft besiedelten Standorten handelt es sich allerdings fast immer um (meist konkave) Hangbereiche, die nach größeren Niederschlagsereignissen regelmäßig für einige Tage von seichtem Interflow durchrieselt werden. Besonders intensiv und länger anhaltend ist die Durchrieselung bei der Unterausbildung mit *Schoenus*, die meist in direktem Kontakt zu Kalkquellsümpfen (Primulo-Schoenetum) steht.

Das in der Ausbildung mit *Gladiolus palustris* besonders stark ausgeprägte, recht ungewöhnliche oder gar kurios anmutende Zusammentreten von xerophytischen Arten mit Wechseltrocknis- oder gar Wechselfeuchtezeigern hat seine Hauptursache im extrem humiden Klimacharakter der Bayerischen Kalkalpen. Der ausgeprägte sommerliche Niederschlagsreichtum ermöglicht selbst Arten, die normalerweise streng an wechselfeuchte bis wechsel-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Vegetationstabelle 5: Erico-Pinion-nahe Kalkmagerrasen der Randalpen (Laserpitio-Seslerietum)

(SO Aufnahmen von HÖLZEL)

1: Ausbildung mit Carex mucronata
2.1: typische Ausbildung
2.2: typische Ausbildung, Weideform
3.1. Ausbildung mit Gladiolus palustris
3.2. Ausbildung mit Gladiolus palustris, Weideform
3.3. Ausbildung mit Gladiolus palustris, Unterausbildung mit Schoenus
4. Cirsio tuberosi-Molinietum

	1	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	4
Laufende Nummer	11111 12345678	111112222 901234	222222333333333 567890123	344444 456789012345678	44444 901234	5 56789	0
Aufnahmenummer	22222222 67777779 90345677	22333 99222 56346	2222223333 6677883333 5689454567	223322222222233 692268888899999 787881367834923	443223 009980 011006	32233 09900 41202	3 9 0
Meereshöhe (10 m)	1 88888889 67011014	88991 45147	8888777777 1311776688	11 892387888877977 569357133144765	7 7776 2 7068	77799 21287	7 8
Exposition	12111112 80449970 00000000	11221 85006 00000	2112222222 1970113300 0000000000	1211111111111111 932495655591487 000000000000000	111111 777752 000009	11111 47746 00000	1 8 0
Hangneigung (Grad)	42333433 62558086	44334 47872	3333313233 2550083256	3434333333333343 179323888070422	333332 430607	33333 27688	1 6
Artenzahl	44234443 16943928	44233 90739	4544444444 7178880102	5333444443344442 165280741899155	555456 132564	64343 26625	3 3
Deckung der Krautschicht (%)	76556765 00000000	55778 00000	8778678889 0000000000	8887778777768977 000000000000000	777897 000000	88898 00000	9 0
Deckung der Moosschicht (%)	11 +15051+1	1+53+	++5+2+5311	1+++2+++++2+	++	1+++++	+++ +
d 1							
Globularia cordifolia	12222111	1...1	..+..21...	...+1...1.....		21.2.1	111.. .
Carex mucronata	22221221	.....	.....	.1.....1.		.....	..... .
Gentiana utriculosa	+111111.	.....	..11.....	1+..1.1...1....		.....	.1... .
Tortella inclinata	..221111	.+...	.....	....+.....1....		.....	..... .
Valeriana saxatilis	.++1.1..	.....	.....	+1.....+....		.....	.1+1. .
Gentiana clusii	+111+1..	....+	....1....	.....		1	11... .
Tofieldia calyculata	..11++..	.....	...+.1....	.....		....+	11.1+ .
d 3							
Succisa pratensis	.....	.....	.....+....	1...1+.....+1..		11+111	1..11 +
Cirsium tuberosum	.....	.....	.....	.....++11.11++		++1..1	1..12 1
Gladiolus palustris	.....	.....	.....	.11+.11...11...		.1..1.	111+1 .
Laserpitium prutenicum	.....	.....	.....	.....+.+2		..+...	1.... 1
Aquilegia atrata	.....	.....	.....	.....1.		...+.1	+111. .
Carex panicea	.....	.....	.....	.....1..		....+.	...11 .
d 3.3							
Schoenus ferrugineus	.....	.....	.....	.....		.....	11.21 .
Schoenus nigricans	.....	.....	.....	.....		.....	.23.. .
Gentiana asclepiadea	.....	.....	.....	.....		.....	++..1 .
Carex hostiana	.....	.....	.....	.....		.....	+..+. .
d 4							
Serratula tinctoria	.....	.....	.....	.....		..1...	 1
Betonica officinalis	.....	.....	.....	.....		.....	 2
d Weideformen							
Leontodon hispidus	.....	....+	+1..111111	1.....+.....		+11111	1+..+ .
Briza media	.....++.	....+	..+1+111+.	1..+.....		...11+	1+... .
Plantago media	.....	+....	++1+.++111	.....		11+..1	+.... .
Helianthemum ovatum	....111.	.+...	.111..1111	.....+..+.....		11....	..... .
Ononis repens	.....	.....	....+1+1.1	.....+....+...		+...11	1.... .
Asperula cynanchica	.....	.....	111111	.....		...1.1	1+... .
Festuca ovina guestfalica	.....	.....	....+12112	.....		....1.	..... .
Pimpinella saxifraga	.....	.....	1111	.....		.....+	+.... .
Tetragonolobus maritimus	.....	.....	.....+111	.....		.....+	+.... .
Centaurea jacea	.....	.....	.....+111	.....+....1+..		111..+	...++ .
Plantago lanceolata	.....	.....	+....1.1..	.....		.+...+	..... .
Sanguisorba minor	.....	.....	+...+...+1	.....		.....+	..... .
Ononis spinosa	.....	.....	.1.+.....	.....		.....	..... .
Erico-Pinetea							
Buphthalmum salicifolium	11111111	11111	1111111111	11111111111111		111111	11111 1
Polygala chamaebuxus	11..1111	11.11	1111111111	111111+11111111		111111	11+1. +
Erica carnea	1111211.	11.11	211111..11	1111+....+11+21		221111	111++ .
Epipactis atrorubens	++11111+	1+.+.	++11++..+.	++.++11...11+..		...++.	+.11+ .
Thesium rostratum	1+1+111+	++.1.	111111....	11..1.....1++..		11.+.+	1111. .
Festuca amethystina	1....++.	++11.	111++.....	1+..+1+11..11..		..1...	++11+ 1
Amelanchier ovalis	+++.+1+1	++++.	11111.....	++..++....1+.+.		1...+1	.+.+. .
Coronilla vaginalis	11...111	.+..1	111111.11+	1...111.....		...1.1	1.... .
Leontodon incanus	11.++..1	1+...	....1111..	11+.11++..1....		++.1..	.1.1. .
Pinus sylvestris	.+.++.++	.....	11...111..	+...+...+....+.		+1.+.+	++1+. .
Viola collina	11..++++	11..1	.+.....	1+.11..++.....+		..+...	..... .
Rhamnus saxatilis	.....+1+	++...	++..1+....	+.....++...		.....+	..+.. .
Gymnadenia odoratissima	..1111+.	.....	..1.....	.1...+.....		.+.++.	.+++. .
Dorycnium germanicum	11.....1	21...	11.....	11..1.....		.....	..... .
Festuco-Brometea							
Carex humilis	21.+1112	22332	2211332221	1112233222322122		332323	21111 1
Teucrium montanum	11111111	12112	1111211121	1.++2111112..12		2121+1	1+1.. .
Prunella grandiflora	11111111	11111	1111111111	11.+111..111+1.		111111	1.+++ .
Galium verum	++...11.	11+..	.111++++11	1.+.111111+1+1.		11111.	1+.+. +
Rhytidium rugosum	+1..111.	1+21+	1111111111	1...111..11...1		1111.+	.+..+ .
Hippocrepis comosa	11..1+.1	+..++	1111111111	1+...11..11...1		11.1+1	1..+. .
Brachypodium rupestre	+.....	111..	11..1+1112	.....1.1...11..		...121	1.+.. 1
Bromus erectus	.....	.....	112112	.....11111.1.11		.11111	1++.. 1
Centaurea scabiosa	+....+..	+....	111.....1	.....1...++1+.		11+11+	.+..+ .
Carlina acaulis	++.....	+...+	++...+1++1	1.1+.....+..		.....	..... +
Allium carinatum	.....	.....	....++.++1	.....++1.		111+1+	+...+ 1
Linum viscosum	.....	.....	.....	.....11...+.		111...	 1
Euphorbia cyparissias	.+.....	.....	....+....	+...+.+1++...1.		111...	..... .
Teucrium chamaedrys	.....	.....	....+...11	.....+1....1...		11	..... .

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Vegetationstabelle 5

Trifolio-Geranietea								
Anthericum ramosum		21212111	12221	2111121111	2111211111111121	221111	11111	+
Vincetoxicum hirundinaria		.....	++111	..++++....	..+..11111+1111	111.1+	+.+.+	1
Viola hirta		+.....	1.11.	11..11..11	.1...111+111.+.	111111	1..+.	.
Asperula tinctoria		11.....1	111.1	11..1.....	11..111....++..	11+.11	+.++.	.
Polygonatum odoratum		++.....+	11.1.	...+11....	.+...11+..11++.	11+1+.	....+	.
Laserpitium siler		1+.....+	+1...	.....1....	...+.11+.+11.1.	111+1+	1....	.
Peucedanum oreoselinum		11..111+	11...	1111.....	1...1..........	11.1..	..+.+	.
Peucedanum cervaria		.....	.....	....11....	.....11...11.1.	.+..+.	1++..	.
Origanum vulgare		.....	+.1..	1.....	.....111+.....1	..1.+.	.....	1
Laserpitium latifolium		.....	+....	..1+.....	.......++..111.	.....	.....	.
Geranium sanguineum		.....	+++..	.....	.....+1....1...	.....	.....	.
Sesleretea								
Sesleria varia		11111112	11111	2211112222	2111111222111111	211112	12211	1
Thymus polytrichus (sp.)		11.11111	11111	11111+11..	.++11..1111..11	111+11	1+.+.	.
Carex sempervirens		1+..11..	1.112	+221112212	2121111..111...	111122	21.+1	.
Phyteuma orbiculare		.....+	1	111....1..	11111+.....11+.	..1111	11111	.
Galium anisophyllum		....+.++	+.111	11..+....+	1.+1.1.11+..1..	1.1.11	...+.	.
Scabiosa lucida		11..1.++	++...	.+.++..++1	.+..1...+.+..+.	+..+..	1..+.	.
Carduus defloratus		.+..+1.1	..111	.....	.1111.+++..11.	..+.1+	.....	.
Rhinanthus glacialis		..11111.	.+...	..1.....	1.....+1...++.	..1.11	...+.	+
Globularia nudicaulis		.....	...+1	11.....	.+11+.....+..	.....	...11	.
Anthyllis vulneraria alpestris		.....	1....	.+....11+1	1...1..........	.+..1.	.....	.
Carex baldensis		11.....1	.1...	+2.....	1...1..........	.....	.....	.
Wechseltrockniszeiger								
Potentilla erecta		11111111	11..1	1111111111	111111111111.11	111111	11111	1
Galium boreale		.1..+111	+.11+	1111111.11	1.++111111+1111	111111	111++	1
Molinia caerulea agg.		11222221	+.+12	..34+.....	2433111212214522	11212+	32254	4
Linum catharticum		11.+1.+1	....+	1111.1....	11111.1..+....+	+1.+1+	11+.+	.
Sonstige Arten:								
Lotus corniculatus		.111111+	11111	1111..1111	1.++111+11+1++1	111111	...+1	.
Tortella tortuosa		11111111	1111+	11111.1...	11+1111++11..+.	11...+	111..	.
Amelanchier ovalis	K	++..+1+1	++++.	11111.....	++..++....1+.+.	1...+1	.+.+.	.
Calamagrostis varia		+1....1+	11121	1111.....1	..1.1..11.+11..	...1..	1..11	1
Pinus sylvestris	K	.+.+..++	.....	11...111..	+...+...+....+.	+1.+.+	++1+.	.
Carex flacca		.....+..	....+	..++.+....	+.11...111+11..	...+11	++..+	1
Sorbus aria	K	.+.+....	+..+.	+...+.....	++...++...+1+++	+....+	1.+..	.
Campanula rotundifolia		.....	.....	111	.....+1...+11	111.+1	1...+	1
Ranunculus nemorosus		.....	+....	++....+1++	1...+....+..+..	.+1.1.	+....	.
Rhamnus saxatilis	K	.....+1+	++...	++..1+....	+.....++.....	.....+	..+..	.
Allium montanum		.....	1	.....	..1+.11...+1.+1	111+..	1....	.
Frangula alnus	K	.....	...+.	....11....	.....+.+.11...	..+.++	111..	.
Fissidens cristatus		.....+..	11...	.....	..+....++..1.+.	11...+	.+...	.
Gymnadenia conopsea		..+.+.+.	.....	...++.....	+...1....+.....	..+...	...+.	.
Ctenidium molluscum		.....++.	.....	...+.....	+++.....1.....	1.....	+.+..	.
Gentiana verna		..1+.+..	....+	..+..+....	..+..........	.+....	.+...	.
Picea abies	K	..+++...	.....	.++....+..	.........+.....	.....	..+..	.
Campylium chrysophyllum		..+.....	++.+.	.+.....	.....+..+.....+.	.....	.....	.
Acer pseudoplatanus	K	...+....	.....	.....++++.	.....+.+.....	....+.	.....	.
Biscutella laevigata		....++1.	..+1.	...+.....	.....	....+.	.....	.
Hieracium murorum/bifidum		+1.....	.....	+1....+..+	.+.....	.....	.....	.
Euphrasia picta		.....+..	.....	..11.....	.....+.....	++....	+....	.
Primula auricula		..+..11.	.....	.....	..+.....+.	.....	.....	.
Crepis alpestris (sp.)		.....	.....	.+..+.....	1...+.....	....+.	.....	.
Pteridium aquilinum s.str.		.....	..+..	.....	.....+11.....	.....	.....	1
Aster bellidiastrum		.....	.....	.....	+.1+.....	.....	+..+.	.
Euphrasia rostkoviana		.....	.....	.....+....	.....+1	..1.+.	.....	.
Knautia dipsacifolia		.....	.....	.....	.....++..	...+..	....+	1
Sorbus aucuparia	K	..+++...	.....	...+.....	.....	.....	.....	.
Carlina vulgaris		.....++.	.....	..++.....	.....	.....	.....	.
Amelanchier ovalis	S	..+.+...	.....	...+.....	.....+.	.....	.....	.
Entodon concinnus		.....+	+....	.....	....1....+.....	.....	.....	.
Thuidium delicatulum		....+...	.....	+.....	.....	....+.	+....	.
Pimpinella maior		.....	.....	.....	.....+....+..	..1...	.....	1
Platanthera bifolia		.+.+....	.....	.....	+.....	.....	.....	.
Hieracium glaucum		.1.....	.+...	.....	....+.....	.....	.....	.
Ditrichum flexicaule		.....+..	.....	.....	....+.....	.....	.....	.
Convallaria majalis		.....	.....	..21.....	.....1...	.....	.....	.
Hypnum cupressiforme		.....	...++	.....	.....	.....	.1...	.
Trifolium montanum		.....	.....	1.....	.....	.....+	.....	.
Pinus sylvestris	S	....+...	.....	.....	.....+.	.....+	.....	.
Carex montana		.....	2	.....	.....1...	.....	.....	1
Galium album ssp. album		.....	.....	.....	.....11.....	.....	.....	1
Melica nutans		.....	.....	.....	.....++.....	.....	.....	+
Gentiana aspera		.....	.....	.....	.....	+.1...	.1...	.
Aufnahmenummer		22222222	22333	2222223333	223322222222233	443223	32233	3
		67777779	99222	6677883333	692268888899999	009980	09900	9
		90345677	56346	5689454567	787881367834923	011006	41202	0

Weitere Arten: Dryas octopetala 273:1, 274:1; Hypnum lacunosum 265:1, 279:+; Trifolium pratense 278:+, 279:+; Abietinella abietina 278:1, 279:+; Thesium alpinum 326:+, 328:+; Corylus avellana K 334:+, 335:+; Fraxinus excelsior K 334:+, 335:+; Encalypta streptocarpa 266:+, 288:+; Quercus robur K 335:+, 336:+; Hieracium pilosella 336:+, 337:+; Polygala amarella 266:+, 288:+; Berberis vulgaris K 284:+, 294:+; Avena parlatorei 327:+; 328:1; Cephalanthera longifolia 278:+, 280:+; Viburnum lantana K 284:1, 306:+; Clematis vitalba K 286:+, 287:+; Primula farinosa 279:1, 304:+; Salvia glutinosa 286:+, 287:+; Ranunculus montanus 267:1, 306:+; Koeleria pyramidata 283:+, 280:1; Clinopodium vulgare 294:+, 280:+; Coronilla coronata 392:+, 391:1; Lotus corniculatus hirsutus 392:+, 391:+; Salvia verticillata 400:1, 401:1; Berberis vulgaris S 392:+, 306:+; Saxifraga caesia 274:+; Salix purpurea K 275:+; Daphne cneorum 276:+; Cotoneaster tomentosus K 324:+; Euphrasia salisburgensis 326:+; Potentilla pusilla 266:+; Melampyrum sylvaticum 278:+; Ophrys insectifera 285:+; Brachypodium pinnatum 327:1; Scabiosa columbaria 327:+; Cephalanthera rubra (sp.) 281:+; Euphorbia verrucosa 286:+; Arabis hirsuta 286:+; Fragaria vesca 286:+; Silene nutans 286:+; Hypericum montanum 287:+; Astrantia maior 299:+; Lathyrus pratensis 299:+; Sorbus aria S 292:+;, Carex ornithopoda 401:1; Gentiana cruciata 391:+; Pleurozium schreberi 391:+; Scleropodium purum 290:+; Crataegus monogyna K 306:+; Hylocomium splendens 306:+; Rhytidiadelphus triquetrus 306:+; Pinguicula vulgaris 391:1; Allium suaveolens 392:+; Aposeris foetida 390:+;

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

trockene Standorte gebunden bleiben, auf edaphisch trockene, konkurrenzarme Extremstandorte überzugreifen und dort Vergesellschaftungen mit Arten einzugehen, zu deren ökologischem Existenzbereich normalerweise eine tiefe Kluft besteht.

Dynamik:
Sieht man einmal von Primärstandorten auf Felsen, Erosionshängen und in Lawinarrinen ab, so ist doch die Mehrzahl der offenen Kalkmagerrasen innerhalb der Buntreitgras-Kiefernwald-Komplexe potentiell waldfähig. Dies gilt insbesondere für die talnahen Heimweiden der Unterhangbereiche, die vielfach sogar Bergmischwälder tragen könnten. In ihrer heutigen Form verdanken sie ihre Existenz überwiegend rezenten und historischen Nutzungen wie Waldweide und Streunutzung. Nach Nutzungseinstellung führt ein Aufwachsen der in den Rasen meist sehr reichlich vorhandenen Kiefernverjüngung zunächst zu einem Buntreitgras-Kiefernwald und längerfristig auf entsprechenden Standorten sogar zu einem Bergmischwald. Viele der heutigen Kiefernbestände der Bayerischen Alpen dürften auf diesem Wege durch Sukzession aus offenen Kalkmagerrasen entstanden sein. Rezent läßt sich eine derartige Entwicklung z.B. am Krepelschrofen bei Wallgau oder am Kienberg bei Oberjettenberg sowie großflächig auch am Achensee und im Tiroler Lechtal verfolgen (Foto 10). Heute scheitert aber eine Entwicklung der Kiefernverjüngung bei Nutzungsaufgabe, ähnlich wie bei den Kiefernwäldern selbst, vielfach am Wildverbiß. Im Gegensatz zu den Kiefernwäldern unterliegen die Rasen bei ausbleibender Gehölzsukzession aber in einem weitaus geringeren Maße der Vergrasung durch üppige Hochgräser (*Calamagrostis varia, Molinia caerulea* agg.).

Zu einer stärkeren Vergrasung kommt es meist nur auf betont frischen und tiefgründigen Standorten. Hauptursache für die schwächer ausgeprägte Vergrasungstendenz ist das extremere, trocken-heiße Mikroklima der offenen Rasen, das die Vitalität der Hochgräser erheblich einschränkt und sie nicht zur absoluten Dominanz kommen läßt (Kap. 8.2.). Dadurch können sich innerhalb der offenen Rasen insbesondere kleinwüchsige Lückenbesiedler auch ohne Beweidung längerfristig halten und unterliegen nicht einer derart raschen Verdrängung wie im Bereich überschirmter Flächen. Tritt- und fraßempfindliche Hochschaftarten wie *Anthericum ramosum, Gladiolus palustris* und *Linum viscosum* reagieren auf eine Einstellung der Beweidung vorübergehend mit einem deutlichen Vitalitätszuwachs.

Nutzung:
Rezent mit Rindern beweidet werden derzeit nur noch die offenen Kalkmagerrasen der Hangfußbereiche am Ofenberg bei Grießen (Foto 24), am Heuberg zwischen Farchant und Oberau, am Wank-Hangfuß bei Partenkirchen sowie am Kienberg bei Oberjettenberg. In allen anderen Gebieten wurde die Nutzung teilweise schon unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg zur Gänze eingestellt. Trotz des Brachfallens ist die Struktur vieler Rasen bis zum heutigen Tage weitgehend erhalten geblieben, was vor allem auf den Totalausfall der Gehölzverjüngung infolge Wildverbiß zurückzuführen ist.

In Unkenntnis ihrer besonderen naturschutzfachlichen Wertigkeit werden viele Rasen derzeit im Rahmen von Schutzwaldsanierungsmaßnahmen gezielt mit Gehölzen bepflanzt (Foto 21 und 28).

Verbreitung:
Offene Kalkmagerrasenkontaktgesellschaften sind in allen bayerischen Schneeheide-Kiefern-Komplexen anzutreffen. Hinsichtlich Flächenausdehnung und Qualität der floristischen Ausstattung bestehen aber erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Vorkommen. Von herausragender Bedeutung hinsichlich der in ihnen auftretenden Kalkmagerrasen sind insbesondere folgende Kiefernwald-Komplexe:

- Ofenberg und westlicher Hangfußbereich des Griesbergs bei Grießen
- Heuberg zwischen Farchant und Oberau
- Auersberg unterhalb Loisachblick zwischen Eschenlohe und Oberau
- Wank-Hangfuß bei Partenkirchen
- Kreplschrofen bei Wallgau
- Fahrenberg bei Walchensee
- Erosionshänge bei Vorderriß
- Antoniberg beim Thumsee
- Kienberg bei Oberjettenberg
- Grindberg bei Melleck

Naturschutz:
Aus dem Blickwinkel des floristischen Artenschutzes zählen offene Kalkmagerrasen zu den mit Abstand wertvollsten Teillebensräumen randalpischer Buntreitgras-Kiefernwald-Komplexe. Neben gefährdeten Arten, die fast ausschließlich oder doch schwerpunktmäßig in diesen Rasen zu finden sind wie *Gladiolus palustris*, *Linum viscosum*, *Coronilla coronata*, *Gentiana utriculosa*, *Carex baldensis*, *Laserpitium prutenicum* und *Cirsium tuberosum* haben auch einige Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder wie *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Dorycnium germanicum* und *Rhamnus saxatilis* hier hinsichtlich Stetigkeit und Massenentfaltung einen deutlichen sekundären Schwerpunkt.

Besonders bedeutsam sind diese offenen Rasen innerhalb hochgrasdominierter Brachestadien ehemals nutzungsgeprägter Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe, in denen sich oftmals das gesamte naturschutzrelevante Artenpotential auf die offenen, überschirmungsfreien Rasenlücken konzentriert.

7.2 Thermophile Säume

(Vegetationstabelle 6, S. 113)

Thermophile Säume zählen in den Bayerischen Alpen zu den sehr seltenen, eher spärlich verbreiteten Vegetationstypen. Bezeichnenderweise deckt sich ihr Auftreten weitgehend mit den Verbreitungszen-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Vegetationstabelle 6: Hirschwurzsaum mit Berglaserkraut (Geranio-Peucedanetum cervariae, montane Höhenform mit Laserpitium siler)

(9 Aufnahmen von HÖLZEL)

1: typische Ausbildung
2. Ausbildung mit Festuca amethystina
3. "versaumter" Halbtrockenrasen

		1						2		3
Laufende Nummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Aufnahmenummer		254	255	256	257	258	272	259	260	271
Meereshöhe (10 m)		810	810	810	810	810	690	810	810	680
Exposition		180	180	180	180	180	140	180	180	140
Hangneigung (Grad)		45	35	35	25	30	48	15	15	37
Artenzahl		18	25	23	27	34	37	31	27	40
Deckung der Krautschicht (%)		70	60	60	80	90	60	80	90	90
Deckung der Moosschicht (%)							2			+
Trifolio-Geranietea										
Geranium sanguineum		2	2	2	1	4	1	3	4	3
Anthericum ramosum		1	+	2	2	1	1	1	1	1
Vincetoxicum hirundinaria		2	2	1	1	1	2	2	1	1
Peucedanum cervaria		2	1	+	+	+	2	.	.	1
Laserpitium siler		+	1	2	4	.	+	.	.	.
Viola hirta		1	.	.	.	1	.	1	1	1
Laserpitium latifolium		+	.	.	.	1	.	.	1	.
Peucedanum oreoselinum		.	.	.	.	1	.	+	1	.
Polygonatum odoratum		1	.	.	.	.	+	.	.	.
Origanum vulgare		.	.	.	.	.	1	.	.	1
d 2										
Festuca amethystina		.	.	.	.	.	.	1	1	.
Cirsium tuberosum		.	.	.	.	.	.	1	+	.
Tetragonolobus maritimus		.	.	.	.	.	.	+	.	.
Carex panicea		.	.	.	.	.	.	.	+	.
Erico-Pinetea										
Buphthalmum salicifolium		1	1	1	1	1	.	+	.	1
Epipactis atrorubens		.	.	+	+	+	.	+	+	.
Erica herbacea		.	1	1	.	.	.	1	1	.
Asperula tinctoria		1	1	.	.	.	+	.	+	.
Viola collina		.	.	+	+	.	.	.	.	.
Dorycnium germanicum		.	.	.	.	1	.	1	.	.
Festuco-Brometea										
Brachypodium rupestre		1	1	2	2	1	2	2	2	2
Carex humilis		1	2	1	1	1	1	1	+	1
Teucrium montanum		.	.	.	.	+	1	.	.	1
Trifolium montanum		.	.	.	.	+	.	.	.	+
Hippocrepis comosa		.	.	.	.	.	.	.	+	+
Ononis spinosa		.	.	.	1	.	.	.	.	1
Briza media		.	.	.	.	1	.	.	.	+
Carlina acaulis		.	.	.	.	.	+	.	.	+
Festuca guestfalica		.	.	.	.	.	+	.	.	+
Prunella grandiflora		.	1	.	.	.	.	.	.	.
Potentilla tabernaemontani		.	.	.	.	.	.	+	.	.
Teucrium chamaedrys		.	.	.	.	.	.	.	.	1
Bromus erectus		.	.	.	.	.	.	.	.	1
Centaurea scabiosa		.	.	.	.	.	.	.	.	1
Helianthemum ovatum		.	.	.	.	.	.	.	.	1
Ranunculus bulbosus		.	.	.	.	.	.	.	.	+
Asperula cynanchica		.	.	.	.	.	.	.	.	+
Sonstige Arten:										
Galium boreale		1	2	1	1	.	1	.	+	+
Viburnum lantana	K	.	+	+	+	+	1	1	1	.
Sesleria varia		.	+	1	.	1	1	1	1	1
Lathyrus pratensis		+	+	+	1	.	.	+	1	.
Lotus corniculatus		+	+	.	+	1	.	1	.	1
Rubus saxatilis		1	1	2	1	.	.	2	.	.
Carex flacca		.	.	.	.	+	.	+	+	+
Scabiosa lucida		.	+	1	1	.	.	.	.	.
Salix appendiculata	K	.	+	2	.	+	.	.	.	.
Calamagrostis varia		.	1	1	.	.	.	.	1	.
Fragaria vesca		.	.	.	1	.	+	+	.	.
Carduus defloratus		.	.	+	.	.	+	.	.	+
Pimpinella maior		.	.	.	+	1	.	.	.	+
Frangula alnus	K	.	.	.	+	.	.	1	1	.
Picea abies	K	.	.	.	.	+	.	+	+	.
Pimpinella saxifraga		.	.	.	.	+	+	.	.	+
Galium album ssp. album		.	.	.	.	.	1	+	+	.
Equisetum arvense		.	.	.	+	.	.	.	+	+
Melica nutans		.	.	.	.	.	.	+	1	+
Aufnahmenummer		254	255	256	257	258	272	259	260	271

Weitere Arten: Valeriana tripteris 255:+, 256:+; Fagus sylvatica K 256:+, 257:+; Coronilla emerus 255:1, 272:1; Amelanchier ovalis K 257:+, 259:+; Knautia dipsacifolia 257:+, 259:+; Pinus sylvestris K 258:+, 259:1; Galium verum 257:1, 271:1; Globularia cordifolia 258:+, 271:1; Clematis vitalba K 272:1, 271:2; Cornus sanguinea K 272:1, 271:+; Ligustrum vulgare K 272:1, 271:1; Tortella tortuosa 272:1, 271:1; Pteridium aquilinum s.str. 254:+; Solidago virgaurea 254:+; Carex alba 255:1; Galium anisophyllum 255:+; Succisa pratensis 255:+; Plantago lanceolata 256:+; Lonicera alpigena K 257:1; Convallaria majalis 257:2; Acer pseudoplatanus K 258:+; Fraxinus excelsior K 258:+; Achillea millefolium 258:1; Carex sempervirens 258:+; Festuca rubra 258:1; Hypericum perforatum 258:+; Molinia caerulea agg. 258:1; Ranunculus nemorosus 258:+; Thymus polytrichus (sp.) 258:1; Lonicera xylosteum K 272:1; Allium montanum 272:+; Asplenium ruta-muraria 272:+; Brachypodium pinnatum 272:+; Campanula rapunculoides 272:+; Carex ornithopoda 272:+; Hepatica nobilis 272:+; Kernera saxatilis 272:+; Lilium bulbiferum 272:+; Taraxacum officinale 272:+; Ctenidium molluscum 272:1; Homalothecium lutescens 272:1; Carex montana 259:+; Solanum dulcamara 259:1; Potentilla erecta 260:1; Berberis vulgaris S 271:+; K 271:+; Corylus avellana K 271:+; Ligustrum vulgare S 271:+; Heracleum sphondylium 271:+;

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

tren der Buntreitgras-Kiefernwälder im Werdenfelser Land und im Raum südlich Bad Reichenhall. Typisch entwickelte Bestände mit den Kennarten *Geranium sanguineum* und *Peucedanum cervaria* bleiben beschränkt auf das besonders wärmebegünstigte Loisachtal westlich und nördlich Garmisch-Partenkirchen. Abseits dieses Gebietes sind fast ausschließlich *Laserpitium siler*-Säume anzutreffen, denen viele typische Geranion-Arten bereits fehlen, die aber aufgrund ihrer Trennartenkombination als kennartenarme Höhenvikariante durchaus noch dem Geranio-Peucedanetum angeschlossen werden können (TÜRK mündl.).

7.2.1 Der Hirschwurzsaum mit Berglaserkraut (Geranio-Peucedanetum cervariae, montane Höhenform mit *Laserpitium siler*)

(Vegetationstabelle 6, S. 113)

Struktur und Artenkombination:
Das Erscheinungsbild des Geranio-Peucedanetum wird im wesentlichen bestimmt durch große, stark deckende Herden der Geranion-Kennarten *Geranium sanguineum*, *Peucedanum cervaria*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Laserpitium siler* und *Anthericum ramosum*, die jeweils in stark wechselnden Mengenanteilen auftreten können. Optisch hervortretend sind oft die Polykormone des prächtig rotblühenden Blutstorchschnabels.

Weitere Charakterarten der Klasse wie *Peucedanum oreoselinum*, *Viola hirta* und *Origanum vulgare* waren in den aufgenommenen Beständen eher spärlich vertreten. Neben den Saumarten sind regelmäßig die Festuco-Brometea-Arten *Brachypodium rupestre* und *Carex humilis* zu finden. Weitere Kennarten der Festuco-Brometea sind in der Regel nur in Säumen anzutreffen, die aus verbrachten Kalkmagerrasen hervorgegangen sind. Als weitere Artengruppe treten regelmäßig auch einige Charakterarten des Erico-Pinion auf, die auf die räumliche Nähe zu Wäldern dieses Verbandes hindeuten.

Der übrige Artenbestand wird im wesentlichen gebildet durch wenige allgemein verbreitete Magerrasenarten, unter denen sich bezeichnenderweise auch einige alpine Sippen wie *Sesleria varia* und Wechselfeuchtezeiger wie *Galium boreale* befinden, die auf das kühl-feuchte Allgemeinklima der Randalpen verweisen. Moose spielen in der Gesellschaft praktisch keine Rolle.

Untergliederung:
Von der Normalausbildung läßt sich eine betont wechselfrische Ausbildung mit *Festuca amethystina*, *Cirsium tuberosum*, *Tetragonolobus maritimus* und *Carex panicea* abtrennen, die eine schwach geneigte Böschung am Ofenberg besiedelt. Etwas aus dem Rahmen fällt ein Bestand, der aus einem verbrachten Halbtrockenrasen bei Farchant hervorgegangen ist und sich dementsprechend durch überproportional viele Festuco-Brometea-Arten auszeichnet.

Standort und Ökologie:
Die angetroffenen Säume des Geranio-Peucedanetum sind in auffälliger Weise an Weg- und Straßenböschungen gebunden, während sie innerhalb der eigentlichen Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe praktisch vollständig fehlen. Hierfür sind wohl im wesentlichen zwei Faktoren von ausschlaggebender Bedeutung. Zum einen zeichnen sich insbesondere Straßenböschungen aufgrund der starken Aufheizung und Rückstrahlung der Asphaltdecke durch ein besonders warmes Mikroklima aus, was für die Saumarten, die im Alpenraum vielfach an die thermische Grenze ihrer Verbreitung stoßen, besonders förderlich wirkt.

Zum anderen kommt den Saumarten das Bewirtschaftungsregime der Böschungen sehr entgegen, da diese nur unregelmäßig, zumeist im Herbst einmalig gemäht oder gemulcht werden. Innerhalb beweideter Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe sind ausgesprochen wärmebedürftige Saumarten wie *Geranium sanguineum* und *Peucedanum cervaria* gleichfalls regelmäßig und nicht selten anzutreffen; doch erreichen sie dort auch bei Einstellung der Beweidung nie die Vitalität, um sich gegenüber den übermächtigen Hochgräsern wie *Calamagrostis varia* und *Molinia caerulea* agg. durchzusetzen. Die von den thermophilen Säumen besiedelten Standorte besitzen keineswegs edaphischen Extremcharakter. Vielmehr handelt es sich dabei in der Regel sogar um recht tiefgründige, sehr humusreiche, frische Mullrendzinen, die oft von einzelnen Felsen durchbrochen werden.

Dynamik:
Wie die Präsenz von thermophilen Sträuchern und Baumverjüngung zeigt, würden die meisten Bestände bei längerfristigem Aussetzen einer die Gehölze zurückdrängenden Nutzung (Herbstmahd, Mulchen) zunächst von Gebüschen und später von Laubwäldern abgebaut. Primärstandorte sind in der Naturlandschaft im Bereich sonnseitiger Flußprallhänge vorstellbar, wie sie z. B. am Ofenberghangfuß bei Grießen oder an der "Eingefallenen Wand" heute noch in fossiler Form existieren. Bei den weiter verbreiteten reinen *Laserpitium siler*-Säumen handelt es sich häufig um Versaumungsstadien präalpiner Halbtrockenrasen. Primärbestände dieses Typus sind aber auch im Bereich steiler, sonnenexponierter Schutt- und Felshänge zu finden.

Verbreitung:
Thermophile Säume mit *Geranium sanguineum* und *Peucedanum cervaria* sind in den Bayerischen Alpen nur im Loisachtal zu finden. Besonders schöne Bestände schmücken die Böschungen im Hangfußbereich des Ofenberges bei Griesen. Andernorts ist die Gesellschaft oft nur sehr kleinflächig und fragmentarisch entwickelt. Wesentlich weiter verbreitet sind die alleine von *Laserpitium siler* domi-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

nierten, kennartenarmen Säume, die außer im Werdenfelser Land auch in den östlichsten Chiemgauer Alpen südlich Bad Reichenhall und im Berchtesgadener Land zu finden sind (vgl. SPRINGER 1993).

Naturschutz:
Thermophile Säume sind aufgrund ihrer Seltenheit im bayerischen Alpenraum allgemein schutzbedürftig. An bemerkenswerten Arten enthalten sie neben den regional bedeutsamen Vorkommen von *Geranium sanguineum* und *Peucedanum cervaria* u. a. auch *Coronilla emerus* und die seltene Feuerlilie (*Lilium bulbiferum*).

7.3 Thermophile Schuttfluren

(Vegetationstabelle 7, S. 116)

Neben Voll- bzw. Halbtrockenrasen bilden thermophile Schuttfluren, die von *Achnatherum calamagrostis* beherrscht werden, sowohl im Tiroler Inntal als auch in den Bayerischen Alpen die wohl bezeichnendsten Kontaktgesellschaften nordalpischer Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe (Foto 22). Thermophilen Schuttfluren wurde im Untersuchungsgebiet bisher von vegetationskundlicher Seite kaum Aufmerksamkeit geschenkt, so daß sie im Rahmen dieser Arbeit etwas ausführlicher behandelt werden.

Die Verbreitung des thermophilen Rauhgrases (*Achnatherum calamagrostis*) deckt sich in den mittleren Nördlichen Kalkalpen wiederum in auffallender Weise mit der Verbreitung von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen. Während die Art im Tiroler Inntal sehr häufig und praktisch flächendeckend verbreitet ist, konzentrieren sich die randalpischen Vorkommen auch bei dieser Art schwerpunktmäßig auf das Werdenfelser Land, die östlichen Chiemgauer Alpen und das Berchtesgadener Land. Im östlichen randalpischen Teilareal ist die Art aber vergleichsweise selten und tritt meist in anderen Pflanzengesellschaften auf, während sie im Werdenfelser Land eigene, sehr bezeichnende Gesellschaften aufbaut. Außer in der nach ihr benannten Assoziation ist *Achnatherum calamagrostis* in zunehmendem Maße auch an Sekundärstandorten wie Forstweg- und Straßenböschungen, Bahndämmen und Steinbrüchen anzutreffen. Viele dieser Sekundärvorkommen sind wohl erst in den letzten Jahrzehnten entstanden, so daß tendenziell von einer gewissen Ausbreitung gesprochen werden kann. So liegen beispielsweise die nördlichsten Vorkommen im Werdenfelser Land auf dem Seitenstreifen der A 95 am Autobahnende bei Eschenlohe sowie im Steinbruch am "Langen Köchel" inmitten des Murnauer Mooses. Anhand dieser Beispiele wird deutlich, daß *Achnatherum calamagrostis* als anemochore Art über ein großes Ausbreitungsvermögen verfügt, das es der Art ermöglicht, selbst über größere Distanzen relativ rasch geeignete Standorte zu besiedeln.

Anhand der floristischen Struktur der Rauhgrasfluren kommt wiederum das steile Vegetations- und Klimagefälle von den Bayerischen Alpen zum Tiroler Inntal sehr deutlich zum Ausdruck. Gemeinsam ist den Rauhgrasfluren in beiden Gebieten im Grunde nur die Dominanz von *Achnatherum calamagrostis* und das hochstete Auftreten der für die Gesellschaftsansprache sehr wichtigen Differentialarten *Vincetoxicum hirundinaria* und *Teucrium montanum*. Der restliche Artenbestand unterscheidet sich dagegen grundlegend. Trotz der tiefgreifenden floristischen Unterschiede läßt sich aber eine Aufspaltung in zwei Assoziationen bei Anwendung des Kennartenprinzips nur schwer rechtfertigen.

7.3.1 Die Rauhgrasfluren des Tiroler Inntals

7.3.1.1 Zentralalpische Rauhgrasflur (Stipetum calamagrostis, zentralalpische Vikariante)

(Vegetationstabelle 7, S. 116)

Struktur und Artenverbindung:
Das Erscheinungsbild der Gesellschaft wird geprägt von den dichten, hochwüchsigen Horsten von *Achnatherum calamagrostis*, die bis zu 50 % der sonnenexponierten bewegten Schutthalden überdecken (Foto 22). Überragt wird das Rauhgras bisweilen von einzelnen Holunderbüschen (meist *Sambucus racemosa*), die sichtlich unter der permanenten Substratbewegung leiden. Zwischen den Horsten des Rauhgrases sind nur wenige weitere Arten zu finden. Neben den hochsteten Differentialarten der Assoziation *Vincetoxicum hirundinaria* und *Teucrium montanum* handelt es sich dabei insbesondere um einige thermophile halbruderale Arten wie *Reseda lutea, Chaenorrhinum minus, Calamintha nepetoides* und *Saponaria ocymoides*, die gleichfalls als Charakterarten der Gesellschaft gelten, obwohl sie heute auf anthropogenen Sekundärstandorten wesentlich weiter verbreitet sind, in den thermophilen Schuttfluren aber wohl ihren natürlichen Ursprung haben. Zu den halbruderalen Kennarten des Stipetum calamagrostis gesellen sich einige weitere nitrophile Arten wie *Clematis vitalba, Taraxacum officinale* und sehr selten auch *Lappula squarrosa*. An weiteren Kennarten der Thlaspietea rotundifolii sind lediglich *Silene vulgaris* ssp. *glareosa* und sehr selten auch *Hieracium piloselloides* und *Gypsophila repens* vertreten.

Weitere spezifische Arten der Inntaler Bestände sind einige xerothermophile Trockenrasenarten wie *Thymus praecox* und *Galium lucidum*. Eine Moosschicht aus *Tortella inclinata* ist meist nur in Ansätzen bei zumindest zeitweiser Schuttkonsolidierung entwickelt.

Standort und Ökologie:
Die Gesellschaft ist besonders großflächig und typisch auf sonnseitigen Dolomit- und Kalkschuttfächern am Fuße der steil aufragenden Felswände des Oberinntales zu finden. Die Textur des oberflächlich leicht beweglichen Substrats der Schutthalden

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Vegetationstabelle 7: Rauhgrasfluren (Stipetum calamagrostis)

(30 Aufnahmen von HÖLZEL)

1: Vikariante der Randalpen
1.1: Subassoziation mit Globularia cordifolia
1.2: typische Subassoziation
2: Vikariante des Tiroler Oberinntals

		1.1	1.2	2
Laufende Nummer			11111	1111122222222223
			1234567	8901234 5678901234567890
Aufnahmenummer			222332	33333333 3333333333333333
			666338	44444444 2333667777777777
			124899	60123457 9012890123456789
Meereshöhe (10 m)			1	1 1111
			098996	09990000 8888777777888888
			649118	73345667 5666776789011166
Exposition			211222	11111111 1111111111111111
			298011	98999998 6668555666216688
			000000	00000000 0000000000000000
Hangneigung (Grad)			333333	34443333 3343333333333333
			524586	50115574 9819665757145545
Artenzahl			222221	11111 11 1 1 1 11 1
			537789	62114923 7068090989429357
Deckung der Strauchschicht (%)				3
Deckung der Krautschicht (%)			544432	34522224 322245 235545745
			000005	00005000 050500 000000000
Deckung der Moosschicht (%)			1+++	+ ++ +++ + +
AC + DA				
Achnatherum calamagrostis			222222	22222222 32223332333334433
Vincetoxicum hirundinaria			+.+++.	2++.+1+2 11++111+.+++1111
Teucrium montanum			221111	11111111 +1+11121111+11..
d 1.1				
Anthericum ramosum			+1++.+	1..... .....+.....
Carex humilis			.1121+	1...+.+. .....+
Globularia cordifolia			.11111	....+....
Asperula tinctoria			+1++1.	....
Pinus sylvestris	K		+.+++1	....+....
Viola collina			111+1.	.....+ .....+..
Sesleria varia			11...1	....
Lotus corniculatus			1+.11.	+..... .....
Festuca amethystina			+.211.	....
Molinia caerulea agg.			+..21.	....
d 1				
Carduus defloratus			111+1.	111+1111 ...++....+.....
Gypsophila repens			1+111.	1221111. ..11.....
Petasites paradoxus			...++.	.1..111. .....
Thymus polytrichus (sp.)			2..1+.	12211111 .....
Calamagrostis varia			.1122.	111+...1 .....
Galium anisophyllum			11111.	1....1+1 .....
Campanula cochleariifolia			+1+11.	.+.+...1 .....
d 1.2				
Silene vulgaris glareosa			.....	11.1111+ .+..+..1+++.+..1
d 2				
Reseda lutea			.....	..... .+....+++++1+++.
Chaenorrhinum minus			.....	....++.++.++11..
Thymus praecox			.....	..... .+.1.1+.+.+.1+..
Galium lucidum			.....	..... +++1...+.....+.+
Clematis vitalba			.....	....2.1...22.+
Taraxacum officinale			.....	....+....++...+.
Calamintha nepetoides			.....	....+.1.....1
Hieracium piloselloides agg.			.....	..... 1.....+.....
Dianthus sylvestris			.....	....++...
Saponaria ocymoides			.....	....+.....
Lappula squarrosa			.....	....+.....
Sonstige Arten:				
Buphthalmum salicifolium			11111+	+11...+1 ++.+.+1....+....
Leontodon hispidus			...11.	+1111.+1 ..+.....++1....
Hieracium murorum/bifidum			..+11+	..1++... ....+.....+.....
Tortella inclinata			.11...	....+... ++..+++.....+...
Linum catharticum			+..11.	....+..+ .....
Tortella tortuosa			..11+.	....
Leontodon incanus			1	....+....
Carex ornithopoda			+..1+.	....
Polygala chamaebuxus			11...+	....
Salix appendiculata	K		..++..	....+... .....
Carex sempervirens			1...+.	+..... .....
Acer pseudoplatanus	K		.....+	..++.... .....
Aufnahmenummer			222332	33333333 3333333333333333
			666338	44444444 2333667777777777
			124899	60123457 9012890123456789

Weitere Arten: Melica nutans 262:+, 264:1; Hieracium glaucum 262:1, 338:+; Scabiosa lucida 261:1, 339:+; Prunella grandiflora 261:1, 346:+; Asplenium ruta-muraria 262:1, 264:+; Schistidium apocarpum 262:+, 264:+; Picea abies K 339:+, 289:+; Kernera saxatilis 262:1, 330:+; Praxinus excelsior K 289:+, 375:+; Thesium alpinum 261:+; Campanula rapunculoides 368:+, 370:+; Sambucus racemosa S 377:+; K 371:+, 377:+; Verbascum spec. 374:+, 377:+; Hippocrepis comosa 261:1; Fragaria vesca 262:+, Sorbus aria K 264.+; Gymnocarpium robertianum 264:1, Rubus saxatilis 264:+, Thalictrum saxatile 264:+; Origanum vulgare 339:+; Fagus sylvatica K 289:+; Salix elaeagnos K 289:+; Dryas octopetala 289:+; Thesium rostratum 289:+; Tolpis staticifolia 289:1; Campanula rotundifolia 369:+; Carlina vulgaris 369.+; Arabis hirsuta 377:+; Hypnum lacunosum 378:+;

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

reicht von plattigem oder blockigem Grobskelett bis hin zu kiesigem oder gar sandigem Felsgrus. Die Grobkomponenten sind oft oberflächlich deutlich angereichert, während in größerer Tiefe kiesige und sandige Bestandesteile deutlich zunehmen. Bereits in wenigen Dezimetern Tiefe ist das Substrat oft erstaunlich feucht, was u. a. auf die geringe Kapillarität und erhebliche laterale Zuflüsse aus den oberhalb angrenzenden Felswänden zurückzuführen ist. Das zumindest phasenweise sehr günstige Feuchteangebot scheint wiederum eine intensive Mineralisation des aus den Felswänden verstürzten Feindetritus zu fördern, was das zunächst erstaunliche Auftreten von Nitrophyten und halbruderalen Arten weitgehend erklärt. Daneben dürften aber auch laterale Verlagerungen von Nährstoffen durch Sickerwasser innerhalb der Schutthalden von großer Bedeutung sein. Die trotz des extremen Standortes oft bemerkenswert hohe Biomasseproduktion des Rauhgrases zeugt von der Fähigkeit der Art, sich mittels eines weitverzweigten Wurzelsystems das insgesamt doch recht spärliche Wasser- und Nährstoffpotential der Schutthalden zunutze zu machen.

Wichtigster, den Pflanzenwuchs limitierender ökologischer Faktor der Schutthalden ist die Instabilität des Substrats, die sich in einer permanenten oberflächlichen Überformung durch Steinschlag und Überschüttung nach intensiven Niederschlagsereignissen und einem latenten gravitativen Massenversatz äußert. Als weiterer spezifischer Streßfaktor kommt bei der Rauhgrasflur eine starke oberflächliche Aufheizung des Substrats hinzu, die die Pflanzen einem hohen Verdunstungs- und Hitzestreß aussetzt.

In dieser extremen standörtlichen Nische ist *Achnatherum calamagrostis* als ausgesprochener Streß-Stratege (GRIME 1986) nahezu konkurrenzlos, sieht man von einigen wenigen Begleitern ab, die hinsichtlich ihrer Biomasseproduktion von absolut untergeordneter Bedeutung sind.

Mit ihrem tiefreichenden, überaus zugfesten und derben Wurzelsystem und ihrem hohen Regenerationsvermögen nach Überschüttung ist die Art vorzüglich an die Instabilität der Schutthalden angepaßt. Die dichten seitlich expandierenden Horste (Phalanx-Strategie) tragen durch Schuttstau und -fixierung selbst aktiv zur Konsolidierung der Halden bei. Gegenüber dem ausgeprägten Hitze- und Verdunstungsstreß schützt sich *Achnatherum calamagrostis* durch eine dichte Wachskutikula und den Aufbau eines derben Stützgewebes. Das Rauhgras ist damit geradezu das Sinnbild eines klassischen S-Strategen, der zudem über ein großes Ausbreitungsvermögen und ausgesprochene Pioniereigenschaften verfügt.

Dynamik:
Bei einer weitgehenden Konsoldierung der Schutthalden, wozu das Rauhgras selbst einen entscheidenden Beitrag leistet, entwickeln sich die Bestände nach Etablierung der Kiefer weiter zum Erico-Pinetum globularietosum, in dem *Achnatherum calamagrostis* häufig noch als Sukzessionsrelikt vorhanden ist. Oftmals kommt es aber überhaupt nicht zu einer Weiterentwicklung, da die Sukzession immer wieder durch größere morphodynamische Ereignisse unterbrochen wird. Nicht selten sind daher regressive Entwicklungen zu beobachten, bei denen Schneeheide-Kiefernwälder nach Zerstörung durch Überschüttung wieder auf das Stadium einer Rauhgrasflur zurückgeworfen werden. Das räumlich-zeitliche Alternieren von Rauhgrasfluren und Schneeheide-Kiefernwäldern läßt sich in besonders typischer Art und Weise auf den ausgedehnten Dolomitschuttfächern in der Gegend von Zams beobachten.

Verbreitung:
Großflächig entwickelte Rauhgrasfluren sind insbesondere auf den ausgedehnten Schutthalden am Fuße der steil aufstrebenden Dolomitberge an der Nordseite des Tiroler Inntales zwischen Mötz und Landeck zu finden. Geradezu landschaftsprägend tritt die Gesellschaft im Wechsel mit dem Erico-Pinetum globularietosum in der Gegend um Zams auf (Foto 22). Aber auch andernorts sind Rauhgrasfluren in kleinerer Flächenausdehnung auf primären und sekundären Erosionsflächen im gesamten Inntal oberhalb von Innsbruck nahezu allgegenwärtig.

7.3.2 Die Rauhgrasfluren der Bayerischen Alpen

7.3.2.1 Randalpische Rauhgrasflur (Stipetum calamagrostis, randalpische Vikariante)

(Vegetationstabelle 7, S. 116)

Struktur und Artenverbindung:
Mit den Inntaler Rauhgrasfluren teilen die randalpischen Bestände das dominante Auftreten von *Achnatherum calamagrostis* sowie die hohe Stetigkeit der Differentialarten *Vincetoxicum hirundinaria* und *Teucrium montanum*. Damit sind aber auch schon fast alle floristischen Gemeinsamkeiten benannt. Die für die Inntaler Bestände so bezeichnenden thermophilen, halbruderalen Arten, die teilweise Kennartenstatus für die Assoziation besitzen, fallen in den kühlfeuchten Randalpen vollkommen aus. Sie werden ersetzt durch alpine Rasenarten wie *Carduus defloratus*, *Thymus polytrichus*, *Galium anisophyllum* und mesophilere Schuttflurarten wie *Gypsophila repens*, *Petasites paradoxus*, *Campanula cochleariifolia* und *Calamagrostis varia*.

Untergliederung:
Die randalpischen Rauhgrasfluren lassen sich standörtlich weiter untergliedern in eine typische Ausbildung auf stark bewegtem Substrat und eine Ausbildung mit *Globularia cordifolia*, bei der bereits eine stärkere Substratkonsolidierung stattgefunden hat. Kennzeichnend für die typische Ausbildung ist neben einer ausgesprochenen Artenarmut das Auftre-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ten von *Silene vulgaris* ssp. *glareosa*. Die stabileren Substratverhältnisse der Ausbildung mit *Globularia cordifolia* erlauben dagegen bereits das Hinzutreten zahlreicher Rasen- und Kiefernwaldarten wie *Anthericum ramosum*, *Carex humilis*, *Globularia cordifolia*, *Viola collina*, *Festuca amethystina* u. a., die bereits deutlich auf die syndynamischen Beziehungen der Gesellschaft verweisen.

Standort und Ökologie:
Die edaphischen Standortbedingungen der randalpischen Rauhgrasfluren entsprechen weitgehend denen der Inntaler Bestände. Die deutlichen Unterschiede in der floristischen Struktur sind dementsprechend erneut fast aussschließlich in den abweichenden klimatischen Verhältnissen zu suchen. Anhand des Ausfalls ausgesprochen wärmebedürftiger Sippen und des Hinzutretens der an kühlfeuchte Klimabedingungen angepaßten Hochlagensippen und Mesophyten kommt wiederum der steile hygrische und thermische Klimagradient von den Bayerischen Alpen hin zum Tiroler Inntal deutlich zum Ausdruck.

Dynamik:
Bei anhaltender Substratkonsolidierung entwickelt sich die Ausbildung mit *Globularia cordifolia* weiter zum Buntreitgras-Kiefernwald, wovon u. a. das Auftreten von Erico-Pinion-Kennarten und Kiefernjungwuchs zeugt. Häufig wird eine mögliche Sukzession aber auch wieder durch Abtrag oder Überschüttung unterbunden.

Verbreitung:
Typisch entwickelte Rauhgrasfluren sind in den Bayerischen Alpen vor allem im Werdenfelser Land und im Walchenseegebiet anzutreffen. Besondere Erwähnung verdienen dabei insbesondere die großflächigen Primärvorkommen auf den Schutthängen im Kuhfluchtgraben bei Farchant und am Nordwestufer des Walchensees unterhalb der Kirchel- und Reißenwand. Ausgehend von diesen Primärstandorten ist das Rauhgras in einer Vielzahl von kleinflächigen Einzelvorkommen auf Sekundärstandorten wie Bahndämmen, Abgrabungen, Straßen- und Wegböschungen zu finden, wobei es aber meist kaum zum Aufbau einer für die Gesellschaft typischen Artenverbindung kommt. Örtlich ist das Rauhgras auch in anderen, ökologisch nahestehenden Vegetationstypen anzutreffen; so beispielsweise häufig im Chondrilletum chondrilloides des Friedergrieses und bisweilen auch in Felsspaltengesellschaften der Potentilletalia caulescentis. Wesentlich seltener sind Rauhgrasfluren abseits des Werdenfelser Landes in den Östlichen Chiemgauer Alpen und im Berchtesgadener Land zu finden. Typisch entwickelte Bestände wurden aus diesem Raum bisher nur von URBAN & MAYER 1992 vom Brandstein bei Ruhpolding beschrieben; ansonsten ist die Art dort zumeist in anderen Pflanzengesellschaften anzutreffen (STROBL & WITTMANN 1985, STORCH mündl.).

7.4 Kalkquellsümpfe

(Vegetationstabelle 8, S. 119)

Kalkquellsümpfe bilden ein weitverbreitetes spezifisches Element der randalpischen Buntreitgras-Kiefernwald-Komplexe, während sie bezeichnenderweise im Kontakt zum zentralalpischen Erico-Pinetum vollständig fehlen. Kalkquellsümpfe sind im Bereich der Randalpen sowohl den Alluvialbeständen als auch den Beständen der Hanglagen zu eigen. Neben kleinflächigen Vorkommen, die sich mosaikartig in die umgebenden Kiefernwälder einfügen, können Quellsümpfe bisweilen auch größere Flächen einnehmen, auf denen das Erico-Pinion-Element deutlich in den Hintergrund tritt, so daß man geneigt ist, von regelrechten "Kiefern-Quellsümpfen" zu sprechen.

7.4.1 Mehlprimel-Kopfbinsensumpf (Primulo-Schoenetum ferruginei)

(Vegetationstabelle 8, S. 119)

Struktur und Artenverbindung:
Das Erscheinungsbild der meist treppig gestuften Kalkquellsümpfe wird dominiert durch die dichten Horste von *Schoenus ferrugineus*. In tieferen Lagen, wie z. B. am Heuberg bei Oberau, kann das Rostrote Kopfried teilweise oder sogar fast vollständig ersetzt werden durch die wärmeliebendere Art *Schoenus nigricans*, die dort bezeichnenderweise in einem Buntreitgras-Kiefernwald-Komplex an ihre Höhengrenze in den Bayerischen Alpen stößt. Höhere Deckungswerte kann bisweilen auch das Pfeifengras erlangen.

Zwischen den dichten Horsten des dominierenden Kopfriedes bleiben stets größere Flächen weitgehend frei von Vegetation, die durch abfließendes Quell- und Niederschlagswasser einer stärkeren Überformung unterliegen. Hier siedeln bevorzugt die anderen für die Gesellschaft bezeichnenden Kennarten der Tofieldietalia wie *Primula farinosa*, *Tofieldia calyculata*, *Parnassia palustris*, *Pinguicula vulgaris*, *Bartsia alpina* und *Carex lepidocarpa*. Eine enge Bindung an die offenen, stärker und längerfristig vom Sickerwasser durchnäßten Bereiche zeigen auch die für die Gesellschaft typischen Kryptogamen wie *Depranocladus revolvens*, *Campylium stellatum*, *Cratoneuron commutatum* und *Bryum pseudotriquetrum*, die zuammengenommen Dekkungswerte von bis zu 20 % erreichen können. Ergänzt wird das Artenspektrum der Quellsümpfe durch einige Molinion-Arten und alpine Rasenarten wie *Aster bellidiastrum* und *Sesleria varia*.

Untergliederung:
Von einer typischen Ausbildung, die sich durch einen sehr reinen und reichen Artenbestand an Tofieldietalia-Arten auszeichnet, läßt sich eine trockenere Ausbildung mit *Erica herbacea* abtrennen, die sich durch das Auftreten von Erico-Pinion-Kennarten auszeichnet. Das Übergreifen von Erico-Pinion-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Vegetationstabelle 8: Mehlprimel-Kopfbinsensumpf (Primulo-Schoenetum)

(9 Aufnahmen von Hölzel, 4 Aufnahmen von LORENZ 1993)

1: typische Ausbildung
2.1: Ausbildung mit Erica herbacea
2.2: Ausbildung mit Saxifraga mutata

		1						2.1						2.2
Laufende Nummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Aufnahmenummer		348	349	350	515	517	643	351	301	303	305	307	644	308
Meereshöhe (10 m)		68	68	69	88	86	83	70	97	72	72	88	83	88
Exposition		150	150	150	190	170	180	150	170	150	150	110	180	110
Hangneigung (Grad)		18	22	28	40	20	20	22	53	37	15	15	20	36
Artenzahl		30	20	21	20	24	29	33	41	39	39	37	29	40
Deckung der Strauchschicht (%)										1			5	
Deckung der Krautschicht (%)		60	80	60	70	80	70	80	80	80	70	80	75	70
Deckung der Moosschicht (%)		20	10	15	2	5	20	10	5	3	2	10	5	3
Tofieldietalia														
AC Schoenus ferrugineus		3	1	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4
Primula farinosa		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tofieldia calyculata		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Campylium stellatum		1	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	.	1
Parnassia palustris		1	1	1	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1
Pinguicula vulgaris		1	1	1	+	+	.	.	+	+	1	1	.	1
Drepanocladus revolvens (sp.)		2	1	2	.	1	1	1	.	1	1	1	1	.
Cratoneuron commutatum		2	1	1	.	.	.	1	1	.	1	1	.	1
Bartsia alpina		1	1	1	.	.	1	1	.	.	1	.	1	.
Carex lepidocarpa		.	1	+	.	.	.	1	.	1	1	1	.	.
Bryum pseudotriquetrum		1	1	1	.	.	.	+	1	.	1	.	.	.
Carex davalliana		1	+	1	.	.	.	.	.	+	+	2	.	.
Carex panicea		+	.	.	.	.	.	.	1	1	1	+	.	+
Carex hostiana		.	.	.	.	+	.	.	.	1	+	1	.	1
Selaginella selaginoides		+	.	+	.	.	.	+	.	.	1	.	.	.
Drosera anglica		1	1	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Schoenus nigricans		2	4	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Orthothecium rufescens		.	.	.	.	+	.	+	1	.	.	.	.	.
Fissidens adianthoides		.	.	.	.	.	.	1	.	.	+	.	.	.
Eriophorum latifolium		.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.
Juncus alpinus		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
d 2														
Erica herbacea		.	.	+	.	.	.	1	1	1	1	1	+	1
Polygala chamaebuxus		.	.	.	.	+	+	.	1	+	+	1	+	+
Buphthalmum salicifolium		.	.	.	.	.	+	+	+	1	.	1	+	1
Thesium rostratum		.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	+	.	1
Festuca amethystina		.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	+	+	1
Aquilegia atrata		.	.	.	+	.	.	.	.	1	+	.	+	.
Leontodon incanus		.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.
Prunella grandiflora		.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+
d 2.2														
Equisetum arvense		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Equisetum variegatum		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Saxifraga aizoides		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Saxifraga mutata		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Molinion														
Succisa pratensis		.	.	.	.	1	+	.	1	.	+	1	1	1
Gentiana asclepiadea		.	.	.	+	+	.	+	1	1	1	.	.	.
Allium suaveolens		+	.	.	.	.	+	.	.	1	+	.	+	.
Gentiana utriculosa		+	.	.	R	+	.	+	+	.	.	.	.	.
Galium boreale		.	.	.	+	.	.	.	+	+	.	.	.	+
Cirsium tuberosum		.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	.	+	.
Tetragonolobus maritimus		.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	.	.
Laserpitium prutenicum		.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
Gladiolus palustris		.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Sonstige Arten:														
Aster bellidiastrum		1	1	1	1	+	+	1	+	1	1	+	+	+
Molinia caerulea agg.		2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1
Potentilla erecta		1	1	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1
Sesleria varia		+	.	1	1	1	+	+	1	+	1	1	2	1
Pinus sylvestris	K	1	+	+	+	.	+	+	.	1	1	1	.	1
Calamagrostis varia		+	+	+	.	+	.	1	+	.	.	+	+	+
Valeriana saxatilis		.	.	.	1	+	+	.	1	1	1	1	+	1
Acer pseudoplatanus	K	+	.	.	+	+	+	.	.	+	.	+	+	+
Linum catharticum		.	.	.	+	+	+	+	+	.	.	1	+	1
Tortella tortuosa		1	.	.	.	.	+	1	1	1	.	.	1	1
Ctenidium molluscum		1	.	.	.	.	+	1	1	1	.	.	.	1
Phyteuma orbiculare		.	.	.	+	+	.	.	1	+	+	+	.	.
Frangula alnus	K	.	+	.	.	R	.	+	.	1	+	.	.	.
Picea abies	K	.	.	.	.	+	.	+	.	+	.	.	.	+
Lotus corniculatus		.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	+	.	+
Gentiana clusii		.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	1	1
Salix nigricans	K	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+
Centaurea jacea		.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	+	.
Carex flacca		.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	+	.
Sorbus aria	K	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.
Aufnahmenummer		348	349	350	515	517	643	351	301	303	305	307	644	308

Weitere Arten: Calliergonella cuspidata 348:1, 305:+; Primula auricula 515:+, 301:1; Globularia nudicaulis 517:+, 303:+; Frangula alnus S 517:R, 303:+; Pinguicula alpina 643:1, 644:1: Pinus sylvestris S 303:+, 644:1; Anthericum ramosum 301:+, 308:+; Gentiana verna 305:+, 307:+; Gymnadenia conopsea 305:+, 307:+; Leontodon hispidus 303:+, 308:+; Salix purpurea K 307:+, 388:+; Cirsium palustre 348:+; Tetraglodon mnioides 348:1; Brachypodium rupestre 643:+; Bryum sp. 643:+; Fissidens cristatus 643:+; Lysimachia nemorum 301:+; Scabiosa lucida 301:+; Hymenostylium recurvirostrum 301:+; Fraxinus excelsior K 303:+; Platanthera bifolia 305:+; Polygala alpestris 307:+; Juniperus communis K 308:+;

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Arten auf Tofieldietalia-Gesellschaften ist in den bayerischen Randalpen ein sehr verbreitetes Phänomen und nicht nur beim Primulo-Schoenetum, sondern auch beim Caricetum davallianae zu beobachten (z.B. HÖLZEL 1990). Daran wird gleichzeitig nochmals deutlich, daß es sich bei den meisten Erico-Pinion-Elementen in punkto Wasserhaushalt um vergleichsweise mesophytische Arten handelt. Für einige Arten, wie beispielsweise *Thesium rostratum* und *Festuca amethystina,* bildeten primäre Kalkquellsümpfe in der vom Menschen unbeeinflußten Naturlandschaft sicherlich bedeutende Reliktstandorte. Innerhalb der *Erica herbacea*-Ausbildung läßt sich eine Variante mit *Saxifraga mutata* (Foto 8) unterscheiden, die junge, feuchte Mergelrutschflächen besiedelt.

Standort und Ökologie:
Die Gesellschaft besiedelt Flächen, die über eine längere Zeit des Jahres hinweg von kaltem, nährstoffarmen Druck-, Hangzug- oder Quellwasser vernäßt werden. Nach längeren niederschlagsfreien Phasen im Sommer fallen die Quellsümpfe aber auch regelmäßig partiell oder sogar vollständig trocken. Besonders ausgeprägt sind die Trockenphasen in der Ausbildung mit *Erica herbacea.*

In den Auen handelt es sich bei den Standorten der Gesellschaft meist um alte Flutmulden und -rinnen, die regelmäßig durch Druckwasser des Hauptflusses oder Oberflächenwasser seitlich in die Aue einmündender kleiner Gerinne überstaut werden. In Hanglage sind Kalkquellsümpfe besonders häufig im Bereich konvexer Hangmulden und Unterhangbereiche zu finden, in denen sich das Hangzugwasser (seichter und tiefer Interflow) sammelt und an der Oberfläche austritt. Daneben ist die Gesellschaft aber auch nicht selten auf extrem steilen, bis über 50° geneigten Felsabstürzen anzutreffen, die regelmäßig von Hangzug- und Quellwasser aus oberhalb angrenzenden Verebnungen überrieselt werden. Als Wasserstauer wirken fast immer oberflächenparellel einfallende Schichten des Hauptdolomits, auf denen das Hangzugwasser infolge fehlender oder sehr geringmächtiger Schuttüberlagerung zu Tage tritt. Paradoxerweise ist die Gesellschaft oft also gerade dort anzutreffen, wo der unverwitterte Hauptdolomit besonders oberflächennah ansteht. Die Entstehung von Quellsümpfen auf Hauptdolomit wird begünstigt durch dessen geringe Verkarstungsfähigkeit und das regelmäßige Auftreten von tonigen Zwischenlagen. Bezeichnenderweise fehlen Kalkquellsümpfe fast vollständig auf Platten- und Wettersteinkalk, die sich durch eine wesentlich intensivere Verkarstungstendenz auszeichnen. Außer auf Hauptdolomit ist die Gesellschaft auch ein sehr bezeichnender Bestandteil der Schneeheide-Kiefernwald-Vegetationskomplexe auf sonnseitigen Mergelrutschhängen in quartären Lockersedimenten.

Im Vergleich zum Caricetum davallianae, das in den Bayerischen Alpen bis in die obere subalpine Stufe aufsteigt, zeichnet sich das Primulo-Schoenetum durch ein ausgesprochenes Wärmebedürfnis aus. So stößt die Gesellschaft bezeichnenderweise im Bereich der thermisch begünstigten Südhanglagen innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder bei ca. 1.000 m N.N. an die Obergrenze ihrer Verbreitung in den Bayerischen Alpen. Mithin ist auch das Primulo-Schoenetum an seiner oberen Verbreitungsgrenze ein deutlicher Indikator für die besondere Wärmegunst der Schneeheide-Kiefernwaldstandorte. Dies wird u.a. auch daran deutlich, daß das Primulo-Schoenetum unter den besonders kühlhumiden Klimabedingungen des unmittelbaren Alpenrandes - wie etwa auf den Mergelrutschhang-Vegetationskomplexen im Lainbachtal bei Benediktbeuern - bei ansonsten analogen edaphischen Verhältnissen bereits fast vollständig vom weniger wärmebedürftigen Caricetum davallianae ersetzt wird.

Als Böden findet man unter den Beständen je nach Wertung der hydrologischen Rahmenbedingungen Kalkquell- oder Kalkhanggleye, die aber aufgrund der schlechten Zeichnereigenschaften des Substrats kaum hydromorphe Merkmale (z.B. Rostflecken) aufweisen. Selbst die Oberböden sind oft ausgesprochen humusarm, da die Bodenentwicklung immer wieder durch erosive Prozesse gestört wird. Humusreichere Partien unter den Horsten des Kopfriedes wechseln häufig kleinräumig mit offenen Störstellen entlang der Hauptabflußbahnen des Wassers, die noch ausgesprochenen Syrosemcharakter aufweisen.

Von einer Torfbildung kann nirgends die Rede sein, so daß auf die irreführende, in der Literatur aber häufig verwendete Bezeichnung "Hangquellmoor" bewußt verzichtet wurde. Weit verbreitet ist dagegen die Bildung von Kalksinter und seekreideartigem Kalkschlamm auf treppigen Absätzen, wozu insbesondere die Moose *Cratoneuron commutatum* und *Drepanocladus revolvens* einen wesentlichen Beitrag leisten.

Die Stickstoffversorgung ist aufgrund der Humusarmut der Böden und der schlechten Mineralisationsbedingungen infolge der Vernässung mit kaltem Quellwasser äußerst gering. Noch schlechter dürfte aufgrund der hohen Anteile an Ca und Mg in der Bodenlösung und des geringen Verwitterungsgrades der Böden die Versorgung mit P und K sein. Neben der starken Vernässung, die mit phasenweiser scharfer Austrocknung wechselt, dürfte die extrem ungünstige Nährstoffsituation Hauptursache für die natürliche Waldfeindlichkeit der Kalkquellsümpfe sein.

Dynamik:
Die durch Erosion und Rutschungen nach intensiven Niederschlägen entstehenden Störstellen sind sehr bedeutsam für den Erhalt der Gesellschaft. Bei einem Nachlassen oder völligen Aussetzen der den Hangquellsümpfen eigenen Morphodynamik machen sich deutliche Degenerationserscheinungen bemerkbar. Zunächst kommt es dabei zu einer ver-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

stärkten Massenentfaltung des Kopfriedes, das allmählich die auf offene Störstellen angewiesen konkurrenzschwachen Arten wie etwa *Pinguicula vulgaris* "erstickt". Zugleich führt die verstärkte Akkumulation von Biomasse und die intensive Auskämmung von Schwebstoffen zu einer sukzessiven Konsolidierung und Aufhöhung des Standortes, wodurch sich der Quellsumpf nicht selten selbst das Wasser abgräbt. In der Folge setzt sich mit der Ansiedlung von Gehölzen wie Kiefer und Faulbaum eine weitere Degeneration fort. Durch eine Verlagerung der Hauptwasserströme innerhalb eines Quellsumpfes nach besonders starken Niederschlagsereignissen oder nach größeren Hangrutschungen können derartige Degenerationserscheinungen aber auch immer wieder umgekehrt werden. Besonders häufig sind Rutschungen in übersteilten quartären Lockersedimenten (Mergelrutschhänge) zu beobachten. Die auf derartigen feuchten Mergelrutschungen sich neu entwickelnden Initialbestände enthalten als bezeichnende Art oft den seltenen Kiessteinbrech (*Saxifraga mutata*), der in besonders hohem Maße auf eine ständige Störung der Vegetationsentwicklung durch Morphodynamik angewiesen ist.

Nutzung:
Eine extensive Beweidung mit Rindern, wie sie heute etwa noch am Heuberg zwischen Farchant und Oberau praktiziert wird, begünstigt das Auftreten von Kalkquellsümpfen erheblich und hat stellenweise zu einer deutlichen sekundären Erweiterung beigetragen. So führt die Beweidung durch die Anlage hangparalleler Viehgangeln zu einer deutlichen Verstärkung und Akzentuierung der treppigen Struktur der Schoeneten. Dies hat oft zur Folge, daß sich der Wasserabfluß innerhalb der Bestände verlangsamt und zusätzlich angrenzende Hangpartien vernäßt werden. Viehtritt und Fraß wirken ferner einer allzu starken Verdichtung und Konsolidierung der Vegetationsstrukturen der Kalkquellsümpfe entgegen.

Von den durch Tritt entstehenden offenen Störstellen profitieren insbesondere kleinwüchsige Lückenbüßer wie *Drosera anglica* (Foto 23) und *Pinguicula vulgaris*. Eine vollständige Einstellung der Beweidung hätte bei vielen Beständen mittelfristig eine Zurückdrängung der Kalkquellsümpfe auf einen primären Kern sowie einen weitgehenden Verlust der floristisch (*Gladiolus palustris*) und strukturell überaus interessanten fließenden Übergänge zu offenen Kalkmagerrasen zur Folge.

Verbreitung:
Kalkquellsümpfe sind in fast allen randalpischen Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen anzutreffen. Teilweise handelt es sich dabei aber nur um sehr kleinflächige, fragmentarisch entwickelte Bestände. Größere zusammenhängende, locker von einzelnen Kiefern auf höheren Reliefpunkten überstellte Komplexe ("Kiefern-Quellsümpfe") sind aber nur an wenigen Stellen wie oberhalb des Schwimmbades von Oberau, am Heuberg bei Farchant, am Nordufer des Sylvensteinspeichers und in den Mergelrutschhängen der Isarleiten zwischen Mittenwald und Krün anzutreffen. Sehr schöne "Flutmulden-Schoeneten" sind in den Loisachauen bei Grießen und verbreitet in den Isarauen zwischen Mittenwald und Bad Tölz sowie isarabwärts auch noch in der Pupplinger- und Ascholdiger Au zu finden.

Naturschutz:
Die einzigartige, fast nur noch im Bereich der Bayerischen Alpen und deren Vorland zu beobachtende enge räumliche Verzahnung von Buntreitgras-Kiefernwäldern und offenen Kalkmagerrasen mit Kalkquellsümpfen verdient das besondere Augenmerk des Naturschutzes. Ökotone zwischen kalkoligotrophen Feucht- und Trockenlebensräumen sind in dieser Qualität und Ausprägung fast nur noch in den randalpischen Buntreitgras-Kiefernwald-Komplexen anzutreffen. Gerade bei überregionaler Betrachtung wird deutlich, daß dem bayerischen Naturschutz für den Erhalt dieses spezifisch randalpischen Vegetationskomplexes eine besondere Verantwortung zufällt. Von besonderer Wertigkeit ist aber auch der hohe Natürlichkeitsgrad vieler Bestände, bei denen es sich, im Gegensatz zu den heutzutage flächenmäßig wesentlich bedeutsameren sekundären "Streuwiesen-Schoeneten", vielfach um autochthone Primärvorkommen handelt.

Daneben haben die Bestände aber auch eine erhebliche Bedeutung für den floristischen Artenschutz. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang u. a. die reichen Vorkommen von *Saxifraga mutata* (Foto 8) im Bereich der Mergelrutschhänge und Flutmuldenstandorte im oberen Isartal oder das Auftreten des seltenen Laubmooses *Catoscopium nigritum* am Heuberg bei Oberau. Nicht minder bedeutsam dürften die Bestände aus zoologischer Sicht sein. So wurde beispielsweise mehrfach die kaltstenotherme Libelle *Cordulegaster bidentatus* angetroffen.

8. Bedeutung lichtökologischer Faktoren für die floristische Struktur von Schneeheide-Kiefernwäldern

Mit Hilfe von Transektanalysen und parallel durchgeführten Mikroklimamessungen sollte die Bedeutung lichtökologischer Faktoren für die deutlich voneinander abweichende floristische Struktur von offenen Rasen und Schneeheide-Kiefernwäldern sowie innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder selbst untersucht werden. Zugleich wurde anhand der Transekte aber auch die Gültigkeit der zur floristischen Differenzierung herangezogenen Artengruppen überprüft.

8.1 Transekt Ofenberg

(Transekttabelle 1, S. 122)

Der Transekt Ofenberg dokumentiert den fließenden floristischen und standörtlichen Gradienten von

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

stärkten Massenentfaltung des Kopfriedes, das allmählich die auf offene Störstellen angewiesen konkurrenzschwachen Arten wie etwa *Pinguicula vulgaris* "erstickt". Zugleich führt die verstärkte Akkumulation von Biomasse und die intensive Auskämmung von Schwebstoffen zu einer sukzessiven Konsolidierung und Aufhöhung des Standortes, wodurch sich der Quellsumpf nicht selten selbst das Wasser abgräbt. In der Folge setzt sich mit der Ansiedlung von Gehölzen wie Kiefer und Faulbaum eine weitere Degeneration fort. Durch eine Verlagerung der Hauptwasserströme innerhalb eines Quellsumpfes nach besonders starken Niederschlagsereignissen oder nach größeren Hangrutschungen können derartige Degenerationserscheinungen aber auch immer wieder umgekehrt werden. Besonders häufig sind Rutschungen in übersteilten quartären Lockersedimenten (Mergelrutschhänge) zu beobachten. Die auf derartigen feuchten Mergelrutschungen sich neu entwickelnden Initialbestände enthalten als bezeichnende Art oft den seltenen Kiessteinbrech (*Saxifraga mutata*), der in besonders hohem Maße auf eine ständige Störung der Vegetationsentwicklung durch Morphodynamik angewiesen ist.

Nutzung:
Eine extensive Beweidung mit Rindern, wie sie heute etwa noch am Heuberg zwischen Farchant und Oberau praktiziert wird, begünstigt das Auftreten von Kalkquellsümpfen erheblich und hat stellenweise zu einer deutlichen sekundären Erweiterung beigetragen. So führt die Beweidung durch die Anlage hangparalleler Viehgangeln zu einer deutlichen Verstärkung und Akzentuierung der treppigen Struktur der Schoeneten. Dies hat oft zur Folge, daß sich der Wasserabfluß innerhalb der Bestände verlangsamt und zusätzlich angrenzende Hangpartien vernäßt werden. Viehtritt und Fraß wirken ferner einer allzu starken Verdichtung und Konsolidierung der Vegetationsstrukturen der Kalkquellsümpfe entgegen.

Von den durch Tritt entstehenden offenen Störstellen profitieren insbesondere kleinwüchsige Lückenbüßer wie *Drosera anglica* (Foto 23) und *Pinguicula vulgaris*. Eine vollständige Einstellung der Beweidung hätte bei vielen Beständen mittelfristig eine Zurückdrängung der Kalkquellsümpfe auf einen primären Kern sowie einen weitgehenden Verlust der floristisch (*Gladiolus palustris*) und strukturell überaus interessanten fließenden Übergänge zu offenen Kalkmagerrasen zur Folge.

Verbreitung:
Kalkquellsümpfe sind in fast allen randalpischen Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen anzutreffen. Teilweise handelt es sich dabei aber nur um sehr kleinflächige, fragmentarisch entwickelte Bestände. Größere zusammenhängende, locker von einzelnen Kiefern auf höheren Reliefpunkten überstellte Komplexe ("Kiefern-Quellsümpfe") sind aber nur an wenigen Stellen wie oberhalb des Schwimmbades von Oberau, am Heuberg bei Farchant, am Nordufer des Sylvensteinspeichers und in den Mergelrutschhängen der Isarleiten zwischen Mittenwald und Krün anzutreffen. Sehr schöne "Flutmulden-Schoeneten" sind in den Loisachauen bei Grießen und verbreitet in den Isarauen zwischen Mittenwald und Bad Tölz sowie isarabwärts auch noch in der Pupplinger- und Ascholdiger Au zu finden.

Naturschutz:
Die einzigartige, fast nur noch im Bereich der Bayerischen Alpen und deren Vorland zu beobachtende enge räumliche Verzahnung von Buntreitgras-Kiefernwäldern und offenen Kalkmagerrasen mit Kalkquellsümpfen verdient das besondere Augenmerk des Naturschutzes. Ökotone zwischen kalkoligotrophen Feucht- und Trockenlebensräumen sind in dieser Qualität und Ausprägung fast nur noch in den randalpischen Buntreitgras-Kiefernwald-Komplexen anzutreffen. Gerade bei überregionaler Betrachtung wird deutlich, daß dem bayerischen Naturschutz für den Erhalt dieses spezifisch randalpischen Vegetationskomplexes eine besondere Verantwortung zufällt. Von besonderer Wertigkeit ist aber auch der hohe Natürlichkeitsgrad vieler Bestände, bei denen es sich, im Gegensatz zu den heutzutage flächenmäßig wesentlich bedeutsameren sekundären "Streuwiesen-Schoeneten", vielfach um autochthone Primärvorkommen handelt.

Daneben haben die Bestände aber auch eine erhebliche Bedeutung für den floristischen Artenschutz. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang u. a. die reichen Vorkommen von *Saxifraga mutata* (Foto 8) im Bereich der Mergelrutschhänge und Flutmuldenstandorte im oberen Isartal oder das Auftreten des seltenen Laubmooses *Catoscopium nigritum* am Heuberg bei Oberau. Nicht minder bedeutsam dürften die Bestände aus zoologischer Sicht sein. So wurde beispielsweise mehrfach die kaltstenotherme Libelle *Cordulegaster bidentatus* angetroffen.

8. Bedeutung lichtökologischer Faktoren für die floristische Struktur von Schneeheide-Kiefernwäldern

Mit Hilfe von Transektanalysen und parallel durchgeführten Mikroklimamessungen sollte die Bedeutung lichtökologischer Faktoren für die deutlich voneinander abweichende floristische Struktur von offenen Rasen und Schneeheide-Kiefernwäldern sowie innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder selbst untersucht werden. Zugleich wurde anhand der Transekte aber auch die Gültigkeit der zur floristischen Differenzierung herangezogenen Artengruppen überprüft.

8.1 Transekt Ofenberg

(Transekttabelle 1, S. 122)

Der Transekt Ofenberg dokumentiert den fließenden floristischen und standörtlichen Gradienten von

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Transekttabelle 1: Transekt Ofenberg

1: Erico-Pinion-naher Kalkmagerasen
2.1: Calamagrostio-Pinetum teucrietosum
2.2: Calamagrostio-Pinetum knautietosum
3. Fichtenreicher Carex alba-Bergmischwald

Einheit Nr.:	1			2.1						2.2							4		
Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Artenzahl	41	44	40	41	44	41	33	31	33	33	34	38	36	38	34	37	38	28	26	25
Evenness	83	82	77	82	84	79	80	76	81	79	79	77	80	70	68	71	79	77	76	70
Deckung der Baumschicht (%)	0	0	0	30	60	70	50	60	80	50	40	20	50	50	10	40	80	80	80	60
Deckung der Krautschicht (%)	50	60	70	70	70	60	60	70	80	80	80	80	80	80	80	80	50	35	30	40
Deckung der Moosschicht (%)	2	2	2	1	1	+	+	+	+	+	1	5	8	3	3	1	2	1	+	+
Lichtzahl	7.1	6.9	6.8	6.8	6.9	6.9	7.0	6.8	7.0	6.8	6.9	6.8	6.7	6.7	6.8	6.5	6.2	5.8	5.9	6.1
Temperaturzahl	4.6	4.4	4.7	4.6	4.8	4.5	4.8	4.7	4.8	4.4	4.6	4.3	4.2	3.8	3.7	3.8	4.3	4.7	4.7	3.8
Kontinentalit„tszahl	4.1	3.9	3.6	4.0	4.2	3.9	4.0	4.0	4.1	3.7	4.1	4.2	3.8	3.6	3.7	4.1	4.8	5.1	5.4	5.2
Feuchtezahl	3.4	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.7	3.7	3.9	4.0	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.1	3.9	3.9
Reaktionszahl	8.1	8.1	7.9	7.8	7.8	7.9	8.1	8.0	7.8	7.8	7.4	7.3	7.1	7.6	7.6	7.8	7.6	7.3	7.3	7.8
Stickstoffzahl	2.5	2.5	2.6	2.5	2.7	2.8	2.6	2.8	2.6	2.9	2.7	2.7	2.8	3.0	3.0	3.1	2.9	2.7	2.5	2.7
Bäume																				
Pinus sylvestris B	.	.	.	b	4	4	3	3	5	3	3	b	3	4	a	3	a	+	.	.
Picea abies B	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	4	5	5	3
Sorbus aria B	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Gentiana utriculosa	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Globularia cordifolia	a	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Laserpitium siler	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Valeriana saxatilis	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gentiana clusii	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Leontodon incanus	a	a	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Thesium rostratum	1	1	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Coronilla vaginalis	1	1	+	1	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Leontodon hispidus	1	+	+	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Linum catharticum	1	1	1	1	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex baldensis	a	a	1	1	1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dorycnium germanicum	1	+	+	+	+	1	a	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gentiana aspera	+	.	+	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphorbia cyparissias	+	+	+	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hippocrepis comosa	1	1	.	1	.	.	+	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Viola hirta	+	+	1	1	1	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pinus sylvestris K	1	1	+	.	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Rhytidium rugosum	1	1	.	1	1	1	.	.	m	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	+
Peucedanum oreoselinum	.	+	+	+	+	+	.	.	+	+	1	1	.	.	.	+	.	.	.	.
Galium verum	+	.	+	.	+	+	+	+	.	1	1	1	1	+	.	.	.	.	.	.
Molinia caerulea agg.	a	b	b	b	a	1	1	1	b	1	b	b	a	1	.	.	.	.	.	.
Polygonatum odoratum	.	.	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	.	+	.	+	.	.	.	.
Carex sempervirens	a	a	b	1	1	1	1	1	1	.	1	1	a	a	1	+	.	.	.	.
Erica herbacea	a	m	a	1	1	1	.	.	1	.	+	+	1	.	+	+	.	.	.	.
Scabiosa lucida	1	+	+	+	+	+	.	+	+	+	.	+	+	+	+	+	.	.	.	.
Lotus corniculatus	+	1	1	1	1	1	+	1	1	1	1	+	1	+	+	+	.	.	.	.
Festuca amethystina	+	1	1	1	1	1	1	.	1	1	+	.	1	+	+	+	.	.	+	.
Potentilla erecta	a	a	a	a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	.	.	.
Carlina acaulis	.	.	+	+	+	+	a	.	+	+	+	+	+	+	+	.	+	.	.	.
Epipactis atrorubens	.	.	+	+	+	.	+	1	1	1	1	1	+	+	+	+	+	+	.	.
Carduus defloratus	.	.	+	1	1	1	1	+	1	1	1	1	+	+	+	1	+	+	+	.
Calamagrostis varia	.	+	.	.	1	1	1	1	a	a	b	3	b	3	3	3	a	1	.	a
Brachypodium rupestre	.	.	.	.	1	1	.	1	1	a	a	a	b	b	b	1	a	a	1	1
Ranunculus nemorosus	.	.	+	.	.	+	.	.	.	+	1	1	1	1	1	1	1	1	+	.
Origanum vulgare	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	1	1	1	.	1	1	.	1
Scleropodium purum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	m	a	m	m	m	m	1	.	.
Rhytidiadelphus triquetrus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	m	m	+	1	1	+	.	1	.
Carex montana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	a	.	1	.	.	.	.	.
Campanula rotundifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	+	1	.	.	.
Carex alba	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	a	b	b	b	a
Galium album ssp. album	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	m	1	1	m	1	.	.
Fragaria vesca	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	1	+	1	+	.
Knautia dipsacifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	+	.
Acer pseudoplatanus K	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	+	.	+
Picea abies K	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	.	.
Cephalanthera rubra (sp.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	+
Rubus saxatilis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	a	1	.	.
Convallaria majalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	+	.
Fagus sylvatica K	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+
Melampyrum pratense	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	1
Carex digitata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Daphne mezereum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.
Salvia glutinosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Transekttabelle 1

Sonstige Arten:																				
Anthericum ramosum	1	m	a	a	a	b	a	a	b	b	b	b	1	1	1	a	1	+	1	1
Carex humilis	b	a	a	a	a	a	b	b	m	m	m	m	m	m	m	m	1	+	1	a
Galium boreale	+	1	+	1	1	1	m	m	1	1	1	1	+	+	+	+	1	1	1	1
Polygala chamaebuxus	1	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	1	m	m	m	1	m
Sesleria varia	1	a	b	a	a	b	b	b	a	b	a	a	b	b	b	b	a	1	1	1
Asperula tinctoria	1	1	m	m	m	m	m	m	m	m	1	1	1	1	+	1	+	+	.	1
Sorbus aria K	+	+	.	+	+	1	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.
Buphthalmum salicifolium	1	1	a	a	a	a	a	a	a	1	1	1	1	+	.	+	.	.	+	.
Tortella tortuosa	m	m	m	m	m	m	m	1	1	+	.	1	+	.	.	1	1	.	1	.
Hieracium murorum/bifidum	+	+	1	+	+	1	1	+	.	+	.	+	+	.	.	+	+	+	.	.
Galium anisophyllum	+	.	.	+	+	+	1	.	1	+	+	+	+	.	+	.	+	.	+	1
Phyteuma orbiculare	.	+	1	1	1	m	1	.	.	.	+	.	1	1	m	.	1	.	1	a
Amelanchier ovalis K	+	+	1	.	1	+	.	.	+	1	1	.	.	.	.	+	1	+	1	1
Viola collina	.	+	.	.	.	+	1	1	.	+	.	+	.	+	+	+	+	.	+	+
Fissidens cristatus	1	1	1	.	1	1	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.
Globularia nudicaulis	1	a	+	a	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Pimpinella maior	.	.	.	.	.	+	+	.	.	1	.	+	.	.	+	.	.	.	+	+
Hypnum cupressiforme	.	.	.	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	m	1	.
Succisa pratensis	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
Rhinanthus glacialis	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	1	.	.	.	.	.	.
Rhamnus saxatilis K	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	+	.	.	.
Campylium chrysophyllum	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Prunella grandiflora	1	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Thymus polytrichus (sp.)	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Hylocomium splendens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.
Vincetoxicum hirundinaria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	+
Geranium sanguineum	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Primula auricula	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Crepis alpestris (sp.)	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gymnadenia conopsea	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dicranum polysetum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.
Tortella inclinata	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Abietinella abietina	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Neckera crispa	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Polygala amarella	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pleurozium schreberi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Laserpitium latifolium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Thuidium tamariscinum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Sorbus aucuparia K	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Campanula glomerata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

einem Erico-Pinion-nahen Kalkmagerrasen über den Buntreitgras-Kiefernwald in verschiedenen Subassoziationen bis hin zu einem ehemals waldweideüberprägten, fichtendominierten Bergmischwald.

Ausgehend von einem konvexen Hangrücken im unmittelbaren oberen Randbereich einer tief eingeschnittenen Rinne erstreckt sich der Transekt hangparallel über einen mehr oder weniger gestreckten Hangabschnitt bis hin zu einer breiten, konkaven Hangmulde. Alle Transektflächen sind nach Süden exponiert (180° N). Vom Randbereich der Rinne in Richtung der Mulde nehmen Gründigkeit und Überschirmungsgrad deutlich zu.

Der überschirmungsfreie, besonders flachgründige Rasen (Flächen 1-2 (3)) am Rande der Rinne zeichnet sich durch einen großen Reichtum an heliophilen Lückenbesiedlern aus. Bereits im Übergang zu den überschirmten Flächen nimmt deren Zahl und Abundanz deutlich ab, während einige mesophilere Arten, die dem felsigen Rasen noch fehlen, neu hinzutreten. Ab Fläche 9 fallen die konkurrenzschwachen Lückenbüßer schließlich vollständig aus, während im Gegenzug in zunehmendem Maße weitere mesophytische Arten und streufilzbesiedelnde Moose auf den Plan treten. Der endgültige Ausfall der Lückenbüßer vollzieht sich parallel zur verstärkten Massenentfaltung der wuchskräftigen Hochgräser *Calamagrostis varia* und *Brachypodium rupestre*. Ein markanter Wandel in der Vegetation vollzieht sich erneut ab Fläche 17 mit dem Auftreten der Fichte als herrschender Baumart. Der verstärkte Schattenwurf der Fichte führt zum Ausfall zahlreicher heliophiler Arten in der Bodenvegetation und zu einer Verschiebung der Dominanzverhältnisse zugunsten der schattentoleranten *Carex alba*. Zugleich sind vermehrt Moderbesiedler und Laubwaldelemente anzutreffen.

Anhand des Transekts kommt sehr deutlich zum Ausdruck, wie sich innerhalb des Calamagrostio-Pinetum der Übergang zwischen dem Offenlandökosystem des Rasens und der klimaxnahen Schlußwaldgesellschaft vollzieht. Während die Subassoziation mit *Teucrium montanum* ökologisch und floristisch noch stärker zum Rasen hin tendiert, vermittelt die Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* bereits zum fichtendominierten, bergmischwaldartigen Bestand. Aufgrund der geringeren Größe der Transektflächen kommen die bei der pflanzensoziologischen Tabellenarbeit ausgeschiedenen differenzierenden Artengruppen wesentlich schärfer zum Ausdruck und können hinsichtlich ihrer ökologischen Aussagekraft zusätzlich bestätigt werden. Im Vergleich hierzu ist bei den pflanzensoziologischen Aufnahmen oft eine wesentlich stärkere Durchdringung von Artengruppen zu beobach-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

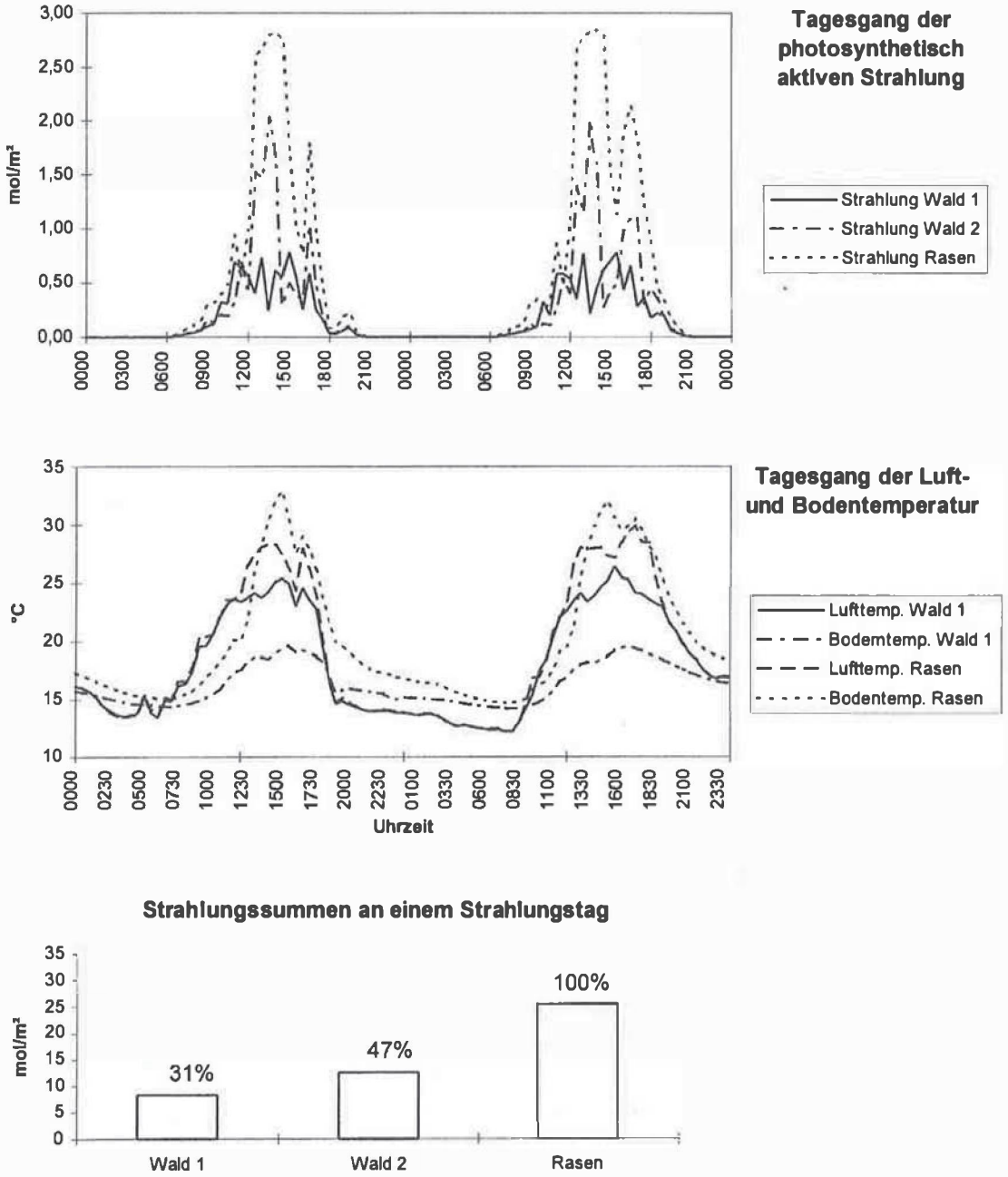


Abbildung 13

Tagesgang von photosynthetisch aktiver Strahlung, Luft- und Bodentemperatur sowie Tagessummen der PhAR an zwei Strahlungstagen (15. u. 16. 08. 93) im Transekt Ofenberg; Rasen: überschirmungsfreier Erico-Pinion-naher Lückenrasen (Fläche 1); Wald 2: Calamagrostio-Pinetum teucrietosum (Fläche 6); Wald 1: Calamagrostio-Pinetum knautietosum (Fläche 14).

ten, die im Transekt streng voneinander getrennt sind (z. B. konkurrrenzschwache Lückenbesiedlern und anspruchsvolle Mesophyten). Dies ist insbesondere in der Flächengröße der pflanzensoziologischen Aufnahmen (100 m^2 statt 4 m^2) begründet, was zwangsläufig eine wesentlich ausgeprägtere standörtliche Inhomogenität ("patchiness") nach sich zieht.

Anhand der Abfolge der Bodenvegetationstypen entlang des Transekts manifestieren sich neben primären (Gründigkeit) und sekundären (Humusakkumulation) edaphischen Standortfaktoren insbesondere mikroklimatische Faktoren, die in erster Linie durch die Struktur der Gehölzschicht beeinflußt werden.

Zur Quantifizierung der mikroklimatischen Bedingungen entlang des Transektes wurden an zwei Strahlungstagen in den Flächen 1, 6 und 14 Strahlungs- bzw. in den Flächen 1 und 14 zusätzlich Luft- und Bodentemperaturmessungen vorgenommen (Abb. 13). Anhand der Strahlungsmessungen wird deutlich, daß die Bodenvegetation des Buntreitgras-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Kiefernwaldes in der Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* (F. 14) nurmehr 31 % der Freilandstrahlung des Rasens erhält. Auch die Subassoziation mit *Teucrium montanum* unterscheidet sich mit 47 % der Freilandstrahlung lichtökologisch bereits deutlich vom offenen Rasen, steht diesem aber noch etwas näher.

Ähnlich geartete Unterschiede ergeben sich hinsichtlich der Bodentemperaturen. So liegt die Bodentemperatur des Rasens in 1 cm Tiefe während der Mittagszeit um mehr als 15° C über der des Kiefernwaldes der Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia*. Etwas weniger kraß sind die Unterschiede der Lufttemperatur in 50 cm Höhe, deren Werte um die Mittagszeit im offenen Rasen nur um ca. 4 bis 5 °C über denen des Waldes liegen. Bemerkenswert ist, daß die Bodentemperatur des Rasens auch in der Nacht noch deutlich über der des Kiefernwaldes liegt, während die nächtlichen Lufttemperaturen nahezu identisch sind. Eine Dämpfung der nächtlichen Ausstrahlung durch den Schirm der Kiefern ist demnach kaum gegeben.

Die kleinwüchsigen, heliophilen Lückenbüßer zeigen eine deutliche Bindung an die Transektflächen mit hohem Strahlungsgenuß und starker Bodenerwärmung. Bereits innerhalb des lichten Kiefernbestandes der Subassoziation mit *Teucrium montanum* vermögen sie nur noch mit verminderter Vitalität zu gedeihen. Überproportional verstärkt wird die Verdrängung der Lückenbüßer und anderer heliophiler Sippen insbesondere dadurch, daß die Hochgräser unter den schattigeren Bedingungen des Kiefernbestandes zu einer größeren Massenentfaltung gelangen als im offenen Rasen.

Demgegenüber zeigen die mesophytischen Arten eine deutliche Bindung an die ausgeglicheneren, gemäßigteren Bedingungen des geschlossenen Kiefernbestandes. Überlagert und verstärkt werden die mikroklimatischen Effekte im vorliegenden Beispiel durch edaphische Faktoren wie Gründigkeit und Humusreichtum, die sich vom offenen Rasen bis hin zum fichtendominierten Transektende deutlich verbessern.

8.2 Transekt Loisachblick bei Oberau

(Transekttabelle 2, S. 126)

Anhand der Transektanalyse am Loisachblick bei Oberau wird der steile Vegetationsgradient zwischen einem sekundären Halbtrockenrasen und einem unterhalb angrenzenden, von Pfeifengras dominierten Buntreitgras-Kiefernwald der Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* untersucht. Der Transekt erstreckt sich senkrecht zum Hang in einer Höhe von 710 bis ca. 730 m N. N.

Die primären Standortfaktoren wie Exposition (160° N) und Ausgangssubstrat (anstehender Hauptdolomit) sind innerhalb des Transektes nahezu identisch, wobei allerdings der Halbtrockenrasen im Durchschnitt deutlich weniger steil geneigt ist (33°) als der Kiefernbestand (39°). Der Rasen wurde bis in die Zeit kurz nach dem Zweiten Weltkrieg extensiv mit Schafen beweidet, seit mindestens 40 Jahren findet aber keine regelmäßige Nutzung mehr statt. Eine Wiederbewaldung des Rasens wird derzeit durch Wildverbiß vereitelt.

Trotz der recht langen Verbrachungszeit zeichnet sich der Rasen durch einen sehr niederen Wuchs und geringe Verfilzung aus. Sein Artengefüge wird im wesentlichen dominiert durch *Carex humilis*, *Erica herbacea* und *Anthericum ramosum*. Hinzu gesellen sich zahlreiche Arten aus Halbtrockenrasen und Schneeheide-Kiefernwäldern, worunter sich auffallend viele kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lückenbesiedler mit hoher Stetigkeit und Abundanz befinden. Mit bis zu 50 Arten auf 4 m^2 ist der Rasen sehr artenreich. Die einzelnen Transektteilflächen innerhalb des Halbtrockenrasens sind überaus homogen.

Sobald aber der Schattenwurfbereich der ersten Kiefer erreicht wird, kommt es zu einem tiefgreifenden floristischen Wandel, der sich insbesondere in einem schlagartigen, sprunghaften Anstieg der Dominanz von *Molinia caerulea* agg. äußert. Parallel zur Massenentfaltung des Pfeifengrases vollzieht sich ebenso schlagartig ein Totalausfall von über 20 Arten, die im Halbtrockenrasen hochstet und mit ansehnlicher Artmächtigkeit vertreten waren. An die Stelle dieser Arten treten nur wenige, meist spärlich vertretene mesophytische Arten, wie z.B. *Calamagrostis varia* und *Carex flacca* und Sträucher wie *Frangula alnus* und *Amelanchier ovalis*. Die Gesamtartenzahl reduziert sich dadurch im Kiefernwald auf fast die Hälfte der des Rasens. Innerhalb des Kiefernbestandes ist die floristische Differenzierung wiederum sehr gering. Lediglich die Flächen 8 - 11 heben sich durch das Auftreten der schattentoleranten *Carex alba* ab, die besonders lichtarme Mikrochore im Schatten- und Laubwurfberich der Laubgehölze besiedelt, wo das Pfeifengras partiell etwas zurücktritt.

Der Übergang vom Rasen zum Kiefernwald vollzieht sich extrem diskontinuierlich innerhalb einer einzigen Aufnahmefläche! Die Grenze zwischen Halbtrockenrasen und Kiefernwald ist geradezu linienhaft entlang der Schattenwurfgrenze der ersten Kiefer ausgebildet. Die herausragende Bedeutung der beleuchtungsökologischen Verhältnisse für den abrupten Vegetationswandel entlang des Transekts ist dadurch bereits im Gelände deutlich erkennbar.

Anhand der Mikroklimamessungen konnte dies bestätigt werden (Abb. 14). So erhielt die Bodenvegetation im Kiefernbestand im Verlauf von zwei Strahlungstagen nur rund 28 % der photosynthetisch aktiven Strahlung des Halbtrockenrasens. Deutliche Unterschiede treten auch wiederum anhand der Bodentemperaturen zu Tage, die um die Mittagszeit im niederwüchsigen Rasen um mehr als 15 °C höher liegen als im benachbarten hochgrasdominierten Kiefernwald.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Transekttabelle 2: Transekt Loisachblick bei Oberau

1: Erico-Pinion-naher Kalkmagerrasen
1/2: Übergang Rasen/Wald
2.1: Calamagrostio-Pinetum knautietosum, Carex alba-Variante, Molinia-Fazies
2.2: Calamagrostio-Pinetum knautietosum, typische Variante, Molinia-Fazies

	1						1/2	2.1				2.2		
Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Artenzahl	38	42	50	43	47	42	32	24	26	26	22	21	24	20
Evenness	78	76	79	79	79	76	59	46	51	63	53	57	55	46
Hangneigung (Grad)	33	32	33	33	34	34	32	32	36	39	39	39	39	31
Deckung der Baumschicht (%)							20	60	85	90	70	70	70	60
Deckung der Strauchschicht (%)									20	10	5	5		
Deckung der Krautschicht (%)	70	70	60	70	70	80	80	90	80	60	70	70	70	70
Deckung der Moosschicht (%)	+	+	+	1	1	3	5	2	+			+		
Lichtzahl	7.1	7.2	7.0	7.2	7.2	7.0	6.9	6.8	6.7	6.7	6.9	7.0	7.0	7.0
Temperaturzahl	5.4	5.2	5.4	5.0	5.0	4.9	5.8	5.8	5.6	5.4	5.7	5.8	5.6	5.8
Kontinentalit„tszahl	4.4	4.3	4.4	4.2	4.2	3.7	5.1	5.6	5.8	4.9	5.6	5.5	5.6	5.7
Feuchtezahl	2.9	2.9	2.9	3.1	3.0	3.4	3.7	3.9	3.6	3.7	3.9	3.0	3.3	3.1
Reaktionszahl	7.8	7.9	7.9	8.0	8.1	7.7	7.3	6.7	7.4	7.4	6.9	7.6	7.8	7.8
Stickstoffzahl	2.5	2.6	2.5	2.5	2.4	2.5	2.2	2.3	2.3	2.7	2.2	2.4	2.3	2.2
Bäume und Sträucher														
Pinus sylvestris B	.	.	.	.	.	.	b	4	4	4	4	4	4	4
Pinus sylvestris K	+	1	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Sorbus aria B	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.
Sorbus aria S	.	.	.	.	.	.	.	.	b	.	.	.	.	.
Sorbus aria K	.	.	.	.	+	+	.	.	1	.	.	+	+	.
Amelanchier ovalis S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	a	+	a	.	.
Amelanchier ovalis K	.	.	.	.	1	.	.	.	+	+	+	.	.	.
Frangula alnus S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	a	.	.	.
Frangula alnus K	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	1	+	+	.
Gladiolus palustris	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Prunella grandiflora	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Salvia verticillata	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Helianthemum ovatum	.	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Leontodon hispidus	.	1	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Linum catharticum	.	+	1	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Thymus polytrichus (sp.)	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Plantago media	+	+	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Allium montanum	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium verum	1	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Viola hirta	1	1	1	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Thesium rostratum	1	1	m	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Globularia cordifolia	m	a	1	a	a	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphorbia cyparissias	1	1	1	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Centaurea jacea	+	+	1	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Allium carinatum	1	+	1	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Succisa pratensis	+	.	+	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.
Teucrium montanum	1	1	m	1	a	1	+	.	.	.	.	.	.	.
Lotus corniculatus	1	1	1	1	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.
Hippocrepis comosa	1	1	1	1	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.
Linum viscosum	1	.	+	+	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.
Peucedanum oreoselinum	1	1	1	1	1	1	1	+	.	.	.	.	.	.
Fissidens cristatus	.	.	1	1	1	1	1	+	+	.	.	.	.	.
Asperula tinctoria	1	+	1	1	1	1	+	.	+	.	.	.	.	.
Rhytidium rugosum	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	+	.	.
Centaurea scabiosa	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	+	+	.
Carex humilis	3	3	3	3	3	b	m	1	1	a	m	a	a	a
Molinia caerulea agg.	a	1	m	1	a	b	4	5	4	3	4	3	3	4
Ranunculus nemorosus	.	.	+	.	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.
Scleropodium purum	.	.	.	.	.	1	m	1	1	.	.	.	.	.
Carex alba	.	.	.	.	.	.	.	m	a	m	m	.	.	.
Carex montana	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.
Melica nutans	.	.	.	.	.	.	.	.	1	m	1	.	.	.
Brachypodium rupestre	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	+	.	.	.
Epipactis atrorubens	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	+	+	+
Carex flacca	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	1	1	1
Calamagrostis varia	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	1	1
Galium album ssp. album	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+
Rubus saxatilis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	+	.	.
Cephalanthera rubra (sp.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+
Knautia dipsacifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Transekttabelle 2

Sonstige Arten:														
Anthericum ramosum	a	a	m	a	a	a	1	+	1	1	1	1	1	1
Vincetoxicum hirundinaria	1	1	1	1	1	1	1	a	a	1	1	1	1	1
Sesleria varia	1	1	1	a	a	b	1	1	1	1	1	.	1	+
Potentilla erecta	1	1	1	1	1	1	1	+	+	+	.	1	+	+
Erica herbacea	a	a	a	a	a	b	1	1	.	1	a	a	a	1
Campanula rotundifolia	1	1	1	1	1	+	+	+	+	.	.	.	+	+
Buphthalmum salicifolium	1	1	1	1	a	1	1	.	.	+	+	.	1	+
Galium boreale	1	1	1	1	1	1	1	.	.	+	+	.	+	+
Carex sempervirens	1	1	1	1	1	b	1	+	.	.	.	1	1	.
Polygala chamaebuxus	m	m	1	m	m	m	m	.	.	.	.	1	1	1
Polygonatum odoratum	+	+	+	+	+	.	+	.	.	+	+	+	.	+
Laserpitium siler	+	+	+	1	1	+	+	+	.	.	.	.	+	.
Bromus erectus	1	1	1	.	.	.	+	.	+	.	.	+	.	.
Galium anisophyilum	.	.	.	+	+	1	+	+	.	.	.	.	.	.
Tortella tortuosa	.	.	1	+	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Thuidium delicatulum	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.
Carduus defloratus	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	+	.
Cirsium tuberosum	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphrasia picta	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Leontodon incanus	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gentiana verna	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Scabiosa lucida	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Festuca amethystina	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Plagiomnium affine s.str.	.	.	.	.	.	.	.	m	+	.	.	.	.	.
Acer pseudoplatanus K	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.
Berberis vulgaris S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	a	.	.	.	.
Rhamnus carthartica S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Rhamnus carthartica K	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Sorbus aucuparia K	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
Picea abies K	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Phyteuma orbiculare	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
Viola collina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.
Plantago lanceolata	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gymnadenia odoratissima	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Peucedanum cervaria	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthyllis vulneraria alpestris	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex ornithopoda	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gentiana aspera	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ononis repens	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ctenidium molluscum	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rhinanthus glacialis	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Dicranum polysetum	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Betonica officinalis	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Convallaria majalis	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Acer pseudoplatanus S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Salvia glutinosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Hauptursache für den schlagartigen Ausfall zahlreicher kleinwüchsiger Rasenarten ist neben einer deutlichen Verringerung des Lichtgenusses vor allem die sprunghafte Vitalitätssteigerung des Pfeifengrases, das durch den Aufbau dichter Streudecken zahlreiche kleinwüchsige, konkurrenzschwache Arten verdrängt. Unter den gegebenen standörtlichen Bedingungen vermag das Pfeifengras erst unter dem Halbschatten des Kiefernbestandes zu absoluter Dominanz zu gelangen. Das markante Zusammentreffen von Pfeifengrasdominanz und Überschirmung durch die Kiefer verdeutlicht diesen Zusammenhang auf recht eindrucksvolle Weise, zumal edaphische Faktoren beim vorliegenden Beispiel als Erklärungsmuster ausscheiden. Hinsichtlich des primären Standortfaktors Neigung ist der Kiefernbestand sogar als extremer zu betrachten.

Die unter dem Kiefernbestand zu beobachtende stärkere Humusanreicherung ist wiederum eine direkte Folge der wesentlich höheren Biomasseproduktion durch das üppig wuchernde Pfeifengras. Die Vitalität des Pfeifengrases wird im offenen, prallsonnigen Rasen offensichtlich durch starke oberflächennahe Aufheizung und damit verbundenen Transpirationsverlusten erheblich herabgesetzt.

Es fehlt dem Rasen zwar nicht vollständig, bleibt aber vergleichsweise niederwüchsig und muß der an xerotherme Standortbedingungen besser angepaßten Erdsegge (*Carex humilis*) als dominante Art weichen. Umgekehrt wird die Erdsegge unter den ausgeglicheneren, gemäßigteren mikroklimatischen Bedingungen des Kiefernwaldes durch das Pfeifengras als dominante Art ersetzt.

Daraus läßt sich als praxisrelevantes Ergebnis ableiten, daß bei einer Bestockung des Rasens mit Kiefern fast sämtliche wertbestimmenden Arten sehr rasch ausfallen würden!

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

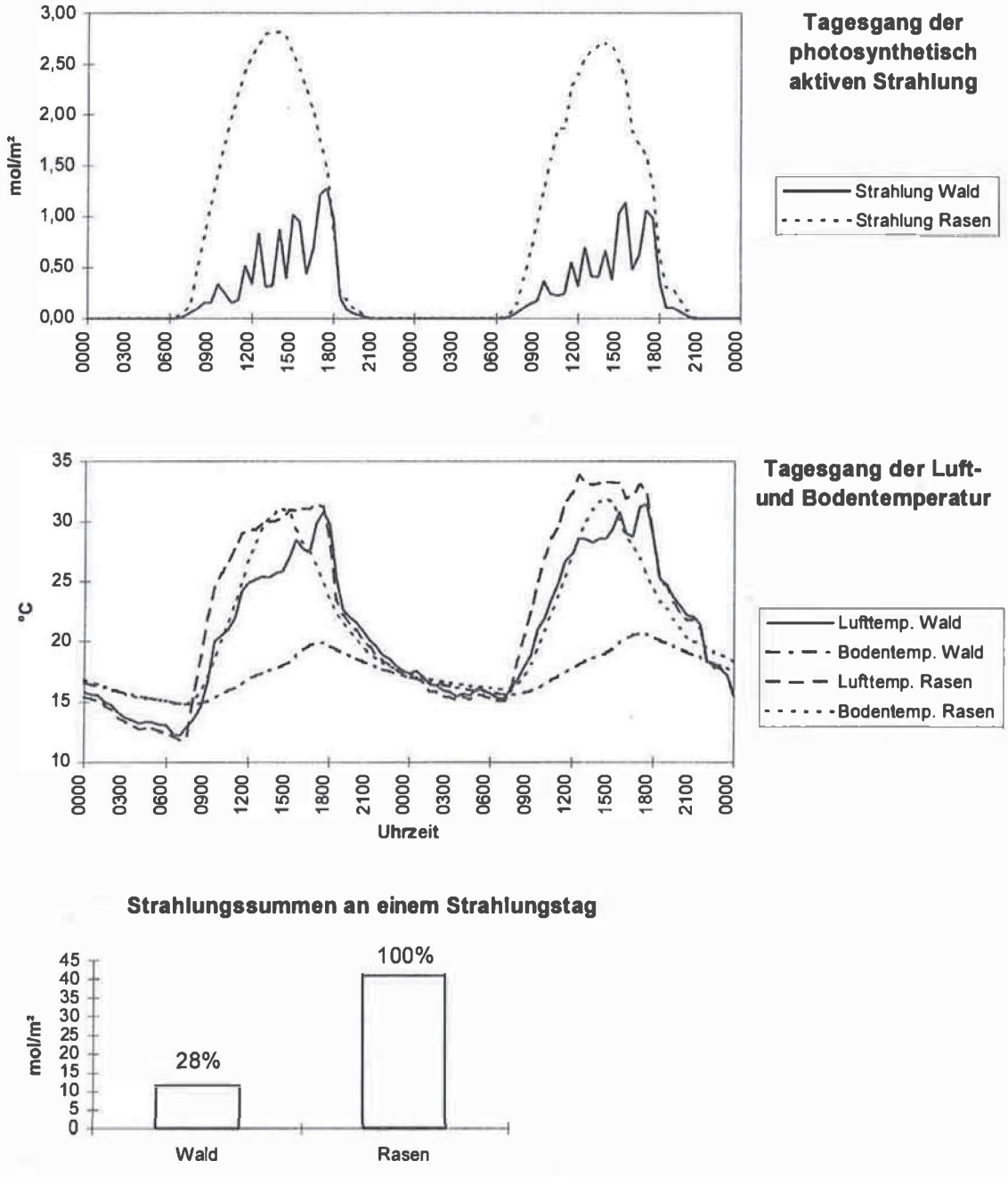


Abbildung 14

Tagesgang von photosynthetisch aktiver Strahlung, Luft- und Bodentemperatur sowie Tagessummen der PhAR an zwei Strahlungstagen (21. u. 22. 08. 93) im Transekt Loisachblick; Rasen: überschirmungsfreier Erico-Pinion-naher Lückenrasen (Fläche 1); Wald: Calamagrostio-Pinetum knautietosum, *Molinia*-Fazies (Fläche 13).

8.3 Transekt Kalvarienberg bei Zirl

(Transekttabelle 3, S. 129)

Mit Hilfe des Transekts am Kalvarienberg bei Zirl wurde der Übergang zwischen einem offenen Kugelblumen-Federgrasrasen in der Ausbildung mit *Bromus erectus* und einem angrenzenden Kiefernbestand des Erico-Pinetum globularietosum untersucht. Ausgangspunkt des Transekts ist ein Trockenrasen auf einer steilen, extrem flachgründigen Felsdurchragung in 710 m N. N. Höhe, der nach oben hin in ein auf einer mehr oder weniger tiefgründigen Hangschuttdecke mit reichlich Lößbeimischung stockendes Erico-Pinetum übergeht. Der gesamte Schneeheide-Kiefernwald-Komplex, in dem sich der untersuchte Transekt befindet, wurde bis in die Zeit kurz nach dem 2. Weltkrieg intensiv mit Ziegen beweidet.

Der recht artenarme Volltrockenrasen wird dominiert von typischen Trockenrasengräsern wie *Botriochloa ischaemum* und *Bromus erectus* sowie Zwergsträuchern wie *Teucrium montanum* und *Globularia cordifolia.* Schneeheide-Kiefernwald-Arten und Gehölze fehlen praktisch vollständig. Dieses

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Transekttabelle 3: Transekt Kalvarienberg bei Zierl

1: Kugelblumen-Federgrasrasen, Ausbildung mit Bromus erectus
1/2: Übergang Rasen/Wald
2.1: Erico-Pinetum globularietosum (lückiger Schneeheide-Teppich mit Störstellen)
2.2: Erico-Pinetum globularietosum (m.o.w. geschlossener Schneeheide-Teppich)

	1					1/2	2.1				2.2					
Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Artenzahl	19	16	18	19	18	28	32	27	25	27	20	21	24	13	18	16
Evenness	73	69	62	84	85	66	56	78	63	68	53	53	50	48	45	43
Deckung der Baumschicht (%)						40	40	20	10	30	40	10	10	40	40	30
Deckung der Strauchschicht (%)						1					1	1	1	10	10	
Deckung der Krautschicht (%)	50	50	60	50	50	70	80	40	70	70	80	70	70	80	80	80
Deckung der Moosschicht (%)	5	1	+	+		3	4	4	8	3	3	2	2	1	+	+
Lichtzahl	8.0	7.9	8.2	7.9	7.5	7.2	7.1	7.1	7.1	7.0	7.1	7.0	6.9	7.0	7.0	7.0
Temperaturzahl	5.7	6.0	6.1	5.4	5.3	5.0	5.0	4.9	4.7	5.0	4.2	4.5	4.7	4.9	4.9	5.2
Kontinentalit„tszahl	5.0	4.9	4.9	4.7	4.3	4.8	4.5	4.6	3.9	4.7	4.5	3.8	3.5	4.5	4.5	4.5
Feuchtezahl	2.5	2.6	2.8	2.8	2.7	2.9	3.0	3.3	3.2	3.1	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.0
Reaktionszahl	8.0	8.0	8.0	8.1	8.2	7.9	7.8	7.8	7.4	7.9	7.7	8.2	7.7	7.8	7.8	7.8
Stickstoffzahl	2.7	2.8	2.9	2.5	2.4	2.2	2.2	2.5	2.2	2.4	2.2	2.2	2.1	2.0	2.1	2.1
Bäume und Sträucher																
Pinus sylvestris B	.	.	.	.	.	3	3	b	a	3	3	a	a	3	3	3
Pinus sylvestris K	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	+	.	.	.
Amelanchier ovalis S	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Amelanchier ovalis K	.	.	.	.	.	1	1	1	1	+	1	+	1	+	.	.
Juniperus communis S	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	+	+	a	a	.
Juniperus communis K	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	1	+	+	.	+	+
Ligustrum vulgare K	.	.	.	.	.	.	+	1	+	+	.	.	.	.	+	+
Berberis vulgaris K	.	.	.	.	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.
Sorbus aria K	.	.	.	.	.	.	+	+	.	1	.	.	.	.	.	.
Rhamnus saxatilis K	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
Viburnum lantana K	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Crataegus monogyna K	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Artemisia campestris	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Potentilla pusilla	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sedum album	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stipa eriocaulis austriaca	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Asplenium ruta-muraria	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dianthus sylvestris	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tortella inclinata	a	m	1	m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Globularia cordifolia	.	.	1	a	a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Festuca cf.rupicola	1	.	1	a	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Festuca ovina guestfalica	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Helianthemum ovatum	1	1	1	1	1	+	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.
Asperula cynanchica	1	1	+	1	m	+	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
Dactylis glomerata	1	1	1	1	1	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Scabiosa columbaria/gramuntia	1	1	+	1	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Botriochloa ischaemum	b	b	3	a	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Teucrium chamaedrys	m	m	m	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Teucrium montanum	1	.	+	a	a	1	+	1	1	+	+	+	+	+	.	.
Dorycnium germanicum	.	1	+	1	a	1	1	1	.	.	.	+	1	.	+	+
Bromus erectus	1	1	a	m	a	m	1	1	1	1	1	1	+	+	+	+
Carex humilis	b	b	b	b	b	m	m	a	m	a	1	1	1	1	1	m
Prunella grandiflora	.	.	.	1	a	1	m	.	+	a	1	m	+	.	1	1
Salvia pratensis	.	.	.	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Aster amellus	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Abietinella abietina	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphorbia cyparissias	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Carduus defloratus	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
Solidago virgaurea	.	.	.	.	.	.	.	1	1	+	.	.	.	.	.	.
Rhytidium rugosum	.	+	.	.	.	m	m	a	a	m	.	.	1	.	.	.
Hieracium murorum/bifidum	.	.	.	.	.	.	+	1	1	1	.	+	.	.	.	.
Buphthalmum salicifolium	.	.	.	.	.	+	1	+	+	1	+	.	+	.	.	.
Leontodon incanus	.	.	.	.	.	.	1	a	m	a	1	m	1	.	.	+
Amelanchier ovalis	.	.	.	.	.	1	1	1	1	+	1	+	1	+	.	.
Erica herbacea	.	.	.	.	.	3	4	m	4	3	4	4	4	4	4	4
Sesleria varia	.	.	.	.	.	1	1	a	1	m	1	1	1	+	+	+
Juniperus communis	.	.	.	.	.	+	+	+	.	+	+	+	+	a	a	+
Viola rupestris	.	.	.	.	.	.	+	1	1	1	+	1	1	+	+	+
Polygala chamaebuxus	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	1	1	.	1	1
Campanula rotundifolia	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	+	.	+	.	.	.
Calamagrostis varia	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	+	1	.	+	.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Transekttabelle 3

Epipactis atrorubens	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	+
Neckera crispa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	+	.
Hypnum cupressiforme	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+	+
Sonstige Arten:																
Vincetoxicum hirundinaria	1	+	+	+	1	m	1	1	1	1	+	.	+	.	+	.
Brachypodium rupestre	.	+	1	a	a	1	1	b	a	1	1	.	1	+	.	1
Thymus praecox	1	.	+	1	m	1	1	.	.	.	+	1	1	1	+	.
Tortella tortuosa	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	1	+	.	.	.
Cephalanthera rubra (sp.)	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Campylium chrysophyllum	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
Scleropodium purum	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Entodon concinnus	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Rosa sp.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lathyrus pratensis	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Taraxacum officinale	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hieracium glaucum	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Crepis alpestris (sp.)	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Rhytidiadelphus triquetrus	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Fissidens cristatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Hypnum lacunosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	m	.	.	.	.	.
Euphrasia salisburgensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Ctenidium molluscum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Galium lucidum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Anthericum ramosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Bild ändert sich wiederum grundlegend, sobald die Grenze des Kiefernbestandes erreicht wird. Im Schattenwurfbereich der ersten Kiefer tritt sofort *Erica herbacea* als dominante Art auf den Plan und verdrängt zahlreiche Arten des Trockenrasens. Während viele Trockenrasenarten wie *Botriochloa ischaemum* sogleich vollständig ausfallen, vermögen sich andere wie *Carex humilis* und *Teucrium montanum* länger zu halten, werden von der Schneeheide aber in die Rolle von Lückenbesiedlern gedrängt und erreichen bei weitem nicht mehr die Dominanz und Abundanz wie im offenen Trockenrasen.

Zusammen mit der Schneeheide erscheinen einige weitere Erico-Pinion-Kennarten wie *Buphthalmum salicifolium*, *Polygala chamaebuxus*, *Leontodon incanus* und *Epipactis atrorubens*, die dem offenen, prallsonnigen Rasen noch vollständig fehlen. Gleiches gilt für Arten wie *Sesleria varia* und *Viola rupestris* sowie für thermophile Sträucher wie *Amelanchier ovalis* und *Ligustrum vulgare*. Der unmittelbare Übergangsbereich zwischen Rasen und Kiefernwald (F. 6) wird bezeichnenderweise markiert durch das Auftreten der Saumart *Aster amellus*.

Innerhalb des eigentlichen Kiefernbestandes lassen sich deutlich zwei Abschnitte unterscheiden. In den Flächen 7 bis 10 ist der geschlossene Schneeheideteppich mehr oder weniger stark durchbrochen von offenen Störstellen, die eine höhere Abundanz und Dominanz von *Rhytidium rugosum* und *Leontodon incanus* ermöglichen, sowie generell das Auftreten von weiteren Lückenbesiedlern und Gehölzjungwuchs begünstigen. Dagegen zeichen sich die Flächen 11 bis 16 bei mehr oder weniger geschlossener Entwicklung der Schneeheide durch eine besonders große Armut an Lückenbesiedlern aus. Besonders deutlich wird dieser Sachverhalt, wenn man die Evenness betrachtet, deren Werte mit zunehmender Schneeheidedominanz ab Fläche 11 deutlich abfallen.

Der scharfe, unvermittelte Vegetationswechsel zwischen dem Volltrockenrasen und dem angrenzenden Kiefernwald legt wiederum eine überragende Bedeutung beleuchtungsökologischer Faktoren für die floristische Struktur der Bodenvegetation nahe. Auch bei diesem Transekt wird anhand der Mikroklimamessungen (Abb. 15) deutlich, daß die Bodenvegetation im Kiefernwald trotz der vergleichsweise lichten Struktur nur rund 39 % der Freilandstrahlung des Trockenrasenn erhält. Merklich höher ist der Strahlungsgenuß mit 49 % im Bereich von Bestandeslücken, in denen kleinwüchsige, xerotherme Lückenbesiedlern auf Kosten der Schneeheide stärker in Erscheinung treten.

Auffälligster und bedeutsamster Effekt der unterschiedlichen Strahlungsbedingungen ist der Totalausfall der Schneeheide im offenen Trockenrasen. Im Gegensatz zu den Randalpen, wo die Schneeheide gerade in offenen Rasen oft besonders vital gedeiht, ist die Art unter den klimatischen Rahmenbedingungen des Tiroler Inntals ganz offensichtlich auf den Halbschatten des Kiefernwaldes angewiesen und erleidet bereits in größeren, stark besonnten Bestandeslücken einen deutlichen Vitalitätsverlust.

Hinsichtlich der Boden- und Lufttemperaturen ergeben sich auch bei diesem Transekt wiederum

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

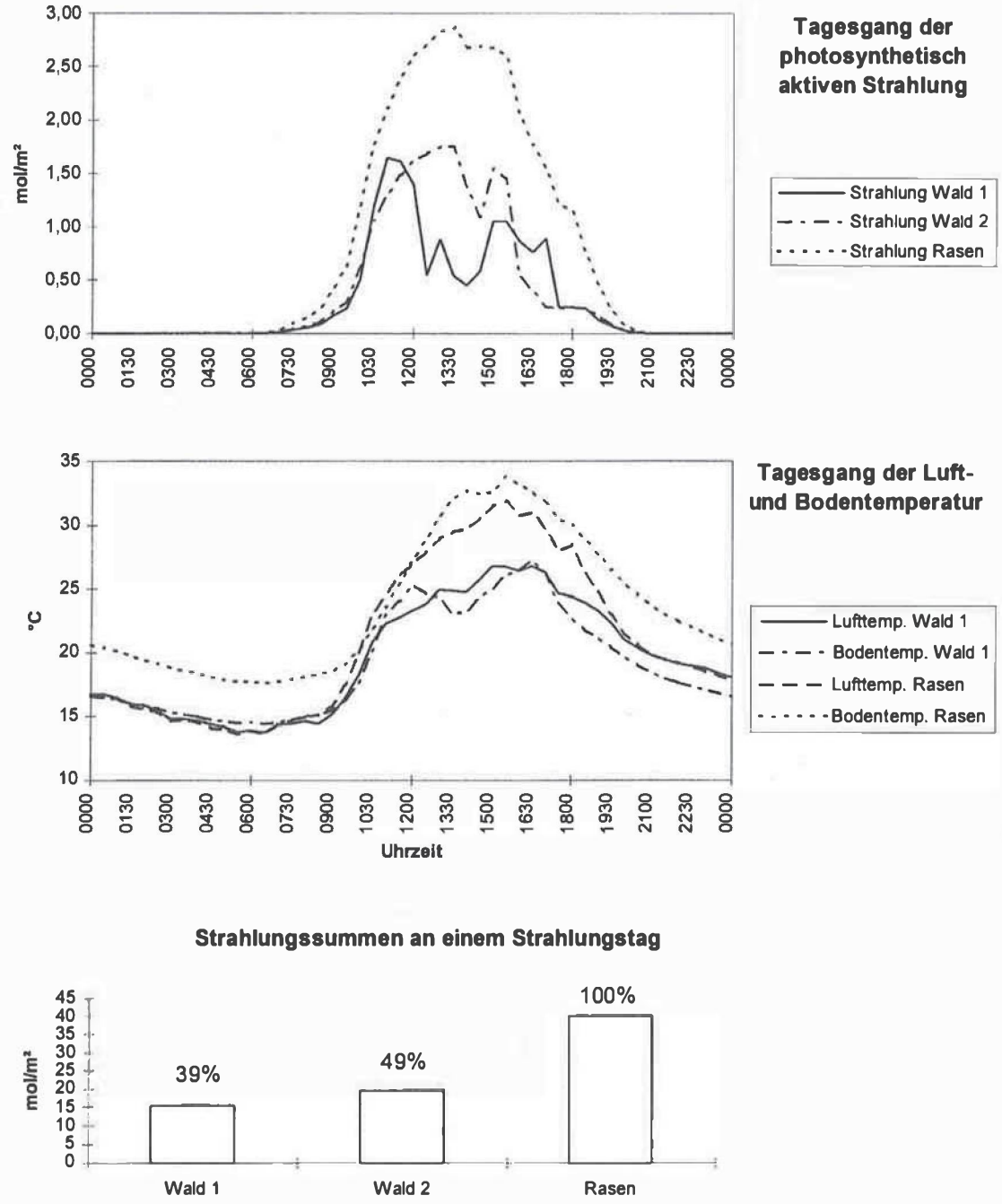


Abbildung 15

Tagesgang von photosynthetisch aktiver Strahlung, Luft- und Bodentemperatur sowie Tagessummen der PhAR an einem Strahlungstag (19. 08. 93) im Transekt Kalvarienberg bei Zirl; Rasen: Kugelblumen-Federgrasrasen, Ausbildung mit *Bromus erectus* (Fläche 3); Wald 2: Erico-Pinetum globularietosum, Bestandeslücke mit regressiver Schneeheide (Fläche 8); Wald 1:. Erico-Pinetum globularietosum, mit geschlossener Schneeheide (Fläche 16).

deutliche Unterschiede zwischen Wald und Rasen. Bemerkenswert im Vergleich zu den Randalpentransekten ist aber die Tatsache, daß der Tagesgang der Luft- und Bodentemperatur innerhalb des Kiefernwaldes relativ stark angenähert ist.

Unter den vergleichsweise niederwüchsigen Schneeheidepolstern vermag sich der Boden wesentlich stärker zu erwärmen als im hochgrasdominierten Kiefernwald der Randalpen, wo der Strahlungsumsatz in Bodennähe weitgehend auf der Oberfläche der hochwüchsigen Gräser erfolgt. Die stärkere Erwärmung in unmittelbarer Bodennähe ist im Erico-Pinetum wohl mit ausschlaggebend dafür, daß ausgesprochen thermophile Arten wie etwa *Dorycnium germanicum* auch noch bei relativ geschlossener Bestandesstruktur auszuharren vermögen.

Abschließende Wertung der Ergebnisse der Transektanalysen und Mikroklimamessungen:

Trotz des vergleichsweise lichten Schirms der Kiefer genießt die Bodenvegetation innerhalb der unter-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

suchten Bestände stets nur weniger als 50 % der Strahlungsmenge benachbarter offener Rasen. Parallel zum Wandel der Beleuchtungsverhätnisse vollzieht sich bei allen Transekten ein Wechsel der Dominanzstrukturen der Matrixarten. So werden niederwüchsige, mehr oder weniger xerophytische Martixarten (insbes. *Carex humilis*) als Dominante im schattigeren Bestandesinnern jeweils ersetzt durch Hochgräser wie *Molinia caerulea* agg., *Brachypodium rupestre* und *Calamagrostis varia* (Randalpen) bzw. durch *Erica herbacea* (Inntal), die hier zu wesentlich größerer Massenentfaltung und Vitalität als auf der Freifläche gelangen. Durch die starke Massenentfaltung dieser Matrixarten werden die ohnehin suboptimalen Existenzbedingungen innerhalb des Kiefernbestandes für ausgesprochen licht- und wärmebedürftige Arten zusätzlich verschlechtert, was insbesondere zum fast vollständigen Ausfall kleinwüchsiger Lückenbesiedler führt, die generell offenbar noch rund 50 % der Freilandstrahlung benötigen. Sinkt dieser Wert auf etwa 30 %, so werden in den untersuchten Beständen der Randalpen die Hochgräser selbst auf relativ flachgründigen Standorten derart übermächtig, daß die Lückenbesiedler nicht mehr zu existieren vermögen.

Daraus resultiert in den Randalpen eine besonders enge oder gar ausschließliche Bindung heliophiler, konkurrenzschwacher Sippen an offene, überschirmungsfreie Lückenrasen oder sehr lichte Bestandestypen. Dagegen vermögen sich die gleichen heliophilen Lückenbesiedler (z. B. *Dorycnium germanicum* oder *Teucrium montanum*) im Erico-Pinetum des Tiroler Oberinntals auch im Bestandesinnern mit verminderter Vitalität wesentlich länger zu halten, wozu neben dem weniger massiven Konkurrenzdruck durch die vergleichsweise niederwüchsige Schneeheide vor allem die wärmeren mikroklimatischen Rahmenbedingungen innerhalb des Bestandes (höhere Bodentemperaturen) entscheidend beitragen.

Im Gegenzug zeigen zahlreiche Kennarten der Schneeheide-Kiefernwälder (insbesondere *Erica herbacea* selbst) im Inntal eine besonders enge Bindung an den Halbschatten der Kiefer, während sie in den Randalpen in der Freiflächensituation ebenso gut oder teilweise sogar vitaler gedeihen (relative Standortkonstanz). Insgesamt ist der ökologische Existenzbereich vieler Arten im Oberinntal in die Kiefernwälder hinein verschoben, während andererseits in den kühl-feuchteren Randalpen eine genau gegenläufige Verschiebung zur Freiflächensituation hin zu beobachten ist.

Generell vermögen zahlreiche heliophile Sippen innerhalb der Kiefernwälder nurmehr suboptimal zu gedeihen und bleiben häufig steril. Vermutlich handelt es sich dabei nicht selten um Relikte einer ehemals lichteren Bestandesstruktur bzw. historischer Nutzungseinflüsse wie Waldweide und Streunutzung, die zu einer deutlichen Schwächung übermächtiger konkurrierender Matrixarten führten.

Natürlicherweise bleiben die kleinwüchsigen Lückenbüßer innerhalb der Erico-Pinion-Wälder auf Bestandestypen beschränkt, deren Standorte aufgrund ihrer Trockenheit weder eine stärkere Überschirmung durch die Kiefer noch eine geschlossene Bodenvegetation zulassen. Zu einer Revitalisierung heliophiler Sippen kann es durch natürliche oder anthropo-zoogene Bestandesauflichtung kommen, wobei diese sowohl direkt durch den höheren Lichtgenuß als auch indirekt durch eine Schwächung der Matrixarten gefördert werden.

Tabelle 23

Altersstruktur von Schneeheide-Kiefernwäldern im Tiroler Oberinntal und in den Bayerischen Alpen.

	Zams	Zirl	Reith	Burgberg	Ofenberg I	Ofenberg II	Heuberg	Isaraue
T Jahre	64	116	ca.80	173	180	172	252	175
T max Jahre	78	133	/	193	217	190	296	207
T min Jahre	53	98	/	147	152	129	204	145
T dif Jahre	25	35	/	46	65	61	92	62

T Jahre: Durchschnittealter,
T max Jahre: Maximalalter,
T dif Jahre: Altersspanne.
T min Jahre: Minimalalter

Zams: Erico-Pinetum globularietosum
Zirl: Erico-Pinetum globularietosum
Reith: Erico-Pinetum pyroletosum
Burgberg: Calamagrostio-Pinetum primuletosum
OfenbergI: Calamagrostio-Pinetum teucrietoisum
Ofenberg II: Calamagrostio-Pinetum knautietosum
Heuberg: Calamagrostio-Pinetum knautietosum, *Molinia*-Fazies
Isaraue: Calamagrostio-Pinetum thesietosum

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

9. Bestandesstruktur und Verjüngungssituation

9.1 Alters- und Bestandesstruktur

Die Untersuchungen zur Alters- und Bestandesstruktur wurden an 8 Repräsentativbeständen durchgeführt, die jeweils einer flächenmäßig bedeutenden pflanzensoziologischen Einheit entsprechen. Zusammenfassend sind die Ergebnise dieser Analysen in Tab. 23 und Tab. 24 dargestellt. Bestandesaufrisse der jeweiligen Untersuchungsflächen finden sich mit Ausnahme der Fläche Ofenberg II bei der Beschreibung der jeweiligen Kiefernwald-Einheiten (Kap. 6).

9.1.1 Altersstruktur

Alle in den Bayerischen Alpen analysierten Bestände zeichnen sich durch ein überraschend hohes mittleres Alter von 172 bis 254 Jahren aus. Bemerkenwert ist dabei die hohe Übereinstimmung in der Altersstruktur der geographisch recht weit auseinanderliegenden Bestände am Ofenberg, Burgberg und in der Isaraue (Tab. 23).

Das Durchschnitts- und Maximalalter der erbohrten Kiefern in diesen Beständen unterscheiden sich nur um 7 bzw. 27 Jahre. Erstaunlich gering ist mit 46 bis 65 Jahren auch die Altersspreitung innerhalb der Bestände. Die eigenen Alterswerte stimmen recht gut mit Ergebnissen von RAUSCH (1981) überein, der anhand von 761 Bohrungen im Rahmen der Forsteinrichtung für die Bestände im Raum Garmisch ein Durchschnittsalter von 169 Jahren errechnete. Deutlich aus dem Rahmen fällt lediglich der Bestand am Heuberg bei Oberau, der mit durchnittlich 252 und maximal 296 Jahren noch deutlich älter ist als die übrigen untersuchten Randalpenbestände.

Die älteste von RAUSCH im Raum Garmisch-Partenkirchen analysierte Waldkiefer hatte ein Alter von 330 Jahren. Noch deutlich ältere Bestände mit einem Maximalalter von 450 Jahren sind nach RAUSCH (1981) am Fahrenberg oberhalb Walchensee zu finden. Aufgrund der um 120 Jahre geringeren Altersobergrenze der Garmischer Bestände vermutet bereits RAUSCH (1981), daß diese nach einem großflächig synchron wirkenden, waldverwüstenden Vorfall (Waldbrand) vor ca. 300 Jahren entstanden sind. Die auffallende Übereinstimmung der Bestände am Ofenberg, am Burgberg und in den Isarauen im Durchschnitts- und Maximalalter legt nach den eigenen Untersuchungen dagegen eher eine fast zeitgleiche Entstehung dieser Bestände in napoleonischer Zeit um 1800 nahe. Möglicherweise haben die politischen Wirren der Säkularisierung und die kriegerischen Auseinandersetzungen zwischen Bayern und Franzosen und den aufständischen Tirolern (Schlachten am Berg Isel 1809) im Werdenfelser Land zu einer synchronen, großflächig wirkenden Waldzerstörung geführt oder aber aufgrund nachlassender Weide- und Mahdnutzung die Etablierung der Kiefer auf ehemals völlig entwaldeten Flächen gefördert.

Keine der in den Bayrischen Alpen erbohrten Kiefern war jünger als 130 Jahre, d. h. seit dem erneuten Aufleben der Hofjagd um 1860 ist in den untersuchten Beständen keine Kiefer mehr angekommen, der es gelungen wäre, in die Baumschicht einzuwachsen! Eine Gelegenheit zur erfolgreichen Verjüngung ergab sich für die Kiefer vermutlich letztmals nach der Revolution von 1848, als die Wilddichten vorübergehend deutlich zurückgingen (Abb. 16).

Die eigenen Ergebnisse stimmen auch in dieser Hinsicht wiederum weitgehend mit denen von RAUSCH (1981) überein; nur 16 % der 761 von ihm untersuchten Kiefern sind jünger als 130 Jahre, und seit 70 Jahren ist überhaupt keine Kiefer außerhalb von Zäunen mehr über eine Sproßlänge von 130 cm hinausgekommen!

Im Vergleich zu den bayerischen Kiefernwäldern sind die Bestände im Tiroler Oberinntal durchweg wesentlich jünger. Das Durchschnittsalter beträgt bei den untersuchten Beständen nur 64 bis 116 Jahre, und der älteste erbohrte Baum erreicht mit 133 Jahren gerade einmal das Mindestalter, das in den Randalpen überhaupt ermittelt werden konnte. Obwohl nur drei Bestände erbohrt wurden, dürfte das geringe Durchschnitts- und Maximalalter vermutlich für einen Großteil der Inntaler Schneehei-

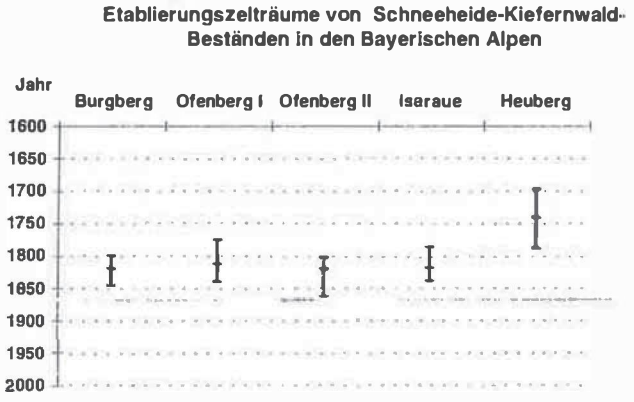


Abbildung 16

Zusammenhang zwischen der Altersstruktur von Beständen des Calamagrostio-Pinetum im Werdenfelser Land und dem erneuten Aufschwung der Hofjagd nach 1860.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

de-Kiefernwälder repräsentativ sein. Das wesentlich geringere Alter der Inntaler Bestände ist wohl insbesondere auf eine wesentlich intensivere Holznutzung in der Vergangenheit zurückzuführen. In Ermangelung besserer Waldbestände mußte der gesamte Holzbedarf der Gemeinden im recht dicht besiedelten Inntal im wesentlichen aus den zwar schwachwüchsigen, aber großflächigen Schneeheide-Kiefernwäldern gedeckt werden.

Das vollständige Fehlen alter Kiefern, die in den Randalpen leicht Maximalalter von über 400 Jahren ereichen können, und die geringe Altersspreitung innerhalb der Bestände deuten darauf hin, daß die Holznutzung überwiegend im Kahlschlagverfahren erfolgte. Das Kahlschlagverfahren hatte den Vorteil, daß sich die Kiefer auf den Kahlschlagflächen sehr freudig verjüngte und zu dichten, recht gleichaltrigen Beständen heranwuchs, sofern man nur das Weidevieh für eine gewisse Zeit fernhielt. Bei nicht wenigen Beständen dürfte es sich aber auch um Flächen handeln, die längerfristig als offene Lichtweide für das Kleinvieh genutzt wurden und sich erst im Verlauf der letzten rund 150 Jahre wieder mit Kiefern bestocken konnten. Hierauf deutete auch bereits der starke neuzeitliche Anstieg von *Pinus* in den Pollenprofilen aus dem Tiroler Inntal hin. Altes "Starkholz", sofern man in Anbetracht der geringen Wuchsleistung der Inntaler Bestände überhaupt davon sprechen kann, unterlag in Ermangelung anderer wüchsiger Holzarten sicher aber auch einem besonders intensiven selektiven Aushieb.

9.1.2 Bestandesstruktur

Anhand der Bestandesphysiognomie treten bemerkenswert deutliche Unterschiede zwischen mutmaßlichen Primär- und Sekundärbeständen zu Tage. Besonders deutlich kommt dies anhand der Bonität der Bestände zum Ausdruck. So bleibt die durchschnittliche Bestandesoberhöhe bei Primärbeständen auf trockenen Extremstandorten (Bestände Zams, Zirl, Burgberg, Ofenberg I und Isaraue) durchweg unter 10 m, und selbst Einzelbäume erreichen nicht mehr als maximal 12 m Höhe (Tab. 24). Dagegen werden von mutmaßlichen Sekundärbeständen (Reith, Ofenberg II und Heuberg) durchweg Durchschnitthöhen von 14 bis 17 m und Maximalhöhen 18 bis 21 m erreicht. Daß es sich dabei nicht um altersabhängige Höhenunterschiede handelt, sondern um einen Ausdruck der Standortsqualität, wird insbesondere anhand der Gleichaltrigkeit der Bestände Burgberg, Ofenberg I und II sowie des geringeren Alters des Bestandes Reith gegenüber dem Bestand Zirl deutlich. Aber auch die extrem geringe Höhenentwicklung (max. 5,5 m) des Bestandes Zams ist nicht in dessen vergleichweise geringem Alter begründet, sondern Ausdruck der besonders extremen standörtlichen Situation, die zur Folge hat, daß die Kiefer bereits ab 5 m das Höhenwachstum einstellt und wipfeldürr wird.

Die Höhenentwicklung der Kiefer ist somit bei Berücksichtigung des Alters ein sehr wertvoller Indikator sowohl zur Beurteilung der Standortqualität als auch des daraus resultierenden Natürlichkeitsgrades bzw. der dynamischen Stellung innerhalb von primären und sekundären Sukzessionen. Lediglich bei Waldkiefernbeständen, die auch im fortgeschrittenen Alter eine Maximalhöhe von 10 -12 m nicht übersteigen, ist nach den gemachten Erfahrungen davon auszugehen, daß es sich um wenig veränderliche Dauergesellschaften handelt! Dagegen besitzen Bestände mit durchschnittlichen bzw. maximalen Oberhöhen von deutlich über 15 bzw. 20 m in aller Regel bereits das standörtliche Potential für die Existenz anspruchsvollerer Baumarten wie Fichte, Tanne und Buche.

Interessanterweise kommt auch SCHEUERER (mündl.) bei mutmaßlich dauerhaften Primärbeständen bodensaurer Kiefernwälder des Dicrano-Pinion in Nordbayern im Bereich des Pfahls zu vergleichbaren durchschnittlichen bzw. maximalen Oberhöhen von 10 bis 12 m.

Eine deutliche Differenzierung in Primär- und Sekundärbestände ergibt sich auch anhand des Grundflächenmittelstamms, der ein Maß für die Durchmesserentwicklung der Bestände darstellt. So weisen erstere stets Werte von unter 20 cm auf, während letztere (Ofenberg II, Heuberg) deutlich über 30 cm liegen. Die noch vergleichsweise geringe Durchmesserentwicklung des Sekundärbestandes Reith ist wohl vor allem auf dessen geringes Alter und die sehr dichte Bestandesstruktur zurückzuführen. Der mutmaßliche Sekundärcharakter der Bestände Reith und Heuberg wird zusätzlich durch die Beteiligung von vitalen Mischbaumarten (40% Fichte bzw. 30% Fichte und Mehlbeere) deutlich unterstrichen.

In der Regel zeichnen sich die schwachwüchsigen Primärbestände auch durch eine deutlich höhere Stammzahl aus als wüchsigere, weiträumige Sekundärbestände. Eine Ausnahme von dieser Regel macht lediglich der Bestand Reith, der aufgrund seines geringen Alters und möglicherweise forstlicher Gründung gleichfalls eine sehr hohe Stammzahl aufweist. Angesichts der Tatsache, daß schwachwüchsige Primärbestände oft extreme Reliefpositionen einnehmen, kommt deren hoher Stammzahl aus landeskultureller Sicht (Schutzwaldfunktion) eine herausragende Bedeutung zu.

Den Beständen der randalpischen Hanglagen fehlt eine Strauchschicht aus Baumverjüngung und Sträuchern praktisch vollständig. Dagegen zeichnen sich die Bestände Zams, Zirl und Isaraue insbesondere in Lichtlücken durch mehr oder weniger reichlich nachdrängende strauchige Waldkiefern- bzw. Spirkenverjüngung aus. Beim Bestand Reith wird die strauchige Baumverjüngung ausschließlich von der Fichte gebildet, wodurch sich bereits eine mittelfristige Weiterentwicklung hin zu einem Fichten-dominierten Bestand abzeichnet. Die Ursachen für das vollständige Fehlen einer Strauchschicht in randal-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 24

Bestandesstrukturdaten von Schneeheide-Kiefernwäldern im Tiroler Oberinntal und in den Bayerischen Alpen, Bestandestypen siehe Tab. 23.

	Zams	Zirl	Reith	Burgberg	Ofenberg I	Ofenberg II	Heuberg	Isaraue
N (kie)	2120/2284	832/1040	748/867	850/1292	830/1046	340/467	220/287	1248
tot %	4	6	11	19	12	5	8	25
N (sonst.)	/	/	500/580 (fi)	40/61	/	13/18	95/124	/
tot %	/	/	7	/	/	/	20	/
n	720/776 (kie)	216/270(ki)	372/432 (fi)	/	/	/	/	632 (kie)
tot %	26	4	7	/	/	/	/	/
n (str.)	200/215	1280/1600	140/162	/	/	2	20/26	184
Dg (kie) cm	9	19,7	24,5	19,4	19	32	34	13
Dg (fi.) cm	/	/	11,8 (fi)	/	/	/	/	/
G (kie) m²	13/14	23/28	24,5	25/38	24/30	27/32	20/27	17
G (sonst.)	/	/	11,8 (fi)	/	/	/	/	/
Hmo m	4,5	8,5	14	8,5	9,1	16,7	15	6
Hmax m	5,5	11	18	11	12	21	18	8
Dt cm	(5 -19)	(9-32)	/	(7-29)	(8-40)	(12-49)	(20-45)	(8-22)

N: Stammzahl lebender Bäume > (130 cm) je ha (real/horizontal).
n: Baumjungwuchs (50-130 cm) je ha (real/horizontal).
n (str.): Sträucher (>50 cm) je ha. (real/horizontal).
Dg: Durchmesser Grundflächenmittelstamm.
G: Stammgrundfläche je ha (real/horizontal).
Hmo: mittlere obere Bestandeshöhe der Kiefer.
Hmax: größte gemessene Baumhöhe der Kiefer.
Dt cm: Durchmesserspanne der Bäume mit Altersbohrungen

pischen Hangbeständen soll im nachfolgenden Abschnitt genauer untersucht werden.

9.2 Verjüngungssituation

Zur Quantifizierung der Situation der Gehölzverjüngung erfolgte parallel zu den vegetationskundlichen Aufnahmen eine typenbezogene Analyse des Verjüngungsgeschehens. Dabei wurden nach verjüngungsrelevanten standörtlichen, vegetationskundlichen und strukturellen Merkmalen wie Höhe und Deckung der Bodenvegtation, Intensität der Vergrasung und Vermoosung sieben verschiedene Einheiten unterschieden.

9.2.1 Bäume

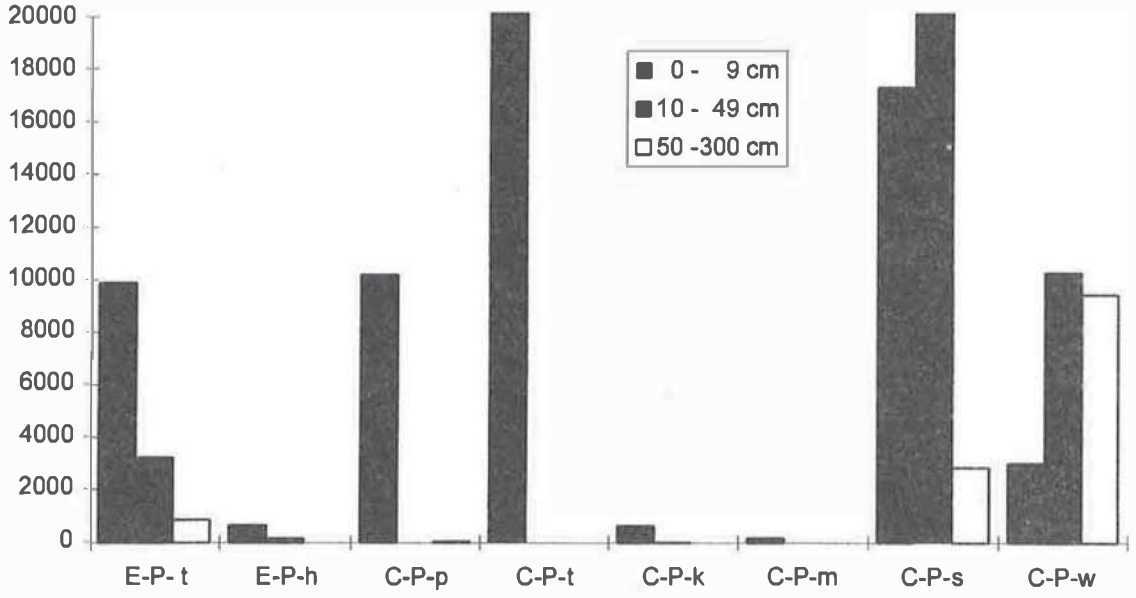
9.2.1.1 Kiefer

Bei der Kiefer ergibt sich hinsichtlich des Verjüngungsgeschehens ein sehr differenziertes Bild. Wie aus Abb. 17 hervorgeht, vermag die Kiefer sich in ausreichendem Maße nur in Kiefernwaldtypen zu etablieren, die sich durch eine lückige und niederwüchsige Bodenvegetation, geringmächtige oder wenig deckende Streuauflage und regelmäßig auftretende offene Bodenstellen auszeichnen. Hierzu zählen alle standörtlich extremen Ausbildungen des Erico-Pinetum (E-P-t) und Calamagrostio-Pinetum (C-P-p, C-P-t), Einheiten also, die bezeichnenderweise auch eine große Anzahl an konkurrenzschwachen Lückenpionieren aufweisen.

Reichlich ankommende Kiefernverjüngung ist aber auch in Auenbeständen (C-P-s, C-P-w) an der Isar zu finden, die bis vor kurzem regelmäßig beweidet wurden (Foto 17). Hier schuf die Beweidung durch ein Kurzhalten der Bodenvegetation und durch trittbedingte Bodenverwundungen trotz der relativ geschlossenen Bodenvegetation günstige Etablierungsbedingungen für die Kiefer. Dagegen ist in den dichten, fichtenreichen Beständen der Hochlagen des Oberinntals (E-P-h) und den von üppigen Hochgräsern dominierten Einheiten der Randalpen (C-P-k, C-P-m) praktisch keinerlei Kiefernverjüngung anzutreffen. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß die Kiefer als ausgesprochener Rohbodenkeimer in diesen Beständen infolge der flächigen Entwicklung von dichten, verdämmenden Streufilz- und Moosdecken keine adäquaten Ansamungsmöglichkeiten mehr findet. Die enge Korrelation zwischen dem Auftreten von offenen Bodenstellen und einer erfolgreichen Ansamung der Kiefer verdeutlicht nochmals (Abb. 18).

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt interessanterweise auch MICHIELS (1993) im Falle von *Pinus mugo* in der subalpinen Stufe. Auch die Latsche vermag sich nur in offenen Rasen erfolgreich anzusamen, nicht dagegen auf den von ihr selbst mitproduzierten Tangelhumusauflagen, wodurch eine generative Vermehrung innerhalb der Latschenbestände praktisch nicht stattfindet.
Als erstes Zwischenergebnis bleibt festzuhalten, daß sich die Kiefer in den moosreichen, mesophilen Beständen der Hochlagen des Tiroler Inntales und

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



E-P-t:	Erico-Pinetum, tiefmontane Höhenform, E.-P. globularietosum u. E.-P. typicum
E-P-h:	Erico-Pinetum, pyroletosum
C-P-p:	Calamagrostio-Pinetum primuletosum
C-P-t:	Calamagrostio-Pinetum teucrietosum
C-P-k:	Calamagrostio-Pinetum knautietosum
C-P-m:	Calamagrostio-Pinetum knautietosum, *Molinia*-Fazies
C-P-s:	Calamagrostio-Pinetum thesietosum (von Spirke-dominiert)
C-P-w:	Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum (von Waldkiefer-dominiert)

Abbildung 17

Verjüngung der Kiefer (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen; in Bestandestyp C-P-s überwiegt *Pinus uncinata/rotundata*, in C-P-w *Pinus sylvestris*; in den übrigen Bestandestypen kommt ausschließlich *Pinus sylvestris* vor).

in den hochgrasdominierten Einheiten der Randalpen infolge flächig entwickelter Streudecken von Natur aus heute nicht mehr zu verjüngen vermag. Im Falle der Randalpenbestände wiegt dieser Umstand besonders schwer, wenn man bedenkt, daß hochgrasdominierte Einheiten flächenmäßig bei weitem überwiegen. Zugleich wird aber auch deutlich, daß sich die Etablierung dieser Bestände unter Bedingungen vollzogen haben muß, die heute nicht mehr gegeben sind.

Betrachtet man nun die Größenklassen, in denen Kiefernjungwuchs auftritt (Abb. 17), so fällt auf, daß auch in den Hangbeständen der Randalpen, in denen die Kiefer erfolgreich anzusamen vermag (C-P-p, C-P-t), nur Individuen der Größenklasse bis 9 cm gefunden wurden. Demgegenüber sind in den tieferen Lagen des Inntals und den randalpischen Auen auch größere Individuen in teilweise recht großer Zahl anzutreffen. Bezeichnenderweise handelt es sich dabei um Lagen, die sich durch eine deutlich geringere Verbißbelastung auszeichnen.

Dagegen wird eine Weiterentwicklung der ankommenden Kiefernverjüngung in den Hanglagen der Randalpen auch in Beständen mit günstigen Etablierungsbedingungen derzeit offenbar vollständig durch Wildverbiß vereitelt. Unter Zugrundelegung der durchgeführten Altersanalysen der Bestände muß davon ausgegangen werden, daß die Kiefernverjüngung seit ca. 130 Jahren in den Hanglagen der Randalpen mit Ausnahme störungsintensiver Bereiche und Zäunungen großflächig am Wildverbiß scheitert!

Wie die Altersanalysen ergaben, fällt die Entstehung vieler Schneeheide-Kieferwald-Bestände in den Bayerischen Alpen bezeichnenderweise in eine Zeit, die sich durch eine sehr hohe Waldweidebelastung bei gleichzeitig geringem Verbißdruck durch Schalenwild auszeichnet. Die Waldweide schuf in der Vergangenheit durch ein Kurzhalten der Bodenvegetation und die trittbedingte Entstehung von Bodenverletzungen sehr günstige Keimungs- und Etablierungsbedingungen für die Kiefer. Hiervon zeugt u. a.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

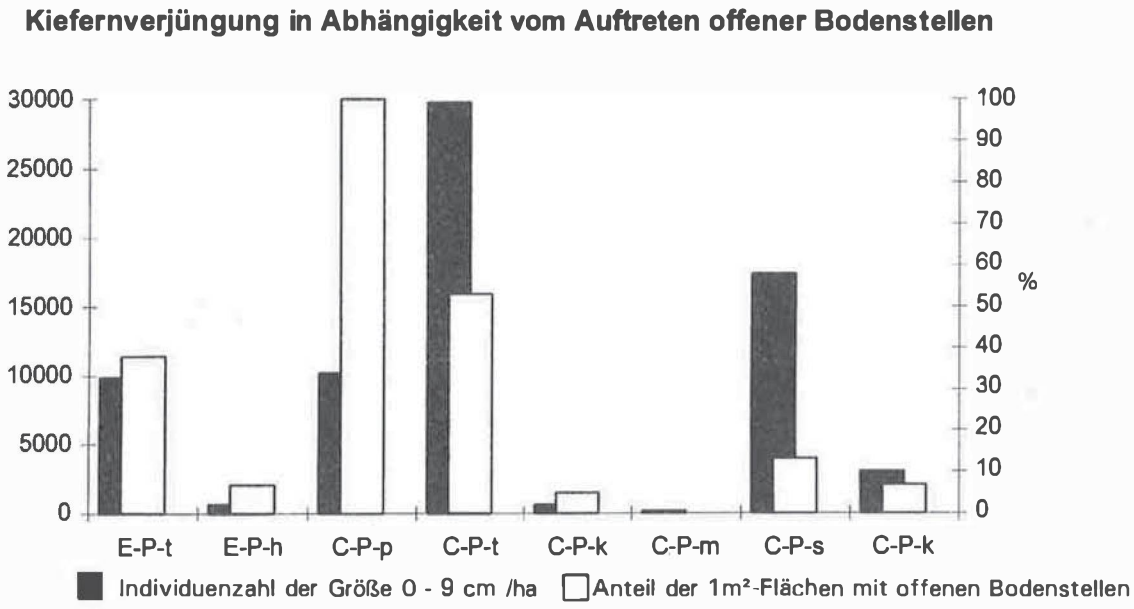


Abbildung 18

Bedeutung offener Bodenstellen für die Verjüngung der Kiefer (0-9 cm), (mittlere Individuenzahl je Hektar und Anteil der $1 m^2$-Flächen mit offenen Bodenstellen); Bestandestypen siehe Abb. 17.

die reiche Kiefernverjüngung in rezent noch beweideten Beständen. Nach weitgehender Einstellung der Beweidung und damit einsetzender Vergrasung und Streufilzdeckenbildung findet die Kiefer heute auf großer Fläche in den hochgrasdominierten Einheiten der Randalpen keine geeigneten Etablierungsbedingungen mehr. Die fehlende potentielle Verjüngungsfähigkeit von Kiefernbeständen ist in der Regel ein recht sicherer Indikator für deren Sekundärcharakter.

9.2.1.2 Fichte

Die Fichte spielt vornehmlich in den Hochlagenbeständen des Inntals sowie auf den Alluvionen der Randalpen eine größere Rolle im Verjüngungsgeschehen (Abb. 19). Dies äußert sich nicht nur in recht hohen Individuenzahlen, sondern auch im repräsentativen Auftreten in fast allen Größenklassen. Relativ günstige Ansamungsbedingungen findet *Picea abies* auch in den standörtlich extremen Ausbildungen der randalpischen Hangbestände, die sich durch das Auftreten zahlreicher offener Bodenstellen auszeichnen (C-P-p, C-P-t), wo eine Weiterentwicklung aber offensichtlich an der Standortungunst scheitert. Dagegen fehlt Fichtenverjüngung fast vollständig in den Subassoziationen der tieferen Lagen des Tiroler Inntales, was vor allem auf deren trockene standörtliche Bedingungen zurückzuführen ist.

Erstaunlich ist aber, daß die Fichte auch in den hochgrasdominierten Beständen der Randalpen fast vollständig (C-P-k, C-P-m) fehlt; dies umso mehr, als deren vergleichsweise mesophile Standortbedingungen ihr eigentlich zusagen müßten. Offenbar wird aber auch die Fichte hier durch dichte Streudecken und die starke Wurzelkonkurrenz der Gräser bei der Etablierung massiv beeinträchtigt.

9.2.1.3 Mehlbeere

Bei der Mehlbeere ergibt sich im Vergleich zur Fichte ein genau entgegengesetztes Bild des Verjüngungsgeschehens (Abb. 20); sie fehlt fast vollständig in den Hochlagenbeständen des Inntales und in den Alluvialbeständen der Randalpen. Vergleichsweise schwach ist sie auch am Verjüngungsgeschehen in den Tieflagenbeständen des Inntales, in den Felskiefernwäldern und in der *Molinia*-Fazies der randalpischen Hochgraskiefernwälder beteiligt. Während in den ersten beiden Bestandestypen dies vor allem auf die standörtliche Ungunst zurückzuführen ist, sind es in der *Molinia*-Fazies wiederum die extrem ungünstigen Etablierungsbedingungen (mächtige Streudecken, massive Wurzelkonkurrenz).

Zu maximaler Massenentfaltung gelangt die Mehlbeere dagegen in der Subassoziation mit *Teucrium montanum* (C-P-t) und den nicht von *Molinia* dominierten Hochgraskiefernwäldern (C-P-k) der randalpischen Hanglagen. Die Tatsache, daß *Sorbus aria* in der zuletztgenannten Einheit auch vermehrt mit Sproßlängen bis 49 cm auftritt ist neben günstigeren standörtlichen Voraussetzungen wohl auch darauf zurückzuführen, daß sie für längere Zeit unter dem Hochgrasbestand einen gewissen individuellen Verbißschutz genießt.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

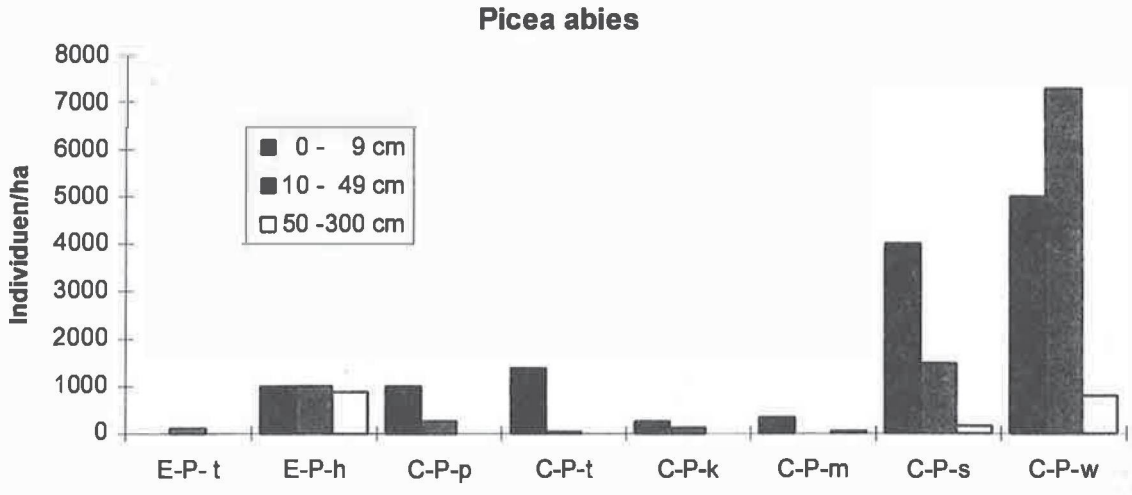


Abbildung 19

Verjüngung der Fichte (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen); Bestandestypen siehe Abb. 17

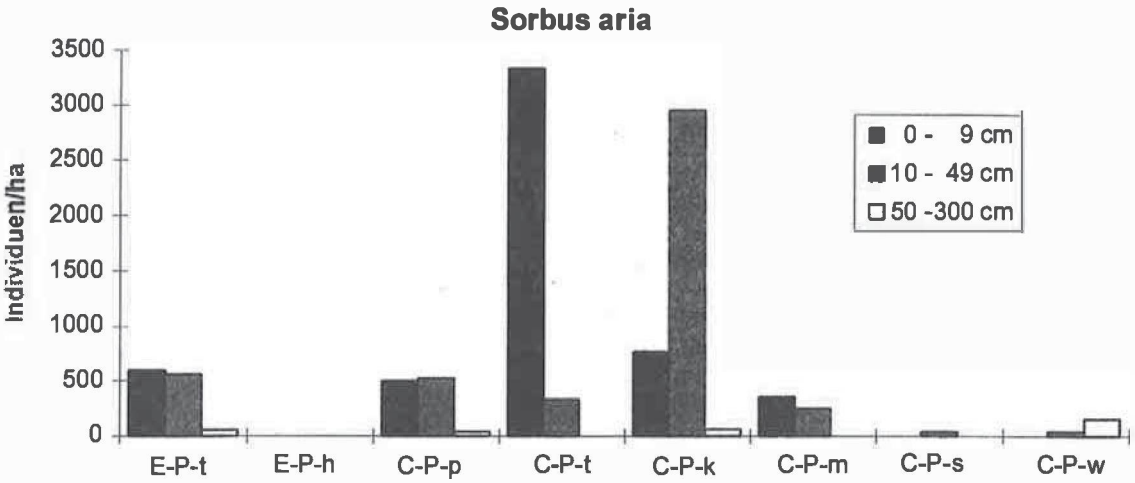


Abbildung 20

Verjüngung der Mehlbeere (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen); Bestandestypen siehe Abb. 17

Größere Individuen fehlen, wie bei anderen Baumarten, aber auch bei der Mehlbeere im Bereich der Randalpen fast vollständig. Die Tatsache, daß sich die Mehlbeere auch unter verjüngungshemmenden Hochgräsern und bei starkem Verbiß mit erstaunlicher Zähigkeit zu behaupten vermag, ist vor allem auf ihr hohes Regenerationsvermögen (Stockausschläge) und eine ausgeprägte Fähigkeit zur Wurzelbrut (vegetative Vermehrung) zurückzuführen. Die Mehlbeere ist dadurch im Gegensatz etwa zur Fichte in weniger starkem Maße abhängig von erfolgreicher generativer Vermehrung.

9.2.1.4 Bergahorn und Rotbuche

Bergahorn und Rotbuche spielen nur in den Beständen der feuchteren Randalpen eine größere Rolle im Verjüngungsgeschehen (Abb. 21). Beide Arten sind dabei insbesondere auf den frischeren Standorten der Subassoziation mit *Knautia dipsacifolia* und deren *Molinia*-Fazies (C-P-k, C-P-m) vermehrt anzutreffen. Daneben ist die Rotbuche auch in der frischeren, humusreichen Subassoziation mit *Vaccinium vitis-idaea* (C-P.w) der Flußauen zu finden. Während der Bergahorn mit seinen zahlreichen windverbreiteten Samen nahezu allgegenwärtig ist, wird das Auftreten der schwerfrüchtigen Rotbuche in hohem Maße bestimmt von der Nähe samentragender Altbäume.

9.2.2 Sträucher

Hinsichtlich des Arten- und Individuenreichtums an Sträuchern heben sich die Bestände des Erico-Pinetum in den tieferen Lagen des Tiroler Inntals deutlich von allen übrigen Bestandestypen im Untersuchungsgebiet ab (Abb. 22). Während die mittleren Individuendichten an Sträuchern in den Tieflagen des Inntals bei annähernd 10.000/ha liegen, wird in den Randalpen allenfalls ein Drittel dieses Wertes

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

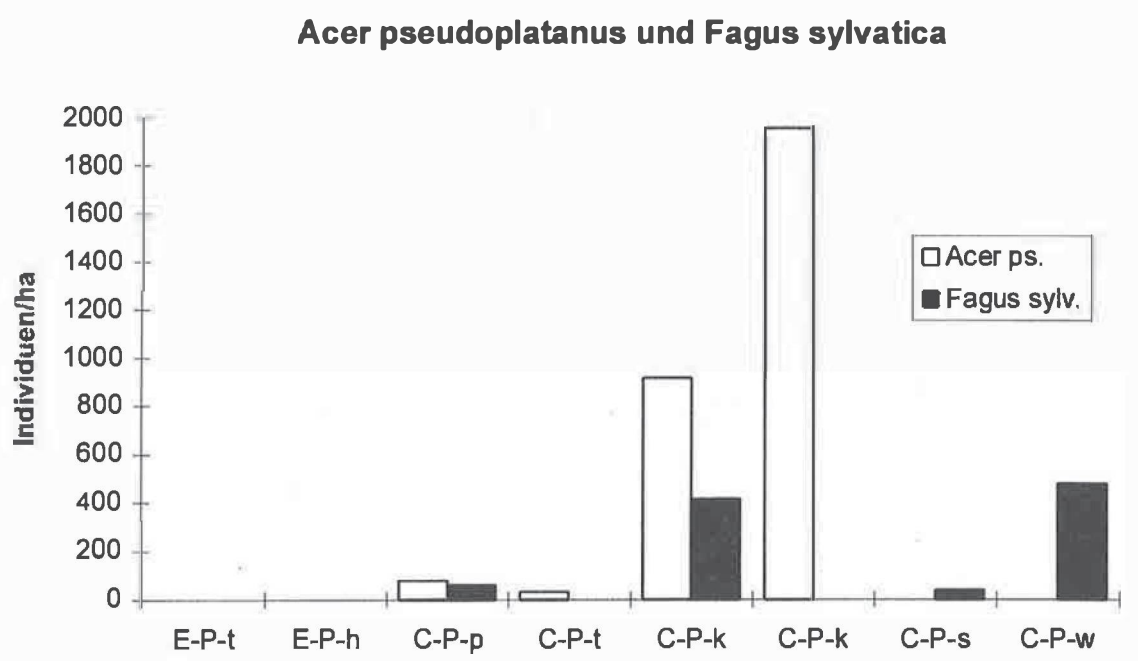


Abbildung 21

Verjüngung von Bergahorn und Rotbuche (mittlere Individuenzahl je Hektar); Bestandestypen siehe Abb. 17

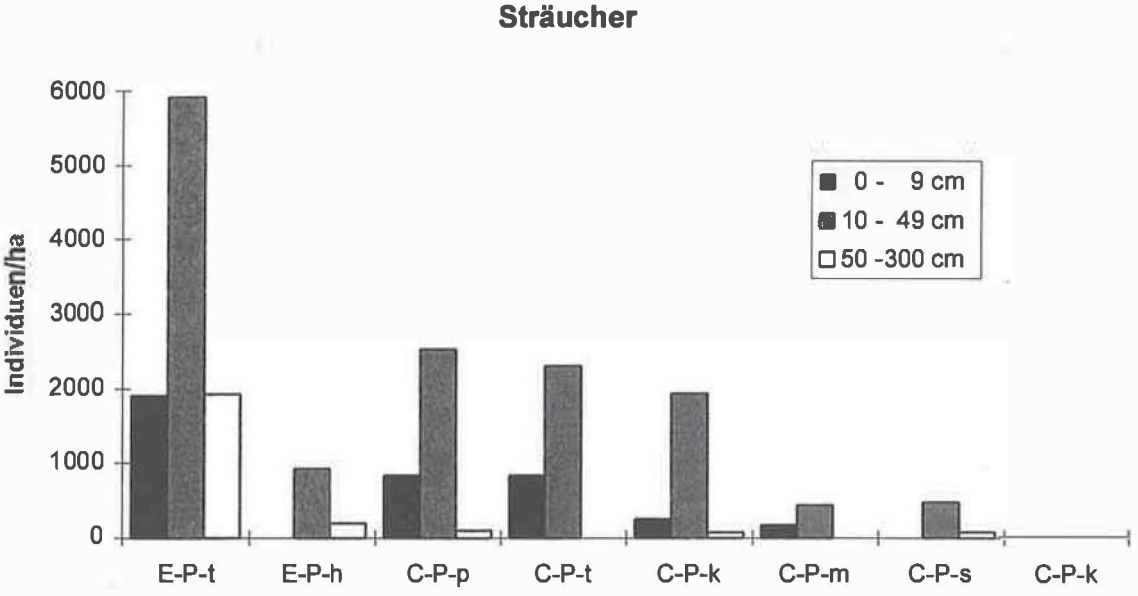


Abbildung 22

Sträucher (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen); Bestandestypen siehe Abb. 17

erreicht. Gleichzeitig kann von der Ausbildung einer Strauchschicht im engeren Sinne in den Randalpen keine Rede sein, da die Sträucher im Gegensatz zum Tiroler Inntal kaum je Sproßlängen von mehr als 50 cm ereichen.

9.2.2.1 Felsenbirne

Häufigste und am weitesten verbreitete Stauchart der Erico-Pinion-Wälder des Untersuchungsgebietes ist die Felsenbirne (Abb. 23). Vollständig gemieden werden von dieser Art nur die ebenen Auenlagen der Randalpen (C-P-s, C-P-k) und die dichten Hochlagenbestände des Tiroler Inntales (E-P-h), was wohl vor allem auf das ausgesprochene Wärmebedürfnis der Art zurückzuführen ist. Relativ selten ist die Felsenbirne auch in der extrem verjüngungsfeindlichen *Molinia*-Fazies des Buntreitgras-Kiefernwaldes (C-P-m).

In allen anderen Bestandestypen ist *Amelanchier ovalis* sowohl im Inntal als auch in den Randalpen mit sehr hohen Individuendichten vertreten, wie sie von sonst kaum einer Strauchart erreicht werden. Während in den Randalpen kaum je Individuen mit Sproßlängen von über 50 cm anzutreffen waren,

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

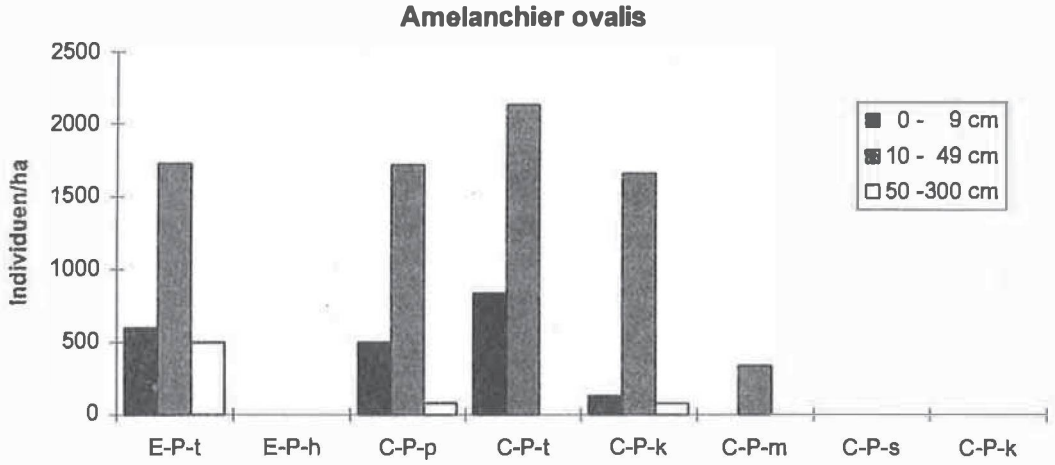


Abbildung 23

Amelanchier ovalis (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen); Bestandestypen siehe Abb. 17

wurden im Inntal verbreitet vollentwickelte Individuen von bis zu 3 m Höhe gefunden. In den Randalpen sind ausgewachsene Exemplare der Felsenbirne, wie auch aller übrigen Sträucher, fast nur auf überhängenden Felsschrofen, innerhalb von Zäunen oder in störungsintensiven Bereichen (z.B. Straßennähe) zu finden - ein erneuter Hinweis auf die starke Verbißbelastung der randalpischen Hanglagen. Ähnlich wie die Mehlbeere verfügt auch die Felsenbirne über ein hohes Regenerationsvermögen und die Fähigkeit zur Wurzelbrut, was es ihr ermöglicht, auch unter starkem Verbißdruck und die generative Vermehrung hemmenden Hochgräsern auszuharren.

9.2.2.2 Wacholder

Der Wacholder ist fast ausschließlich in den Kiefernwäldern des Tiroler Inntales (E-P-t, E-P-h) und den jüngeren Auenbeständen (C-P-s) der Randalpen anzutreffen (Abb. 24). Den übrigen Bestandestypen, insbesondere denen der randalpischen Hanglagen, fehlt die Art dagegen fast vollständig. Einzelne Exemplare sind lediglich auf unzugänglichen Felsschrofen oder als überalterte, baumförmige Individuen wie etwa im Friedergries und am Ofenberg bei Griesen anzutreffen. Diese Befunde deuten darauf hin, daß das großflächige Fehlen des Wacholders in den Randalpen gleichfalls eine Folge des massiven Wildverbisses ist!

Das häufige Auftreten in den Beständen des Tiroler Inntales und teilweise auch der randalpischen Auen ist offensichtlich eine Folge der früher weitverbreiteten Waldweide mit Ziegen und Schafen. Der Wacholder profitierte als Weideunkraut deutlich von der Verbißselektion und den früher erheblich lichteren Bestandesstrukturen. Auffällig ist, daß Individuen der Größenklasse bis 9 cm auch dort wo *Juniperus communis* in der Strauchschicht noch häufig anzutreffen ist, heute praktisch vollständig fehlen. Die Licht- und Verjüngungsbedingungen sind nach Einstellung der Beweidung und verstärktem Bestandesschluß heute offenbar nicht mehr optimal. Dies gilt insbesondere für die dichten Hochlagenbestände des Inntales, die sich durch eine große Zahl absterbender Individuen auszeichnen. Einen fast vollständigen Ausfall der Verjüngung von *Juniperus communis* im Rahmen der Sukzession von Sandkiefernwäldern (Peucedano-Pinetum), die aus aufgelassenem Kulturland hervorgegangen sind, konnte auch FALINSKI (1986) in Nordost-Polen nachweisen.

9.2.2.3 Weitere thermophile Sträucher

Neben der allgemein verbreiteten, auch in den Hangbeständen der Randalpen sehr häufigen Felsenbirne sind weitere thermophile Sträucher in größerer Zahl fast ausschließlich in den Kiefernwäldern der tieferen Lagen des Tiroler Inntales (E-P-t) anzutreffen. So fehlen insbesondere Felsenkreuzdorn, Wolliger Schneeball und Berberitze (Abb. 25), aber auch Liguster, Rote Heckenkirsche und Hasel in den untersuchten Beständen der Randalpen fast vollständig oder treten nur lokal nennenswert in Erscheinung. Neben klimatischen Faktoren (Wärmegenuß) dürfte für das Ausdünnen bzw. den Totalausfall vieler thermophiler Sträucher in den Randalpen wohl wiederum der starke Wildverbiß von maßgeblicher Bedeutung sein. Dies wird sehr deutlich, wenn man störungsintensive Bereiche oder Zäunungsflächen betrachtet, die sich - insbesondere bei vorausgegangener Weidenutzung - durch eine sehr üppige Entwicklung der Strauchvegetation auszeichnen (Foto 28).

Als wesentliches Resultat der waldkundlichen Untersuchungen bleibt festzuhalten daß,

- die Kiefer in vielen Sekundärbeständen heute nicht mehr regenerationsfähig ist,
- die Dynamik der Gehölzvegetation in den bayerischen Schneeheide-Kiefernwäldern seit rund 130 Jahren maßgeblich durch den Wildverbiß gesteuert wird.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

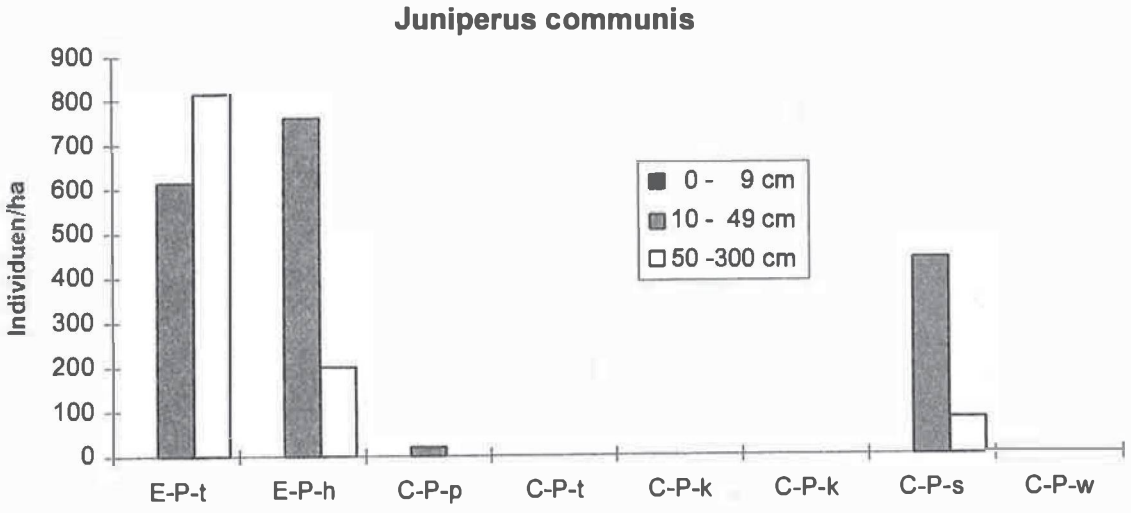


Abbildung 24

Juniperus communis (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen), Bestandestypen siehe Abb. 17

Während die Verjüngung speziell der Kiefer durch die Nutzungen der Vergangenheit (Waldweide) in hohem Maße begünstigt wurde, scheitert die Gehölzregeneration seit dem Aufbau überhöhter Schalenwildbestände ab 1860 fast vollständig am Wildverbiß. Verschärft wird diese Situation zusätzlich durch eine zunehmende Vergrasung seit der großflächigen Einstellung der Waldweide, wodurch nicht nur die natürliche Verjüngung der Kiefer von vornherein zum Scheitern verurteilt ist, sondern auch die Etablierungsmöglichkeiten aller übrigen Gehölzarten in hohem Maße beeinträchtigt werden.

In den sekundären Hochlagenbeständen des Inntals (Erico-Pinetum pyroletosum) und auf reifen Standorten der randalpischen Auen (Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum) ist derzeit bereits ein Abbau durch die Fichte zu erkennen, welcher sowohl anhand der Bestandesstruktur als auch anhand des Verjüngungsgeschehens zum Ausdruck kommt. Dagegen scheitert ein Abbau von Sekundärbeständen in Hanglagen der Randalpen (Calamagrostio-Pinetum knautietosum), in denen sich die Kiefer nicht mehr auf natürlichem Wege zu regenerieren vermag, derzeit weitgehend am Wildverbiß.

Mit Ausnahme der teilweise extrem verjüngungsfeindlichen *Molinia*-Fazies des Buntreitgras-Kiefernwaldes ist aber mehr oder weniger reichlich Verjüngungspotential, insbesondere von *Amelanchier ovalis* und *Sorbus aria,* vorhanden. Sofern es diesen Arten gelänge, eine stärker schattende Strauchschicht aufzubauen und damit die üppigen Hochgräser in Bedrängnis zu bringen, würden sich auch die Etablierungsmöglichkeiten für die Schlußbaumarten des Bergmischwaldes wie Fichte, Tanne und Buche deutlich verbessern, die derzeit in der Regel erst sehr spärlich in diesen Beständen vertreten sind.

10. Schlußdiskussion

10.1 Konsequenzen und Grundprinzipien der natürlichen Dynamik von Schneeheide-Kiefernwäldern

In den vorausgegangenen Kapiteln konnte gezeigt werden, daß Schneeheide-Kiefernwälder ohne den Einfluß des Menschen in den Bayerischen Alpen von Natur aus nur recht bescheidene Flächen im Bereich thermisch begünstigter edaphischer Extremstandorte und morphodynamischer Aktivitätszonen einnehmen würden. Unter dem Einfluß der menschlichen Nutzung konnten sie seit dem Hochmittelalter einen beträchtlichen Flächenzuwachs verbuchen. Nach der großflächigen Einstellung der Nutzungen spätestens nach dem Zweiten Weltkrieg unterliegen diese sekundären Bestände potentiell einer Weiterentwicklung hin zu Waldgesellschaften der Ordnung Fagetalia. Tatsächlich erfolgt aber heute selbst auf Standorten, die bereits das Potential für klimaxnahe Schlußwaldgesellschaften besitzen, nur eine sehr zögerliche oder überhaupt keine Weiterentwicklung. Dies gilt insbesondere für die Hanglagen der Bayerischen Alpen, wo eine Sukzession derzeit großflächig am Wildverbiß scheitert, gleichzeitig nach Einstellung von Waldweide und Streunutzung aber auch keine Regeneration der Kiefer selbst mehr stattfinden kann (starke Vergrasung). Unter der Annahme, daß es sich beim derzeitigen Ausmaß des Wildverbisses um eine natürliche Einflußgröße handelt, könnte man die hochgrasdominierten Sekundärbestände der Randalpen daher im Sinne von KIMMINS (1982) geradezu als "Bio-Klimax" bezeichnen.

Ähnliches gilt beispielsweise auch für die recht ausgedehnten Erico-Pinion-Kiefernwälder auf den Dolomit-Knocks der nördlichen Frankenalb im

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

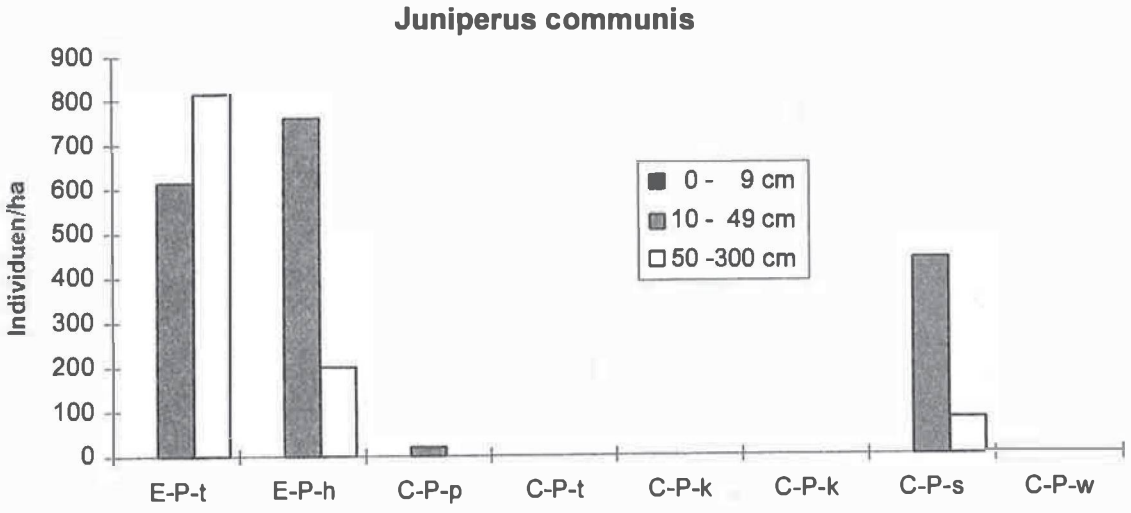


Abbildung 24

Juniperus communis (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen), Bestandestypen siehe Abb. 17

Während die Verjüngung speziell der Kiefer durch die Nutzungen der Vergangenheit (Waldweide) in hohem Maße begünstigt wurde, scheitert die Gehölzregeneration seit dem Aufbau überhöhter Schalenwildbestände ab 1860 fast vollständig am Wildverbiß. Verschärft wird diese Situation zusätzlich durch eine zunehmende Vergrasung seit der großflächigen Einstellung der Waldweide, wodurch nicht nur die natürliche Verjüngung der Kiefer von vornherein zum Scheitern verurteilt ist, sondern auch die Etablierungsmöglichkeiten aller übrigen Gehölzarten in hohem Maße beeinträchtigt werden.

In den sekundären Hochlagenbeständen des Inntals (Erico-Pinetum pyroletosum) und auf reifen Standorten der randalpischen Auen (Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum) ist derzeit bereits ein Abbau durch die Fichte zu erkennen, welcher sowohl anhand der Bestandesstruktur als auch anhand des Verjüngungsgeschehens zum Ausdruck kommt. Dagegen scheitert ein Abbau von Sekundärbeständen in Hanglagen der Randalpen (Calamagrostio-Pinetum knautietosum), in denen sich die Kiefer nicht mehr auf natürlichem Wege zu regenerieren vermag, derzeit weitgehend am Wildverbiß.

Mit Ausnahme der teilweise extrem verjüngungsfeindlichen *Molinia*-Fazies des Buntreitgras-Kiefernwaldes ist aber mehr oder weniger reichlich Verjüngungspotential, insbesondere von *Amelanchier ovalis* und *Sorbus aria,* vorhanden. Sofern es diesen Arten gelänge, eine stärker schattende Strauchschicht aufzubauen und damit die üppigen Hochgräser in Bedrängnis zu bringen, würden sich auch die Etablierungsmöglichkeiten für die Schlußbaumarten des Bergmischwaldes wie Fichte, Tanne und Buche deutlich verbessern, die derzeit in der Regel erst sehr spärlich in diesen Beständen vertreten sind.

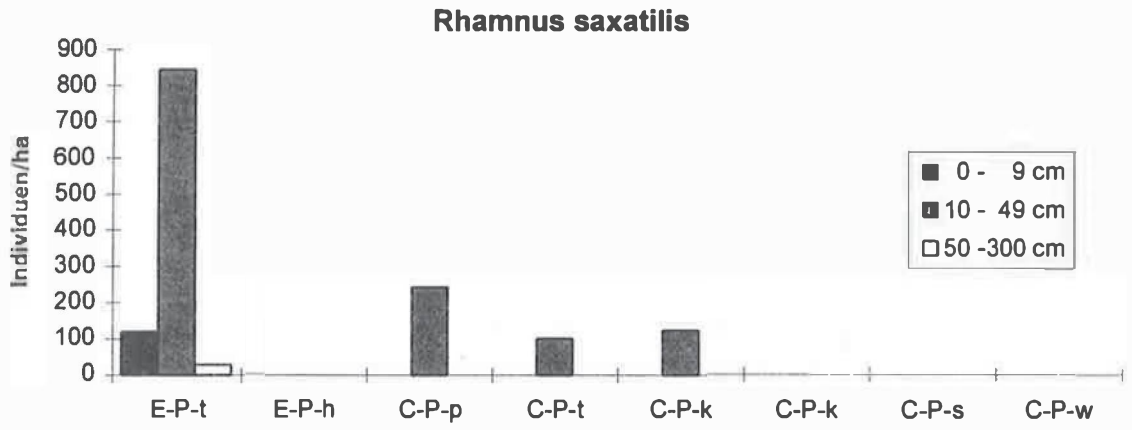
10. Schlußdiskussion

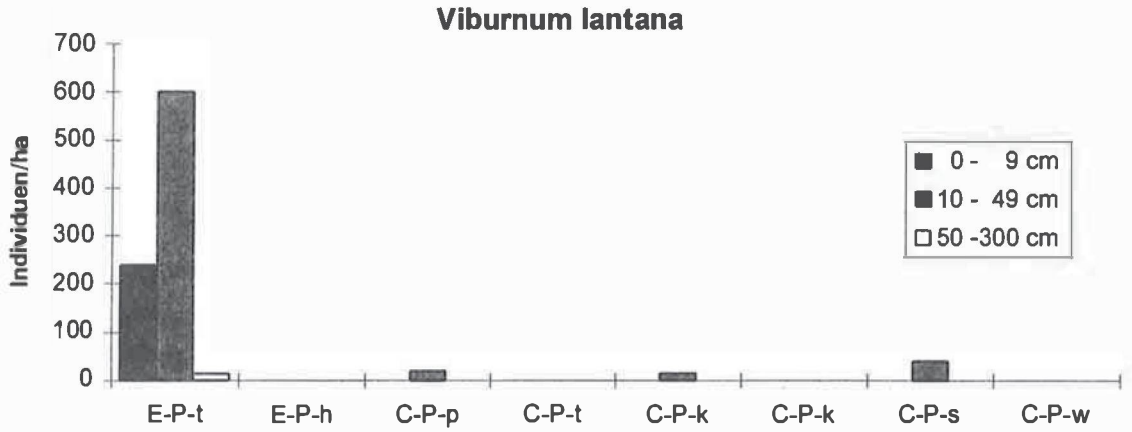
10.1 Konsequenzen und Grundprinzipien der natürlichen Dynamik von Schneeheide-Kiefernwäldern

In den vorausgegangenen Kapiteln konnte gezeigt werden, daß Schneeheide-Kiefernwälder ohne den Einfluß des Menschen in den Bayerischen Alpen von Natur aus nur recht bescheidene Flächen im Bereich thermisch begünstigter edaphischer Extremstandorte und morphodynamischer Aktivitätszonen einnehmen würden. Unter dem Einfluß der menschlichen Nutzung konnten sie seit dem Hochmittelalter einen beträchtlichen Flächenzuwachs verbuchen. Nach der großflächigen Einstellung der Nutzungen spätestens nach dem Zweiten Weltkrieg unterliegen diese sekundären Bestände potentiell einer Weiterentwicklung hin zu Waldgesellschaften der Ordnung Fagetalia. Tatsächlich erfolgt aber heute selbst auf Standorten, die bereits das Potential für klimaxnahe Schlußwaldgesellschaften besitzen, nur eine sehr zögerliche oder überhaupt keine Weiterentwicklung. Dies gilt insbesondere für die Hanglagen der Bayerischen Alpen, wo eine Sukzession derzeit großflächig am Wildverbiß scheitert, gleichzeitig nach Einstellung von Waldweide und Streunutzung aber auch keine Regeneration der Kiefer selbst mehr stattfinden kann (starke Vergrasung). Unter der Annahme, daß es sich beim derzeitigen Ausmaß des Wildverbisses um eine natürliche Einflußgröße handelt, könnte man die hochgrasdominierten Sekundärbestände der Randalpen daher im Sinne von KIMMINS (1982) geradezu als "Bio-Klimax" bezeichnen.

Ähnliches gilt beispielsweise auch für die recht ausgedehnten Erico-Pinion-Kiefernwälder auf den Dolomit-Knocks der nördlichen Frankenalb im

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)





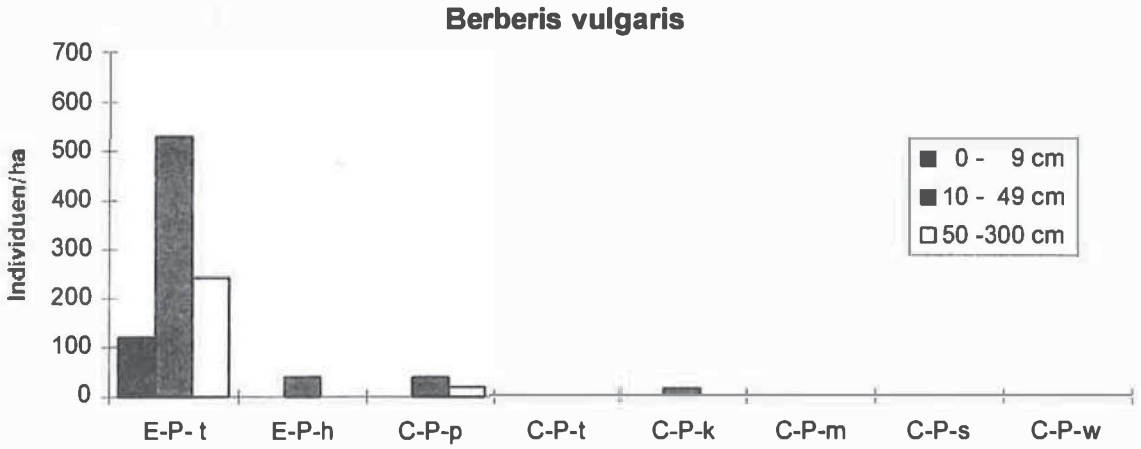


Abbildung 25

Rhamnus saxatilis, Viburnum lantana, Berberis vulgaris (mittlere Individuenzahl je Hektar, getrennt nach Größenklassen), Bestandestypen siehe Abb. 17

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Raum Neuhaus-Velden. Diese Bestände hätten sich nach Einstellung der Beweidung längst zu Cephalanthero-Fagenion-Gesellschaften weiterentwikkelt, wenn nicht die Verjüngung der Rotbuche fast vollständig am Verbiß durch Rehwild scheitern würde (HEMP 1994).

Auch die dynamischen Primärbestände im Bereich morphodynamischer Aktivitätszonen unterliegen nach Einstellung sukzessionshemmender Nutzungen einer rascheren Entwicklung hin zu klimaxnäheren Dauergesellschaften. Im Gegensatz zu den randalpischen Hangwäldern vermögen sich hierbei - aufgrund der meist geringeren Verbißbelastung (Auen)-gehölze in stärkerem Maße an der Sukzession zu beteiligen, wodurch ein Abbau der Erico-Pinion-Gesellschaften oft besonders rasch vonstatten geht.

Zugleich werden durch eine starke anthropogene Eindämmung der morphodynamischen Aktivität, insbesondere im alluvialen Bereich, in Zukunft kaum noch primäre Rohbodenstandorte entstehen, auf denen sich Schneeheide-Kiefernwälder regenerieren könnten. Langfristig betrachtet bedeutet dies vor allem für die besonders stark regulierten Laufabschnitte von Isar und Lech im Alpenvorland in letzter Konsequenz ein vollständiges Verschwinden von Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen in Folge fortschreitender natürlicher Sukzession, sofern diese Bestände nicht durch gezielte sukzessionshemmende Pflegemaßnahmen in ihrem heutigen Zustand erhalten werden. Darüber dürfen auch die heute noch recht ausgedehnten Bestände an der Isar im Bereich der Ascholdinger und Pupplinger Au nicht hinwegtäuschen. Beträchtliche Flächenverluste sind während der letzten Jahrzehnte bereits am Lech südlich Augsburg zu verzeichnen (MÜLLER 1991), während sich die Situation an der Isar zwischen dem Sylvensteinspeicher und Wolfratshausen aufgrund des geringeren Alters und der insgesamt extremeren Substratverhältnisse noch wesentlich günstiger gestaltet. Gleichwohl machen sich aber auch hier bereits deutliche Umbautendenzen bemerkbar, insbesondere in den ausgedehnten ehemaligen lichten Streunutzungskiefernwäldern der nördlichen Pupplinger Au.

Mittel- und langfristig ist in Folge reduzierter Morphodynamik und Einstellung traditioneller Nutzungen mit beträchtlichen Flächenverlusten im gesamten südbayerischen Areal der Schneeheide-Kiefernwälder zu rechnen, die bis zum vollständigen Erlöschen lokaler Vorkommen führen können.

Bestandeskonservierend wirkt in den Hanglagen der Bayerischen Alpen aktuell vor allem der Wildverbiß, der die Weiterentwicklung von Sekundärbeständen zu Gesellschaften der Fagetalia fast vollständig unterbindet. Sofern der Wildverbiß als maßgeblicher sukzessionshemmender Faktor auch in Zukunft mit gleicher oder ähnlicher Intensität fortbestehen wird, können langfristig regressive Entwicklungen eintreten. Angesichts des hohen potentiellen Lebensalters und der bemerkenswert guten Vitalität der Kiefernbestände ist mit akuten Bestandeszusammenbrüchen allerdings erst in mehreren hundert Jahren zu rechnen (RAUSCH 1981).

Auch in zahlreichen Sekundärbeständen des Tiroler Oberinntals vollzieht sich derzeit ein Umbau zu klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften (Foto 27). Angesichts der flächenmäßigen Überrepräsentanz von Schneeheide-Kiefernwäldern und der fast vollständigen Zerstörung von Schlußwaldgesellschaften der Fagetalia in der Vergangenheit ist diese Entwicklung unumschränkt zu begrüßen. Sie wird sich aber zunächst auf die günstigsten Standorte beschränken und setzt eine langfristig sehr schonende Bewirtschaftung voraus, da in den meisten Sekundärbeständen in der Regel bereits eine fortgesetzte Kahlschlagwirtschaft genügt, um die Kiefern dauerhaft an der Herrschaft zu halten.

Während sich die quantitativen Verluste an Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen im Untersuchungsgebiet bisher in engen Grenzen halten, haben sich spätestens nach der großflächigen Einstellung der traditionellen Nutzungsformen seit den 50er Jahren bereits erhebliche qualitative Veränderungen in der Artenzusammensetzung vollzogen, die sich in Zukunft eher noch verstärken werden. Davon in besonderem Maße betroffen sind Bestände, die in der Vergangenheit einer stärkeren Nutzungsüberformung unterlagen. Die floristischen Veränderungen nach Nutzungsaufgabe (insbesondere Waldweide) lassen sich für die randalpischen Bestände wie folgt charakterisieren:

- Vorübergehende Zunahme und Vitalitätssteigerung weide- und trittempfindlicher Stauden wie *Anthericum ramosum*, *Laserpitium siler*, *Linum viscosum* und *Gladiolus palustris* in sehr lichten Bereichen und Bestandeslücken.
- Langfristige und dauerhafte starke Massenentfaltung weide- und trittempfindlicher Hochgräser wie *Calamagrostis varia*, *Molinia caerulea* agg. und *Brachypodium rupestre*.
- Rückgang weide- und trittoleranter Matrixarten wie *Carex humilis*, *Sesleria varia* und *Carex sempervirens* sowie ausgesprochener Weidezeiger wie *Briza media* und *Plantago media*.
- Kurz- bis mittelfristiger Totalausfall kleinwüchsiger, konkurrenzschwacher Lückenbüßer wie *Teucrium montanum*, *Coronilla vaginalis*, *Thesium rostratum*, *Leontodon incanus*, *Dorycnium germanicum*, *Daphne cneorum*.
- Zunahme anspruchsvoller hochschaftiger Mesophyten und Laubwaldarten wie *Knautia dipsacifolia*, *Origanum vulgare*, *Cephalanthera rubra*, *Salvia glutinosa*, *Laserpitium latifolium*.

Der geschilderte Prozeß entspricht weitgehend dem einer Verbrachung, wie sie verbreitet auch in Kalkmagerrasen angetroffen werden kann (z.B. HAGEN 1993). Die floristischen Veränderungen innerhalb der Bestände spiegeln gleichzeitig eine deutliche Verbesserung der Bodeneigenschaften durch

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

verstärkte Humusakkumulation wider (Self mulching).

Sofern eine Entwicklung der Gehölze in Folge starken Wildverbisses scheitert, bleibt die Sukzession in diesem von Hochgräsern dominierten "Verbrachungsstadium" stecken. Bei einer frühzeitigen, vitalen Beteiligung von Gehölzen vollzieht sich der Umbau dagegen wesentlich rascher und nachhaltiger, wobei zunächst vor allem Sträucher und Halbbäume zu starker Entfaltung gelangen, unter deren Schutz sich schließlich die Schlußbaumarten und die entsprechende Waldbegleitflora einstellen. Unter dem Schattenwurf der Gehölze unterliegen alle ausgesprochen heliophilen Arten und auch die Hochgräser einer raschen Verdrängung.

Im Bereich der Bayerischen Alpen spielen derartige Gehölzsukzessionen derzeit fast nur im Auenbereich eine größere Rolle, in den stärker verbißbeeinflußten Hanglagen sind sie dagegen allenfalls innerhalb von Zäunungen (Foto 28) oder im Bereich besonders störungsintensiver Zonen zu beobachten. Erfolgt eine Ausbreitung der Gehölze nicht bereits in den frühen Phasen der Verbrachung, so bilden die sich entwickelnden Hochgrasfluren mit ihren flächigen Streudecken in der Folge ein erhebliches Etablierungshindernis und tragen neben dem Wildverbiß zu einer längerfristigen Konservierung der Kiefernbestände bei (Foto 16 und 26).

Im Tiroler Inntal spielen in Sekundärbeständen Gehölzsukzessionen eine wesentlich größere Rolle als in den Hanglagen der Randalpen. Während in den tieferen Lagen vor allem Laubsträucher wie die vergleichsweise hochwüchsige und stark schattende Hasel (Foto 27) den Abbau von Schneeheide-Kiefernwäldern einleiten, ist es in höheren Lagen vornehmlich die Fichte. Bei der Verdrängung von xerothermophilen Lückenbesiedlern aus der Bodenvegetation spielen hier neben der Schneeheide (Aufbau von mächtigen Trockenmoderlagen) selbst vor allem Sauerhumusmoose eine größere Rolle, während Gräser im Gegensatz zu den Randalpen nur in höheren Lagen quantitativ stärker in den Vordergrund treten. Bei einer Auflichtung der Bestandesstruktur kann es hier aber oft auch wieder sehr rasch zu regressiven Entwicklungen kommen.

Generell betrachtet vollzieht sich derzeit in den nordalpischen Schneeheide-Kiefernwäldern ein Umbau hin zu mesophileren Vegetationsstrukturen, der insbesondere mit einem deutlichen Rückgang kleinwüchsiger, konkurrenzschwacher Lückenbesiedler und ausgesprochen heliophiler Arten verbunden ist. Derartige Umbautendenzen sind momentan auch in zahlreichen anderen Waldtypen Mitteleuropas zu beobachten, so z.B. in bodensauren Kiefern- und Eichenwäldern, thermophilen Eichenwäldern und durch Mittelwaldwirtschaft geprägten Eichen-Hainbuchenwäldern. Sie sind zumeist auf ein verändertes Bewirtschaftungsregime bzw. die Einstellung traditioneller Nutzungen zurückzuführen (vgl. z.B. ELLENBERG 1986, FALINSKI 1986).

Im Zuge der oben beschriebenen primären und sekundären Sukzessionen entfernen sich die Schneeheide-Kiefernwälder floristisch, strukturell und ökologisch immer stärker von den Offenlandökosystemen, mit denen sie in Kontakt stehen bzw. aus denen sie hervorgegangen sind und nähern sich den jeweiligen Schlußwaldgesellschaften an. Dieser ausgesprochen dynamische, zwischen Offenlandökosystemen und klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften vermittelnde Charakter ist nicht nur den Schneeheide-Kiefernwäldern des Alpenraumes zu eigen, sondern der Mehrzahl der nordhemisphärischen, von Arten der Gattung *Pinus* dominierten Wälder.

So vermitteln die von *Pinus mugo* gebildeten Latschengebüsche der Alpen etageal zwischen subalpinen Fichtenwäldern und alpinen Rasengesellschaften. Durch menschliche Rodungstätigkeit im Rahmen der Almnutzung konnten Latschengebüsche sich auf Kosten subalpiner Fichtenwälder erheblich ausdehnen und leiten heute, gerade in den Randalpen besonders großflächig, die Wiederbewaldung ehemaliger Almflächen ein (MICHIELS 1993). Von Natur aus wären sie auf einen vergleichsweise schmalen Übergangsbereich zwischen den subalpinen Fichtenwäldern und alpinen Rasen (KRAL 1979) sowie nicht oder nur bedingt waldfähige edaphische Extremstandorte in der subalpinen Stufe beschränkt. Analog zu den Schneeheide-Kiefernwäldern lassen sich auch unter den subalpinen Latschengebüschen relativ unreife Typen, die noch eine größere Menge an Arten der Rasen, aus denen sie hervorgegangen sind, enthalten, von reiferen Typen unterscheiden, die bereits eine große floristische Nähe zu subalpinen Fichtenwäldern aufweisen (STORCH 1983, FRANKL 1989, MICHIELS 1993, EGGENSBERGER 1993).

In ganz ähnlicher Weise vermitteln in den Zentralalpen von *Pinus cembra* aufgebaute Zirbenwälder zwischen subalpinen Fichtenwäldern und Alpenrosen-Zwergstrauchheiden, wobei sich beide Vegetationstypen in ihrer floristischen Struktur so sehr ähneln, daß man die Zirbenwälder in der Vergangenheit pflanzensoziologisch nur als Subassoziation (Vaccinio-Rhododendretum cembretosum) von den Alpenrosen-Zwergstrauchheiden abgetrennt hat (BRAUN-BLANQUET et al. 1954).

Eine vergleichbare Rolle spielen Kiefernwälder des Dicrano-Pinion in den diluvialen Sandgebieten Nordosteuropas, wo sie auf großer Fläche die Wiederbewaldung von Sandrasen oder aufgegebenem Kulturland einleiten. Da diese pionierhaften Sand-Kiefernwälder immer noch eine ganze Reihe von Sukzessionsrelikten der Offenlandökosysteme enthalten, aus denen sie hervorgegangen sind, werden sie gerne, aber durchaus mißverständlich, als "Steppenkiefernwälder" bezeichnet und gaben sogar zur Aufstellung einer eigenen Waldklasse (Pulsatillo-Pinetea) Anlaß (zuletzt z.B. OBERDORFER 1992). Letztlich handelt es sich bei diesen "Steppenkiefernwäldern", wie man sie heute noch großflächig in Ostpolen, Rußland und der Ukraine findet (vgl. z.B.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

MATUSKIEWICZ 1962), überwiegend um recht kurzlebige Durchgangsstadien sekundärer und seltener auch primärer (z. B. Küstendünen der Ostsee, Sandprallhänge großer Flüsse) Sukzessionen, die nur durch andauernde Nutzungen und Störungen wie Kahlschlag, Waldweide, Streunutzung und Brände langfristig und großflächig erhalten werden.

In dem von FALINSKI et al. (1993) exakt dokumentierten Beispiel der natürlichen Wiederbewaldung ehemaliger Ackerflächen in Nordostpolen erfolgte eine Ablösung der Kiefer durch die Fichte bereits nach 120 Jahren, wodurch gleichzeitig die kiefernwaldspezifischen Pyrolaceen (z. B. *Chimaphilla umbellata*) und heliophilen Steppenelemente (z. B. *Pulsatilla patens*) weitgehend verschwanden. Auch bei den wenigen "Steppenkiefernwäldern" (Pyrolo-Pinetum) Süddeutschlands auf den Flugsanden der nördlichen Oberrheinebene (Schwetzingen, Darmstadt, Mainz) und Niederbayerns (Abensberg) handelt es sich durchweg um junge Aufforstungen oder Kiefernanflüge auf ehemaligem Kultur- oder Ödland. Die vielfach beklagte Verarmung dieser Bestände an spezifischen, seltenen Arten (OBERDORFER 1992) ist letztlich eine Folge des Ausbleibens sukzessionshemmender, standortdegradierender Nutzungen und der damit einhergehenden Weiterentwicklung zu Eichen- oder gar Buchenwaldgesellschaften.

Erweitert man den Blick auf die boreale Zone, so wird deutlich, daß auch dort die Mehrzahl der Kiefernwälder in ihrer Existenz eng gebunden sind an natürliche (Waldbrände, Kalamitäten) oder anthropogene (Kahlschlag) Katastrophenereignisse. Als Paradebeispiel hierfür kann die nordamerikanische *Pinus banksiana* angeführt werden, die eine besonders enge Bindung an Waldbrandflächen zeigt und damit geradezu als Pyrophyt eingestuft werden kann (KIMMINS 1987). In der borealen Zone Nordeuropas zeigt *Pinus sylvestris* bei großflächigem Auftreten gleichfalls eine enge Bindung an natürliche oder anthropogene Waldzerstörungsflächen und wird bei Ausbleiben derartiger Störungen von der konkurrenzkräftigeren Fichte fast vollständig auf edaphische Extremstandorte abgedrängt (KIELAND-LUND 1967, 1981).

KIMMINS (1987) spricht in diesem Zusammenhang von "disturbance driven ecosystems", Ökosystemen also, die ihre Existenz einer regelmäßigen Zerstörung ihrer selbst oder anderer (reiferer) Systeme verdanken. Ist eine derartige, regelmäßige Störung nicht gegeben, so werden fast alle Arten der Gattung *Pinus* an die Trocken-, Nässe- und Kältegrenze des Waldes abgedrängt. Dies gilt, von wenigen Ausnahmen abgesehen, nicht nur im mitteleuropäischen sondern fast im globalen Maßstab. Trotz ihrer in hohem Maße voneinander abweichenden floristischen Struktur und standörtlichen Bindung zeigen Kiefernwälder somit selbst bei großräumiger Betrachtung erstaunliche gemeinsame Wesenszüge hinsichtlich Dynamik und Ökologie (KLÖTZLI 1975).

Im gemäßigten Klima Mitteleuropas vermögen Kiefern eine Pionierrolle nach Waldzerstörung nur auf Standorten einzunehmen, die sich durch eine gewissse primärstandörtliche Ungunst auszeichnen, auf denen sich die zonalen Schlußbaumarten also nicht oder nur sehr bedingt direkt regenerieren können. So ist die bedeutende Rolle, die die Bergkiefer heute bei der Wiederbewaldung ehemaliger Almflächen in der subalpinen Stufe spielt, vor allem darauf zurückzuführen, daß die Fichte in dieser Höhenlage bereits an ihre thermische Grenze stößt und somit eine Regeneration infolge verminderter Vitalität und Fertilität bereits erhebliche Schwierigkeiten bereitet und auf vielen Standorten überhaupt nur über sehr lange Zeiträume hinweg gelingt (MICHIELS 1993).

In ganz ähnlicher Weise konzentrieren sich in der montanen Stufe Sekundärbestände von Schneeheide-Kiefernwäldern auf trockene Grenzstandorte des Bergmischwaldes, wo eine Regeneration der ursprünglichen Waldvegetation aus der Freiflächensituation gleichfalls oft nur unter Zwischenschaltung eines Kiefernwaldstadiums gelingt. Entsprechendes gilt auch für die trockenen und nährstoffarmen Sandstandorte des Tieflandes.

Auf günstigeren Standorten vermögen sich die Schlußbaumarten dagegen größtenteils auch direkt aus der Freiflächensituation heraus zu regenerieren (FISCHER et al. 1990, MICHIELS 1993).

10.2 Bedeutung von Schneeheide-Kiefernwäldern für Naturschutz und Landschaftspflege

Aus forstwirtschaftlicher Sicht haben Schneeheide-Kiefernwälder im bayerischen Alpenraum in Anbetracht ihrer geringen Produktivität und flächenmäßig recht bescheidenen Verbreitung praktisch keinerlei ökonomische Bedeutung mehr. Im Vordergrund stehen heute eindeutig Naturschutz-, Schutzwald- und stellenweise auch Erholungsfunktion. Die hohe Wertigkeit, die Schneeheide-Kiefernwäldern von naturschutzfachlicher Seite aus zugesprochen wird, kommt u. a. dadurch zum Ausdruck, daß sie als eine der wenigen Waldgesellschaften Bayerns nach Artikel 6d des Bayerischen Naturschutzgesetzes einem strengen gesetzlichen Schutz unterliegen. Die Mehrzahl der Bestände liegt zudem innerhalb von Naturschutzgebieten, wobei außerhalb der Auen eine Ausweisung zumeist nicht gezielt, sondern eher zufällig im Rahmen der Einrichtung von Großnaturschutzgebieten wie Ammergebirge, Karwendel oder östliche Chiemgauer Alpen erfolgte.

Gleichzeitig sind fast alle Bestände der Hanglagen der Bayerischen Alpen aber auch nach dem Bayerischen Waldgesetz als Schutzwälder (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 1990) ausgewiesen, wobei in vielen Forsteinrichtungen ein vordringlicher Sanierungsbedarf angezeigt wird. Daraus resultiert ein nicht unerhebliches Kon-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

fliktpotential, worauf im Nachfolgenden noch einzugehen sein wird.

Die besondere Wertigkeit von Schneeheide-Kiefernwäldern aus Sicht des Naturschutzes ist u.a. in folgenden Tatsachen begründet:

- Schneeheide-Kiefernwälder zählen in Bayern zu den *seltenen* Waldgesellschaften, die im wesentlichen nur in den Alpen und im Alpenvorland auftreten; bayern- und deutschlandweit gehören sie zu den großflächigsten Trockenwaldökosystemen überhaupt.
- Schneeheide-Kiefernwälder bilden mit anderen seltenen Biotoptypen wie Kalkmagerrasen, Kalkquellsümpfen, Schuttfluren etc. sehr spezifische Komplexlebensräume aus, die hinsichtlich Vollständigkeit und Erhaltungszustand der darin enthaltenen Ökotone außerhalb der Alpen in Mitteleuropa kaum noch eine Entsprechung finden.
- Schneeheide-Kiefernwälder beherbergen zahlreiche sehr spezifische, oft reliktische Arten, die fast nur in diesem Vegetationstyp vorkommen, sowie weitere überregional seltene und gefährdete Sippen, die hier oft sehr naturnahe Überdauerungszentren besitzen.
- Schneeheide-Kiefernwälder haben eine herausragende Bedeutung als durchgängige Vernetzungsstrukturen für den vertikalen und horizontalen Florenaustausch, insbesondere für konkurrenzschwache, heliophile Sippen.
- Schneeheide-Kiefernwälder sind lebende modellhafte Zeugnisse der spät- und postglazialen Vegetationsentwicklung, anhand derer sich die dynamischen Prozesse der nacheiszeitlichen Wiederbewaldung auch heute noch nachvollziehen lassen.
- Schneeheide-Kiefernwälder bieten noch zahlreiche Anschauungsbeispiele für historische, vorindustrielle Waldnutzungsformen (Weide- und Streunutzungswälder), die Vegetationsstrukturen und Landschaftsbilder erzeugten, welche außerhalb der Alpen fast nirgends mehr zu finden sind (vgl. z.B. POTT & HÜPPE 1991).

Der naturschutzfachliche Wert speziell der bayerischen Schneeheide-Kiefernwälder wird, wie sich anhand dieser Studie ergibt, noch erheblich dadurch gesteigert, daß es sich dabei um einen spezifisch randalpischen Typus handelt, der sich ökologisch, floristisch und in seiner Komplexbildung mit anderen Vegetationstypen deutlich von den großflächigen zentralalpischen Vorkommen im benachbarten Tiroler Oberinntal unterscheidet. Hinsichtlich floristischer Ausstattung, Flächenausdehnung, Komplexbildung und Erhaltungszustand finden die bayerischen Vorkommen im gesamten Raum der nördlichen Randalpen keine Entsprechung; dies gilt insbesondere auch für die flächenmäßig sehr bedeutsamen Alluvialbestände. Für den Erhalt dieses, in seiner spezifischen Form nur hier realisierten Teils des europäischen Naturerbes trägt Bayern daher eine besondere Verantwortung.

Aufgrund ihrer vergleichsweise bescheidenen Flächenausdehnung und des ausgesprochen dynamischen Charakters der Mehrzahl der Bestände, welcher aus einer engen Bindung an morphodynamische Aktivität und extensive traditionelle Nutzungen resultiert, müssen die Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe der Bayerischen Alpen in ihrer heutigen wertbestimmenden Form mittel- bis langfristig als hochgradig gefährdet angesehen werden.

Im Gegensatz dazu ist bei den großflächigen Beständen des Erico-Pinetum im Tiroler Inntal derzeit keine Gefährdung erkennbar. Vielmehr scheint es dort eher erstrebenswert, daß klimaxnahe Schlußwaldgesellschaften, die heute nurmehr in Resten anzutreffen sind, an Raum zurückgewinnen. Als hochgradig gefährdet müssen aber die Trockenrasen-Kontaktgesellschaften des Inntaler Erico-Pinetum betrachtet werden, vor allem der in stärkerem Maße nutzungsabhängige Pfriemengras-Trockenrasen mit seinem reichen Bestand an seltenen xerothermen Arten.

10.2.1 Bedeutung der bayerischen Schneeheide-Kiefernwälder für den floristischen Artenschutz

Mit über 60 Arten der Bayerischen Roten Liste (SCHÖNFELDER 1986) sind die Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe der Bayerischen Alpen von herausragender Bedeutung für den floristischen Artenschutz (Tab. 25). Dabei gilt es aber anzumerken, daß in dieser Aufzählung auch zahlreiche Arten enthalten sind (z.B. *Gentiana clusii*, *Thesium alpinum*, *Primula auricula*), die bezogen auf den Alpenraum bisher kaum als gefährdet angesehen werden können. Andererseits fehlen in der Roten Liste bisher einige Arten wie etwa *Carex ericetorum*, *Coronilla vaginalis*, *Rhamnus saxatilis* oder auch *Festuca amethystina* und *Asperula tinctoria*, bei denen man bereits kurz- bzw. zumindest mittelbis längerfristig von einer Gefährdung ausgehen muß.

Überregional seltene oder gefährdete Arten der Bayerischen Roten Liste verteilen sich keineswegs gleichmäßig über die verschiedenen Kiefernwaldtypen und deren innere und äußere Kontaktgesellschaften. Vielmehr wird anhand von Tab. 26 deutlich, daß sich die Mehrzahl der gefährdeten Arten in hohem Maße auf jüngere Sukzessionsstadien und extremere standörtliche Ausbildungen, lichte Weidewälder und insbesondere offene Kalkmagerrasen (Lückenrasen) innerhalb oder am Rande der Bestände konzentriert. Dagegen sind in den flächenmäßig vielfach dominierenden Hochgrasbeständen kaum überregional gefährdete Arten zu finden. Auffallend viele gefährdete Arten enthalten auch die Kalkquellsümpfe (Primulo-Schoenetum).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 25

Arten der Roten Liste Bayerns (SCHÖNFELDER 1986) in Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen der Bayerischen Alpen.

Art	R L-Status	Art	R L-Status
Aethionema saxatile	2	*Gladiolus palustris*	2
Allium carinatum	3	*Goodyera repens*	3
Allium suaveolens	3	*Gymnadenia odoratissima*	3
Antennaria dioica	3	*Herminium monorchis*	2
Aster amellus	3	*Hieracium bupleuroides*	P
Blysnus compressus	3	*Hieracium glaucum*	P
Calamagrostis pseudophragmites	2	*Laserpitium prutenicum*	2
Carex baldensis	P	*Lilium bulbiferum*	2
Carex davalliana	3	*Linum viscosum*	3
Carex hostiana	3	*Ophrys insectifera*	3
Carlina acaulis	P	*Orchis militaris*	3
Cephalanthera longifolia	3	*Orchis ustulata*	3
Chondrilla chondrilloides	2	*Pinguicula vulgaris*	3
Cirsium tuberosum	3	*Pinguicula alpina*	3
Coronilla coronata	3	*Plantago maritima ssp. serpentina*	P
Coronilla emerus	P	*Potentilla micrantha*	2
Cyclamen purpurascens	3	*Potentilla pusilla*	3
Daphne cneorum	3	*Primula auricula*	3
Dorycnium germanicum	3	*Primula farinosa*	3
Drosera anglica	3	*Sagina nodosa*	2
Epipactis palustris	3	*Saponaria ocymoides*	0
Equisetum variegatum	3	*Saxifraga mutata*	2
Erigeron acer ssp. angulosum	3	*Schoenus nigricans*	3
Eriophorum latifolium	3	*Scorzonera humilis*	3
Galium truniacum	1	*Selaginella selaginoides*	3
Gentiana asclepiadea	3	*Tetragonolobus maritimus*	3
Gentiana clusii	3	*Thalictrum minus*	3
Gentiana cruciata	3	*Thesium alpinum*	3
Gentiana pneumonanthe	3	*Thesium rostratum*	3
Gentiana utriculosa	3	*Tolpis staticifolia*	3
Gentiana verna	3	*Viola rupestris*	3
Gentiana aspera	3		

Von überregionaler Bedeutung sind die reichen Vorkommen der Erico-Pinion-Kennarten *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Daphne cneorum*, *Dorycnium germanicum*, *Leontodon incanus*, *Rhamnus saxatilis*, *Festuca amethystina*, *Gymnadenia odoratissima*, *Asperula tinctoria* sowie der submediterranen *Coronilla emerus*, die bayernweit in Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen ihren eindeutigen Verbreitungsschwerpunkt haben. Während sich die vier zuletzt genannten Arten auch in reiferen (hochgrasreichen) standörtlichen Ausbildungen zu halten vermögen, handelt es sich bei den übrigen Arten um kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lückenbesiedler, die eine enge Bindung an offene Lückenrasen, lichte Weidewälder, junge Sukzessionsstadien und extreme standörtliche Ausbildungen mit lückiger, niederwüchsiger Bodenvegetation zeigen. Ähnliches gilt auch für *Carex baldensis* und *Plantago serpentina*, die im Raum Griesen westlich Garmisch-Partenkirchen bzw. in den Isarauen zwischen Scharnitz und Wallgau innerhalb von Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen ihre einzigen deutschen Vorkommen haben.

Weitere Arten der Roten Liste wie *Linum viscosum*, *Gladiolus palustris* und *Laserpitium prutenicum* meiden aufgrund ihres ausgesprochenen Lichtbedürfnisses das Bestandesinnere von Schneeheide-Kiefernwäldern praktisch vollständig und sind fast ausschließlich in offenen Lückenrasen zu finden. In großflächig hochgrasdominierten Beständen konzentriert sich oft fast der gesamte Bestand an seltenen und gefährdeten Arten auf offene, überschirmungsfreie Lückenrasen, die sich im Regelfall durch eine deutlich weniger ausgeprägte Vergrasungstendenz auszeichnen. Die Bedeutung von Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen für den floristischen Artenschutz ist dementsprechend oft in hohem Maße abhängig von der Anreicherung mit offenen Lückenrasen, da sich die Bestandesinnenbereiche der reiferen und mesophileren Ausbildungen in der Regel durch einen vergleichsweise trivialen Artenbestand auszeichnen. Generell besonders

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 26

Verteilung von seltenen und gefährdeten Arten auf verschiedene Typen des Buntreitgras-Kiefernwaldes und dessen Kalkmagerrasen-Kontaktgesellschaften.

Art	R. L. Status	Rasen	C.-P. dryadet.	C.-P. primulet.		C.-P. knautiet.
Gladiolus palustris	2	XXX				
Linum viscosum	3	XXX				
Laserpitium prutenic.	2	XXX				
Coronilla coronata	3	XXX				
Aster amellus	3	XXX				
Cirsium tuberosum	3	XXX				
Allium carinatum	3	XXX				
Scorzonera humilis	3	XXX				X
Tetragonolobus marit.	3	XXX				
Carex ericetorum	-		XXX			
Viola rupestris	3		XXX			
Gentiana utriculosa	3	XXX	XXX		XX	
Carex baldensis	P	XXX	XX	X	XX	
Thesium rostratum	3	XXX	XXX	X	XX	X
Coronilla vaginalis	-	XXX	XX	XX	XXX	
Daphne cneorum	3	X			XXX	
Leontodon incanus		XXX	XXX	XXX	XXX	X
Dorycnium german.	3	XXX	XXX	X	XXX	
Rhamnus saxatilis	-	XXX	X	XX	XX	X
Gymnadenia odorat.	3	XXX			XX	XX
Festuca amethystina	-	XXX			XXX	XXX
Asperula tinctoria	-	XXX		X	XXX	XXX
Coronilla emerus	P			XX	XX	XXX

reich an gefährdeten Arten sind die wenigen, derzeit noch extensiv mit Rindern beweideten Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe der Auen und der warmen Hangfußbereiche im Werdenfelser Land.

Hinsichtlich ihrer Bedeutung für den floristischen Artenschutz bestehen zwischen den einzelnen Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen nicht nur standörtlich sondern auch räumlich beträchtliche qualitative Unterschiede. Bestände mit einem herausragenden Reichtum an seltenen und gefährdeten Sippen, wie z.B. der Ofenberg bei Griesen, stehen solchen gegenüber, denen derartige Arten fast vollständig fehlen. Bei schutzkonzeptionellen Überlegungen gilt es, diese beträchtlichen lokalen und regionalen qualitativen Unterschiede zu berücksichtigen.

Mittel- und langfristig ist unter den gefährdeten Arten gerade bei den ausgesprochen heliophilen Sippen, kleinwüchsigen Lückenbesiedlern und Rohbodenpionieren infolge fortschreitender Sukzession und Nutzungsaufgabe mit erheblichen Bestandeseinbrüchen zu rechnen. So sind die meisten dieser Arten in jüngerer Zeit bereits fast vollständig aus den Schneeheide-Kiefernwäldern südlich Augsburg verschwunden und dort nurmehr im Bereich gepflegter Kalkmagerrasen zu finden (MÜLLER 1991), während sie noch Ende der 50er Jahre mit hoher Stetigkeit in den Vegetationsaufnahmen von BRESINSKY (1959) vertreten waren. Die im Bereich der Bayerischen Alpen derzeit noch recht reichen Vorkommen dieser Arten dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, daß sie auch hier langfristig einem deutlichen Rückgang unterliegen werden. So zählen beispielsweise Arten wie *Thesium rostratum* und *Coronilla vaginalis* im Bereich des Saalachtales südlich Bad Reichenhall bereits heute zu den ausgesprochenen Seltenheiten und verfügen nur noch über wenige vitale Populationen.

Besonders schwerwiegend ist dabei auch die Tatsache zu werten, daß infolge wasserbaulicher Maßnahmen im Alluvialbereich in Zukunft keine jungen Rohbodenstandorte mehr neu entstehen werden, die diesen Arten besonders günstige Existenzbedingungen bieten. Zugleich werden die heute noch recht ausgedehnten jungen Sukzessionsstadien mit zunehmender Vegetationsentwicklung und Nutzungsaufgabe allmählich ihre standörtliche Eignung für viele gefährdete Arten verlieren. Auf den edaphisch extremen Standorten der Auen (junge Grobschotter) wird sich eine derartige Entwicklung allerdings über relativ lange Zeiträume erstrecken, kann sich auf günstigeren (feinerdereicheren) Standorten aber auch relativ rasch vollziehen.

In den Hanglagen sind die kleinwüchsigen Lückenbesiedler und ausgesprochen heliophilen Sippen vor allem durch zunehmende Vergrasung infolge Nut-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

zungsaufgabe und forstliche Maßnahmen im Rahmen der Schutzwaldsanierung, die auf Bestandesverdichtung abzielen und zur Aufforstung von Lückenrasen führen, in hohem Maße gefährdet.

Potentiell von besonderer Brisanz sind die geschilderten Entwicklungen für Arten, die sich durch eine besonders stark ausgeprägte Konkurrenzschwäche und Ausbreitungsuntüchtigkeit auszeichnen und/ oder nur über wenige, streng lokalisierte Wuchsorte verfügen. Einige dieser Arten, bei denen es aus diesen Gründen bereits relativ kurzfristig zu dramatischen Bestandeseinbrüchen kommen könnte, sollen daher im Nachfolgenden hinsichtlich Verbreitung und Gefährdungssituation einer genaueren Betrachtung unterzogen werden.

Gladiolus palustris

Die seltene Sumpfgladiole konnte während der Untersuchungen in überraschend individuenreichen Beständen in mehreren Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen der Bayerischen Alpen nachgewiesen werden, wobei es sich teilweise um Vorkommen handelt, die bisher nicht bekannt waren bzw. als verschollen galten (SCHÖNFELDER & BRESINSKY 1990).

Im Tiroler Oberinntal fehlt die Art vollständig. Im übrigen Tirol gibt es nur ein einziges Vorkommen auf der Nordseite des Karwendels oberhalb von Innsbruck in 1.290 -1.410 m N.N. im Bereich der sogenannten Herzwiese, bei der es sich bezeichnenderweise um eine von Pfeifengras dominierte, ehemalige Waldbrandfläche handelt (GRABHERR, W. 1936 u. GRABHERR, G. mündl.). Besonders reiche Vorkommen sind in den Bayerischen Alpen im Loisachtal am Ofenberg bei Griesen, am Heuberg bei Oberau und am Auer Berg zwischen Oberau und Eschenlohe sowie am Fahrenberg oberhalb Walchensee zu finden. Im Raum Bad Reichenhall-Berchtesgaden wurde die Art nur auf den Ettenberger Buckelwiesen und im Bereich der unterhalb angrenzenden Hammerstielwand angetroffen. Neben den Vorkommen im Isarmündungsgebiet (Sammerner Heide), am Lech südlich Augsburg (Königsbrunner Heide, MÜLLER 1991), im Umfeld des Forggensees bei Füssen (STEINGEN 1988), südlich Andechs (Meßnerbichl) und in der Magnetsrieder Hardt (QUINGER mündl.) zählen diese Vorkommen zu den letzten größeren Populationen dieser Art in Bayern. Alle übrigen Vorkommen in Südbayern sind sehr klein und bestehen oft nur noch aus wenigen Individuen. Innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder bleibt die Sumpfgladiole streng an offene Lückenrasen und waldfeindliche, steilwandige Rinnen und Gräben gebunden. Diese Standorte haben im Gegensatz zu denen in Streuwiesen und Halbtrockenrasen oft einen hohen Natürlichkeitsgrad und dürften teilweise nacheiszeitliche Überdauerungszentren der Art darstellen. Viele Vorkommen sind gleichwohl akut durch Schutzwaldsanierungsmaßnahmen gefährdet. So wurden bereits zahlreiche Wuchsorte am Heuberg bei Oberau und am Ofenberg bei Griesen dicht mit Kiefern und anderen Gehölzen bepflanzt. Bei einer so seltenen und streng lokalisierten Art wie der Sumpfgladiole können derartige Maßnahmen, sofern sie erfolgreich verlaufen, zu einem raschen Erlöschen lokaler Populationen führen.

Linum viscosum

Die geographische Verbreitung des Klebrigen Leins in Südbayern deckt sich in auffallender Weise mit der der Schneeheide-Kiefernwald-Phytozönosen und der der Sumpfgladiole. In den Bayerischen Alpen besteht die wohl individuenstärkste Population dieser Art in ganz Bayern im Bereich des Schneeheide-Kiefernwald-Komplexes am Auer Berg zwischen Oberau und Eschenlohe auf einem großflächige Hangrasen unterhalb des sogenannten Loisachblicks. Daneben ist der Klebrige Lein recht verbreitet im Bereich des Saalachtals südlich Bad Reichenhall anzutreffen, u.a. am Antoniberg beim Thumsee, am Kienberg bei Oberjettenberg und am Grindberg bei Melleck/Steinpaß.

Ähnlich wie die Sumpfgladiole ist der Klebrige Lein fast ausschließlich im Bereich offener Lückenrasen zu finden. Gegenüber starker Vergrasung ist die Art recht tolerant, während sie auf scharfe Beweidung sehr empfindlich reagiert. Auch in diesem ökologischen Verhalten ähnelt der Klebrige Lein der Sumpfgladiole, mit der er nicht selten gemeinsam auftritt (z.B. Ettenberger Buckelwiesen, Auer Berg). Wie die Sumpfgladiole ist auch der Klebrige Lein durch Schutzwaldsanierungsmaßnahmen, die zu einer Bestockung seiner Wuchsorte führen, akut gefährdet.

Dorycnium germanicum

Der wärmebedürftige Deutsche Backenklee ist in den Bayerischen Alpen eine seltene, streng lokalisierte Art. Neben der noch sehr individuenstarken Population am Ofenberg bei Griesen und im westlichen Unterhangbereich des östlich angrenzenden Grießbergs besteht nur noch am Hangfuß des Wanks bei Partenkirchen ein etwas größeres Vorkommen. Das in SCHÖNFELDER & BRESINSKY (1990) angegebene Vorkommen an der Isar südlich Mittenwald konnte nicht bestätigt werden. Ansonsten fehlt die Art mit Ausnahme eines kleinen, während der Geländearbeiten neu entdeckten Vorkommens unterhalb Wackersberg im Isartal südlich Bad Tölz im bayerischen Alpenraum vollständig. Im Alpenvorland gibt es entlang der Isar größere Vorkommen nur noch in der Pupplinger und Ascholdinger Au sowie auf der Garchinger Heide und im Mallershofer Holz. Am Lech fehlt die Art dagegen von Natur aus vollständig.
Sehr häufig und weit verbreitet ist der Backenklee demgegenüber in den Schneeheide-Kiefenwäldern des Tiroler Oberinntals. Fast alle Vorkommen in den Bayerischen Alpen sind durch zunehmende Vergrasung infolge Nutzungsaufgabe und Schutzwaldsa-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

nierungsmaßnahmen akut bedroht. So wurde beispielsweise eine individuenstarke Teilpopulation am Wankhangfuß bei Partenkirchen durch eine dichte, umzäunte Kiefernpflanzung bereits stark beeinträchtigt und droht in den nächsten Jahren zu erlöschen.

Carex baldensis

Neben der Sumpfgladiole zählt die südalpine Monte Baldo-Segge zweifellos zu den größten floristischen Kostbarkeiten der bayerischen Schneeheide-Kiefernwälder. Weit abgesetzt von ihrem Verbreitungsschwerpunkt in den Südalpen zwischen Comer- und Gardasee besitzt die Art im südlichen Ammergebirge einen reliktischen Arealsplitter. Die nächstgelegenen Vorkommen sind weiter südlich erst wieder auf der Dolomitscholle des Ofenpaßgebietes in Graubünden zu finden. Der größte, einige Tausend Individuen umfassende Bestand der Monte Baldo-Segge in den Nordalpen wurde 1991 von W. LORENZ im Schneeheide-Kiefernwald-Komplex am Ofenberg bei Griesen entdeckt. Daneben ist die Art noch in mehreren hundert Exemplaren in einem Spirkenwald des Friedergrieses (KORTENHAUS 1985) sowie in den unmittelbar an den Ofenberg angrenzenden Loisachauen bei Griesen zu finden. Kleinere, z. T. unbeständige oder erlöschende Vorkommen bestehen ferner im Flußkies der Naidernach, im alten Loisachbett bei Hechendorf sowie unterhalb des Schellkopfes in ca. 1.500 m N. N. (MERXMÜLLER 1950). Im Anschluß an die Vorkommen um Griesen hat die Monte Baldo-Segge in den gesamten Nordalpen nur noch einen Fundort nordöstlich des Plansees in Tirol (KARL 1952). Bei den Vorkommen in Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen (Ofenberg, Friedergries, Loisachauen) handelt es sich mit weitem Abstand um die stabilsten und individuenreichsten Populationen der Art. Als ausgesprochen lichtliebender, konkurrenzschwacher Lückenbesiedler ist *Carex baldensis* fast ausschließlich auf offenen Rohböden, in niederwüchsigen Lückenrasen und standörtlich extremen Ausbildungen der Schneeheide-Kiefernwälder zu finden. Durch extensive Beweidung (Friedergries, Hangfuß des Ofenberges) erfährt die Art, ähnlich wie andere Lückenbesiedler, eine deutliche Förderung und vermag sich auch auf etwas weniger extreme Standorte auszubreiten. In Unkenntnis der Art und ihrer besonderen Wertigkeit wurden mehrere Wuchsorte der Monte Baldo-Segge im Hangfußbereich des Ofenberges in den letzten Jahren dicht mit Kiefern bepflanzt. Sofern derartige Maßnahmen erfolgreich verlaufen und in Zukunft noch ausgedehnt werden, können sie gerade bei einer so seltenen Art wie der Monte Baldo-Segge zu einem raschen Verschwinden führen.

Daphne cneorum

Das Heideröschen ist in den Bayerischen Alpen ausschließlich im Auenbereich der Isar zu finden. Kleinere Vorkommen bestehen außerhalb der Auen lediglich noch im Bereich der direkt an die Isaraue angrenzenden Lateralerosions- und Mergelrutschhänge bei Vorderriß bzw. zwischen Krün und Mittenwald. Die Art ist in den Isarauen vor allem in etwas reiferen Beständen zu finden, die bis vor kurzem oder rezent immer noch beweidet werden. Dagegen ist es *Daphne cneorum* aufgrund ihrer Ausbreitungsträgheit bisher noch nicht gelungen, die großflächigen, jungen, kaum 100 Jahre alten Standorte der Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwälder an der Isar zu kolonisieren.
Bei einer vollständigen Einstellung der Beweidung und der Weidepflegemaßnahmen würde die Art in ihrem Bestand infolge zunehmender Verstrauchung und Verfilzung ihrer Wuchsorte dramatisch zurückgehen, noch bevor es ihr gelingen könnte, die an sich geeigneten jungen Auenstandorte zu besiedeln. In den Isarauen zwischen Bad Tölz und dem Sylvensteinspeicher, wo die Beweidung schon seit längerer Zeit vollkommen ruht, ist das Heideröschen inzwischen bereits ausgesprochen selten geworden. Neben den gleichfalls noch recht reichen Beständen in der Ascholdinger und Pupplinger Au, der Garchinger Heide und der gepflegten Halbtrockenrasen am Lech um Augsburg hat *Daphne cneorum* nur noch wenige rezente Vorkommen, die zumeist sehr klein und/oder hochgradig gefährdet sind.

Saxifraga mutata

Als ausgesprochener Spezialist wechselfeuchter Mergelrutschflächen und zeitweise überrieselter Nagelfluh- und Molassefelsen ist der prächtige Kiessteinbrech von jeher eine recht seltene Erscheinung gewesen. Durch "Sanierungsmaßnahmen" auf Mergelrutschflächen und andere wasserbauliche Maßnahmen ist die Art im Alpenvorland sehr stark zurückgegangen. Früher reichte die Verbreitung entlang von Isar und Lech bis auf die Höhe von Augsburg und München. Die letzten größeren Vorkommen dieser Art im Alpenvorland finden sich insbesondere in Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen auf Rutschhängen entlang der Durchbruchstäler von Wertach und Ammer (STROHWASSER 1984, WINTERHOLLER 1990/91).

Im bayerischen Alpenraum besteht ein sehr individuenreiches Vorkommen in den Schneeheide-Kiefernwäldern der aus Seekreide, Moränen und verfestigten Schottern aufgebauten Mergelrutschhänge zwischen Mittenwald und Krün. Kleinere Bestände sind ferner noch in den Isarauen zwischen Mittenwald und Bad Tölz am Rande steilwandiger Flutmulden und Rinnen anzutreffen. Neben einem sehr individuenstarken Vorkommen auf Erosionsflächen einer pleistozänen Talverfüllung im Tal der Weißen Valepp in den Tegernseer Bergen (EWALD mündl.) bilden die Bestände in den Auen- und Mergelrutschhang-Kiefernwäldern im oberen Isartal derzeit die wohl größte Population in den Bayerischen Alpen. Durch die Unterbindung morphodynamischer Aktivität auf Erosions- und Rutschhängen sowie im Auenbereich ist der Kiessteinbrech hochgradig gefährdet.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

10.3 Landeskulturelle Bedeutung

10.3.1 Schutzwaldfunktion

Bezogen auf die Gesamtwaldfläche in den Bayerischen Alpen nehmen Schneeheide-Kiefernwälder nur recht bescheidene Flächen von kaum mehr als 1.000 ha ein. Gleichwohl können sie lokal eine große Bedeutung als Schutzwald besitzen (Foto 29). Diese lokal hohe Bedeutung resultiert vor allem aus der engen Bindung an extreme Reliefpositionen in der montanen Stufe. Fast alle Bestände wurden von der Bayerischen Staatsforstverwaltung daher als Schutzwälder ausgewiesen, wobei bei vielen akuter Sanierungsbedarf angezeigt wird. Eine direkte Objektschutzfunktion liegt allerdings nur bei wenigen Beständen vor. Von überragender Bedeutung sind in dieser Hinsicht zweifelsohne die Bestände am Fahrenberg oberhalb Walchensee sowie die großflächigen Felskiefernwälder auf Wettersteinkalk nahe der Landesgrenze zu Tirol im Raum Scharnitz (Foto 2). Eine reale Gefährdung für die Infrastruktur im Talraum resultiert in beiden Gebieten vor allem aus der winterlichen Lawinentätigkeit. Ursächlich verantwortlich hierfür sind in beiden Fällen die spezifischen geomorphologischen Gegebenheiten. Es handelt sich dabei um durchgängig extrem steile Hanglagen, die vom Talboden bis in die subalpine Stufe aufragen. Die Entstehungszonen für weitreichende Lawinen liegen in beiden Gebieten in Höhenlagen oberhalb 1.200 m, die sich durch extrem lockere bzw. fehlende Bestockung auszeichnen, weniger dagegen innerhalb der Kiefernwälder selbst, denen eher eine Auffangfunktion zukommt. Am Brunnenstein bei Scharnitz handelt es sich dabei um eine ausgedehnte Brandverkarstungsfläche (Foto 11), die bisher nicht wieder in Bestockung gebracht werden konnte. Am Fahrenberg bei Walchensee gefährden insbesondere weit herabreichende steile Lawinarrinnen, die die in höheren Lagen abreißenden Schneemassen kanalisieren, die Infrastruktureinrichtungen am Seeufer. Bei diesen Lawinarrinnen handelt es sich zumindest teilweise zweifelsfrei um von Natur aus waldfeindliche Strukturen, worauf insbesondere auch das völlig isolierte Auftreten ausgesprochen heliophiler Streuwiesenarten wie *Gladiolus palustris* und *Scorzonera humilis* hindeutet (primäre Lawinarrasen). Gleichwohl ist die schneedynamische Aktivität infolge nutzungsbedingter starker Auflichtung der Bestände in der Vergangenheit erheblich verstärkt worden. Vorrangig ist sowohl am Brunnenstein bei Scharnitz als auch am Fahrenberg eine Sanierung der höhergelegenen Entstehungszonen der Lawinen (vgl. z.B. AMMER 1990).

Hinsichtlich der Intensität schneedynamischer Prozesse bilden Fahrenberg und der Raum Scharnitz allerdings eher Ausnahmefälle. Bei der Mehrzahl der bayerischen Schneeheide-Kiefernwaldbestände sind Rahmenbedingungen, die zur Entstehung von infrastrukturgefährdenden größeren Lawinen führen könnten, in der Regel nicht gegeben. Dies ist vor allem begründet in der allgemeinen Schneearmut der Kiefernwaldstandorte, der geringen Hanglängen, der meist ausgesprochen treppigen Hangstruktur, sowie der gerade in flachgründigen Steillagen oft sehr stammzahlreichen Bestockung. Unter diesen Bedingungen kann es allenfalls zur Entstehung von kleineren Waldinnenlawinen mit geringer Reichweite kommen. Eine direkte Gefährdung von Infrastruktureinrichtungen besteht in der Regel aber selbst im Falle von größeren Waldinnenlawinen nicht, da die Mehrzahl der Bestände über flache Auslaufzonen verfügen, in denen gelegentliche Lawinen zum Stillstand kommen.

Mit Ausnahme der Bestände am Fahrenberg und im Raum Scharnitz bergen die bayerischen Schneeheide-Kiefernwälder somit ein sehr geringes konkretes Gefährdungspotential durch Lawinen bzw. vermögen ihre Schutzfunktion noch in ausreichendem Maße zu erfüllen.

Für den Ausfall der Verjüngung spielen Schneebewegungen in Schneeheide-Kiefernwäldern eine nachgeordnete, sekundäre Rolle. Primärer Faktor hierfür ist zweifelsfrei der Wildverbiß, der allerdings durch den vollständigen Ausfall einer Strauchschicht indirekt Schneebewegungen in hohem Maße Vorschub leistet.

Ähnlich gering wie die konkrete Lawinengefährdung ist bei der Mehrzahl der Bestände das Steinschlag- und Erosionsrisiko. So gewährleistet die starke Vergrasung (intensive Durchwurzelung und Streufilzdecken) der meisten Bestände der Randalpen einen sehr effektiven Abtragungsschutz (Foto 16), wovon insbesondere die vollentwickelten, humosen Oberböden zeugen. Dies gilt nicht nur für Bestandesinnenbereiche, sondern auch für größere offene Rasenflächen. Hinsichtlich Steinschlaggefahr bergen die randalpischen Kiefernwälder in der Regel sogar ein geringeres Risiko (Fixierung von Steinen durch die dichte Grasnarbe) als Bergmischwälder mit ihrem lockeren, krautigen Unterwuchs. Eine Ausnahme hiervon bilden lediglich ausgesprochene Felskiefernwälder, insbesondere auf Wettersteinkalk (Foto 14). Doch tragen derartige Bestände in der Regel auch heute noch die maximal mögliche Bestockung, so daß sich etwaige Gefährdungen von Straßen, wie etwa am Burgberg bei Mittenwald, nur durch das Aufstellen von Fangzäunen unterbinden lassen. Versuche der Verdichtung derartiger Bestände sind absolut unrealistisch und von vornherein zum Scheitern verurteilt, da das Standortpotential keine dichtere als die derzeit realisierte Bestockung zuläßt.

Insgesamt ist festzustellen, daß die Schneeheide-Kiefernwälder der Bayerischen Alpen mit Ausnahme der Bestände am Fahrenberg oberhalb Walchensee ihre landeskulturelle Schutzfunktion derzeit noch in ausreichendem Maße erfüllen. Daran wird sich angesichts des hohen potentiellen Lebensalters und der erstaunlichen Vitalität der Kiefer trotz der seit längerem verbißbedingt prekären Verjüngungssituation auch auf absehbare Zeit nichts ändern.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Generell gilt es bei der Beurteilung der Schutzfunktion von Schneeheide-Kiefernwäldern zu berücksichtigen, daß es sich dabei von Natur aus um Waldbestände handelt, die aufgrund ihrer extremen standörtlichen Situation in Kombination mit biotischen Einflüssen (natürlicherweise erhöhte Verbißbelastung) nie die Struktur eines idealtypischen Schutzwaldes annehmen können. Angesichts dessen sind etwa Forderungen nach einer gänzlichen Unterbindung von Schneebewegungen absolut unrealistisch und entsprechen eher einer naturfremden Betrachtungsweise, worauf u. a. auch ZENKE (1989) und MAYER-GRASS (1989) hinweisen.

10.3.2 Schutzwaldsanierungsmaßnahmen und deren Wirkungen

Obwohl bei den meisten Schneeheide-Kiefernwäldern keine konkrete Gefährdung für infrastrukturelle Einrichtungen vorliegt und auch mit einem raschen Zusammenbruch von Beständen nicht zu rechnen ist, werden seit einigen Jahren örtlich recht aufwendige Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Der Sanierungsbedarf wird vor allem mit der schlechten Verjüngungssituation und der oft als zu gering betrachteten Bestockungsdichte und Verlichtungstendenzen begründet.

Die Maßnahmen der Staatsforstverwaltung konzentrieren sich vor allem auf die künstliche Einbringung von Gehölzen und eine verschärfte Bejagung des Schalenwildes. Umfangreiche technische Verbauungen zum Lawinenschutz wurden bisher nur am Fahrenberg durchgeführt, da sich in den anderen Gebieten infolge der geringen Lawinenaktivität hierfür bisher noch keine Notwendigkeit ergab. Zäunungen zum Schutz vor Wildverbiß erfolgten nur sehr kleinflächig im Bereich flacher Unterhänge und Verebnungen. In der Mehrzahl der Bestände sind umfangreichere Zäunungen aufgrund der Zerrissenheit und Steilheit des Reliefs mit vertretbarem Aufwand kaum zu realisieren.

Ziel der Pflanzungen ist im allgemeinen eine Verdichtung der Bestandesstrukturen und eine Neu- bzw. Wiederbestockung von offenen Rasenlücken und Verlichtungen. Derzeit konzentrieren sich die Pflanzungen vor allem auf offene, gut zugängliche Unterhangbereiche, weniger dagegen auf höhergelegene Steillagen und traditionell dichter bestockte Bestandesinnenbereiche. Teilweise werden dabei aber auch primär waldfreie oder zumindest gehölzfeindliche Extremstandorte wie felsige Schrofen oder die steilen Böschungen tiefeingeschnittener Rinnen bepflanzt. Mit Ausnahme schutztechnisch ohnehin nachrangiger Zäunungsflächen im Unterhangbereich (Foto 28) haben die teilweise mit hohem Aufwand betriebenen Maßnahmen bisher kaum sichtbare Erfolge gezeitigt (vgl. z.B. auch GAMPE 1989). Neben teilweise falscher Gehölzwahl, starker Vergrasung und allgemeiner Standortungunst ist hierfür vor allem anderen der immer noch beträchtliche Verbißdruck durch Schalenwild verantwortlich. Wesentlich günstiger gestaltet sich die Verbißsituation aufgrund scharfer Bejagung bisher lediglich im Bereich des Forstamtes Bad Reichenhall und neuerdings stellenweise auch andernorts, wie z.B. am Fahrenberg und Grießberg, was u. a. daran deutlich wird, daß dort örtlich bereits wieder eine Strauchschicht im Aufbau begriffen ist bzw. die Verjüngung der Kiefer nicht mehr total durch Verbiß ausfällt.

Im Zuge von Schutzwaldsanierungsmaßnahmen wurden in den letzten Jahren zahlreiche offene Lückenrasen mit Vorkommen extrem seltener und hochgradig gefährdeter Arten wie der Monte Baldo-Segge und der Sumpfgladiole (Foto 21) mit dichten Rottenstrukturen aus Kiefern und anderen Baumarten bepflanzt. Eine zwingende landeskulturelle Notwendigkeit derartiger Maßnahmen ist in der Regel nicht gegeben, zumal wenn es sich dabei um flache Unterhangbereiche oder kleinflächige Rasenlücken inmitten geschlossener Bestände handelt, die keine erkennbare Schutzfunktion ausüben. Um so bedauerlicher ist es, wenn in Unkenntnis der besonderen Wertigkeit entsprechender Flächen wertvolle Pflanzenbestände nachhaltig beeinträchtigt werden.

Sofern Pflanzmaßnahmen aufgrund verringerter Verbißbelastung in Zukunft ein größerer Erfolg beschieden sein sollte, ist gerade im Bereich der warmen Unterhanglagen, auf die sich ein Großteil der thermophilen Sippen beschränkt, mit einer starken Dezimierung oder sogar dem vollständigen Verschwinden vieler der besonders seltenen und gefährdeten Arten zu rechnen.

Angesichts der Tatsache, daß sämtliche derzeit noch extensiv beweideten Schneeheide-Kiefernwälder in Unterhanglage als Schutzwaldsanierungsgebiete ausgewiesen sind, ist auch hier zukünftig mit Bestrebungen einer Weiderechtsablösung zu rechnen. Dies würde mittelfristig gleichfalls zu einer massiven floristischen und strukturellen Verarmung in diesen derzeit noch besonders reichhaltigen Komplexen führen würde.

10.4 Schlußfolgerungen für Naturschutz und Landschaftspflege

Im Vorangestellten konnte gezeigt werden, daß es sich bei den südbayerischen Schneeheide-Kiefernwäldern keinesfalls durchwegs um wenig veränderliche "Reliktföhrenwälder" handelt, sondern daß vielmehr ein Großteil dieser Wälder sukzessionsbedingt einer gerichteten Dynamik hin zu klimaxnahen Dauergesellschaften unterliegt. Ein effizienter Schutz dieser Phytozönosen darf sich daher nicht auf konservierenden Flächenschutz beschränken, sondern muß deren zeitliche Veränderlichkeit und Vergänglichkeit in seine Strategien mit integrieren. Im Einzelnen ergeben sich daraus folgende konzeptionelle Forderungen:

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

- **Schutz morphodynamischer Prozesse**

Eines der Hauptanliegen des Naturschutzes muß es sein, daß in Zukunft keine weitere Einengung der morphodynamischen Prozesse in nordalpischen Wildflußauen durch Verbauung, Veränderungen des hydrologischen Regimes und ausufernde Infrastruktur mehr stattfindet. Als Fernziel sollte zudem eine abschnittsweise Reaktivierung des morphodynamischen Geschehens durch die gezielte Zurücknahme technischer Verbauungen im Auge behalten werden. Günstige Voraussetzungen für derartige Maßnahmen bietet beispielsweise der siedlungsfreie Talraum der Isar zwischen Krün und dem Sylvensteinspeicher (Foto 3). Dagegen erscheint eine Reaktivierung der ursprünglichen Flußdynamik an den außeralpischen Laufstrecken aus vielerlei Gründen derzeit weitgehend illusorisch.
Der Schutz morphodynamischer Prozesse beinhaltet auch den weitgehenden Verzicht auf ingenieurbiologische und technische Verbauungsmaßnahmen im Bereich von Mergelrutschungen (Foto 7) , Lateralerosionshängen, Schuttfächern und sonstigen Hangerosionsflächen, sofern hierfür keine wirklich zwingende landeskulturelle Notwendigkeit besteht. Eine undifferenzierte Interpretation von Morphodynamik als *Landschaftsschaden* verkennt deren Bedeutung für den Landschaftshaushalt eines Hochgebirges (Substratstreßabbau) und führt bei zwanghafter Unterbindung mittelfristig zur Vernichtung zahlreicher hochspezialisierter Biozönosen.

- **Schutz natürlicher Sukzessionsabläufe**

Auf das engste verknüpft mit dem Schutz morphodynamischer Prozesse ist der Schutz ungestörter Sukzessionsabläufe in Schneeheide-Kiefernwäldern, in die nicht künstlich etwa durch Einbringung von Gehölzen oder Maßnahmen zur Standortmelioration eingegriffen werden sollte. Dies betrifft sowohl Primärsukzessionen als auch sekundäre Sukzessionen in Bereichen, in denen eine traditionelle Nutzung nicht aufrecht erhalten werden kann. Bedingt durch den Wegfall der natürlichen Morphodynamik läßt sich dieses Ziel aber in vielen Gebieten nur noch in sehr eingeschränktem Maße verfolgen, will man nicht den Totalverlust bestimmter Stadien mitsamt der sie bewohnenden Arten in Kauf nehmen. Besonders prekär ist diese Situation in den Alluvialbeständen des Alpenvorlandes, wo die Morphodynamik gänzlich zum Erliegen gekommen ist. Längerfristig betrachtet bleibt dem Naturschutz hier nur die im Grunde unbefriedigende Alternative, auf Teilflächen sukzessionshemmende Pflegemaßnahmen vorzunehmen und dadurch bestimmte Zustände zu konservieren oder einen erheblichen Verlust an Arten und Bestandestypen hinzunehmen.

- **Aufrechterhaltung und Wiedereinführung traditioneller Nutzungsformen in ausgewählten Beständen**

In den wenigen derzeit noch mit Rindern beweideten Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen sollte diese extensive Nutzungsform unbedingt beibehalten werden. Aufgrund der Unterhang- bzw. Auenlage sämtlicher Vorkommen stellt der Fortbestand dieser sowohl in ästhetischer (Erholungsfunktion) und kulturhistorischer als auch naturschutzfachlicher Sicht herausragenden Bestände durch eine Fortführung der traditionellen Nutzung keine Beeinträchtigung landeskultureller Funktionen dar. Ferner besteht in einigen Beständen mit starker Vergrasungs- und Verbuschungstendenz die Möglichkeit einer Wiedereinführung der traditionellen, extensiven Waldweide als kostengünstige, bestandeserhaltende Pflegeform. Hierzu eigenen sich insbesondere talnahe verbrachte Heimweiden und Auenbestände, Flächen also, die leicht mit Rindern zu bestoßen sind und keine ausgesprochene Schutzwaldfunktion ausüben. Zur traditionellen Nutzung gehören neben einer Fortführung der extensiven Beweidung mit Rindern vor und nach der Alpung auch gezielte Weidepflegemaßnahmen (z.B. Auflichtung von dichten Verjüngungskernen), wie sie auch derzeit noch stellenweise praktiziert werden. Dagegen sind Intensivnutzungen wie die Standkoppelbeweidung mit Schafen oder gar eine Aufdüngung der Bestände zur Verbesserung des Weidewertes grundsätzlich abzulehnen.

Gezielte Pflegemaßmahmen, die über eine Aufrechterhaltung der traditionellen Nutzung hinausgehen, sollten sich derzeit im wesentlichen auf Bestände konzentrieren, die sich durch ein herausragendes Artenschutzpotential auszeichnen bzw. bereits traditionell nutzungsgeprägt waren.

Dagegen erscheint bei einem großen Teil der hochgrasdominierten Sekundärbestände in steilen Hanglagen des Alpenraumes eine Erhaltung der gegenwärtigen Bestandesstruktur durch gezielte Pflegemaßnahmen kaum praktikabel und aus naturschutzfachlicher Sicht auch nicht zwingend notwendig. Derartige Bestände, die sich zudem oftmals durch einen vergleichsweise trivialen Artenbestand auszeichnen, sollten der freien Sukzession ohne forstliche Eingriffe überlassen bleiben. Je nach Handhabung des Schalenwildproblems und der zukünftigen Klimaentwicklung im Alpenraum sind für diese Bestände mittel- bis langfristig sowohl progressive (Weiterentwicklung zu Bergmischwäldern) als auch regressive oder zyklische Entwicklungen (Zerfall des Kiefernbestandes und evtl. Regeneration über offene Rasenstadien bei zeitweilig nachlassendem Verbißdruck) denkbar. Eine Beobachtung der zukünftigen Entwicklung entsprechender Bestände erscheint in jedem Falle angeraten.

- **Überprüfung der landskulturellen Notwendigkeit von Schutzwaldsanierungsmaßnahmen in Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen**

Sofern kein absolut zwingender Handlungsbedarf besteht, sollte nicht zuletzt auch aus Kostengründen auf Schutzwaldsanierungsmaßnahmen in Schneeheide-Kiefernwäldern grundsätzlich verzichtet und einer natürlichen Entwicklung Vorrang eingeräumt

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

werden. Hierzu zählen generell Bestände ohne erkennbare Objektschutzfunktion und Gefährdungspotential sowie insbesondere auch talnahe Heimweiden in Unterhang- und Hangfußbereichen.

Zielkonflikte zwischen Naturschutz und Schutzwaldsanierung lassen sich oft von vorne herein ausräumen, da die Mehrzahl der naturschutzfachlich besonders herausragenden Bestände keine ausgesprochene Schutzfunktion ausübt, zu einer Bestandesverdichtung aus landeskultureller Sicht also überhaupt keine zwingende Notwendigkeit besteht. Dies gilt insbesondere für die wenigen derzeit noch beweideten Komplexe der Hangfüße und Auen im Werdenfelser Land.

- **Verstärkte Berücksichtigung von Naturschutzbelangen bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen**

Sofern Sanierungsmaßnahmen aus berechtigten landeskulturellen Gründen dennoch unabdingbar erscheinen, sollten sie mit größter Behutsamkeit und Umsicht durchgeführt werden und sich weitgehend auf floristisch weniger bedeutsame, hochgrasdominierte Freiflächen und Bestandesinnenbereiche konzentrieren, wo ohnehin die standörtlichen Voraussetzungen für einen Erfolg der Maßnahmen am günstigsten sind. Auf die Bepflanzung floristisch und faunistisch besonders wertvoller Bereiche wie Lückenrasen, Kalkquellsümpfe etc. sollte dagegen, wenn irgend möglich, verzichtet werden. Um unnötige Fehlentwicklungen, wie die Bepflanzung von Wuchsorten extrem seltener Arten, in Zukunft zu vermeiden, sollte bei der Planung und Durchführung von Sanierungsmaßnahmen in Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen grundsätzlich ein *naturschutzfachlich versierter Vegetationsökologe* beratend hinzugezogen werden.

Grundvoraussetzung für das Gelingen von Sanierungsmaßnahmen ist eine drastische Reduzierung des Schalenwildbestandes, wobei speziell im Falle von Schneeheide-Kiefernwaldstandorten aufgrund des naturgegeben, besonders hohen spätwinterlichen Verbißdruckes die Wilddichten zumindest zeitweise nahezu gegen Null tendieren müssen. Erfolgt keine entsprechend drastische Reduktion der Schalenwildbestände, werden sich die meisten Sanierungsprojekte als Fehlinvestitionen erweisen.

Bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen scheint es angeraten, auch weiterhin schwerpunktmäßig auf die Waldkiefer oder bei stärkerer morpho- und schneedynamischer Beanspruchung der Standorte auch auf die Spirke zu setzen. Dabei sollte streng darauf geachtet werden, daß bei der Pflanzung nur regionale, standortadaptierte Rassen und Ökotypen Verwendung finden (Gefahr von Kalkchlorosen). Auf eine Einbringung von Mischbaumarten wie der Mehlbeere und thermophilen Sträuchern wie der Felsenbirne kann in der Regel verzichtet werden, da diese Arten im Gegensatz zur Kiefer in den Beständen bereits zahlreich vorhanden sind und bei einem Nachlassen des Verbisses rasch zur Entwicklung gelangen. Auf die Oberflächenrauhigkeit der Bestände (Schneedynamik) üben gerade diese Arten einen sehr positiven Einfluß aus.

Auch wenn das Potential vieler Sekundärbestände auf trockenen Grenzstandorten des Bergmischwaldes bereits heute die Existenz von Fichte, Tanne und Buche zuläßt, so ist von einer Forcierung des Umbaus durch gezielte Pflanzung dieser Arten eher abzuraten, da sie mittel- und langfristig erhebliche Risiken birgt. Da es derzeit nicht gelingt, den Wildverbiß für längere Zeit vollständig auszuschalten, kommt es bei Pflanzung der Schlußbaumarten in der Regel zu einer selektiven Anreicherung der Fichte. Wie sich an zahlreichen Stellen im bayerischen Alpenraum beobachten läßt, erreichen Reinbestände der Fichte auf trockenen, südseitigen Dolomithängen aber im Alter von 60 bis 80 Jahren oft einen dramatischen Vitalitätsverlust, der bis hin zu flächigen Bestandeszusammenbrüchen führen kann (BOSCH 1986). Verantwortlich hierfür ist wohl vor allem, daß die Fichte auf derartigen Standorten mit zunehmendem Alter phasenweise unter starkem Trockenstreß steht (LIU et al. 1991).

In Anbetracht einer zu erwartenden Klimaerwärmung dürfte sich das Trockenstreßrisiko gerade für die Fichte auf diesen Standorten noch erheblich erhöhen (vgl. z.B. SCHWEINGRUBER et al. 1979). Es scheint daher angeraten, einem Umbau hin zu labilen, fichtendominierten Bergmischwäldern nicht gezielt Vorschub zu leisten, sondern auch weiterhin auf die trockenharte und extrem langlebige Kiefer zu setzen, mit der man auf diesen Grenzstandorten des Bergmischwaldes zweifelsohne das langfristig stabilere, mit einer größeren ökologischen Elastizität ausgestattete Waldökosystem etabliert.

10.5 Gebietskulisse der Schneeheide-Kiefernwälder in den Bayerischen Alpen

Grundvoraussetzung für eine Umsetzung der im vorhergehenden Kapitel angestellten konzeptionellen Überlegungen ist eine differenzierte Beurteilung eines jeden Einzelbestandes hinsichtlich seiner naturschutzfachlichen und landeskulturellen Bedeutung. Im Nachfolgenden wird daher der Versuch unternommen unter Betonung naturschutzfachlicher Aspekte eine Gebietskulisse der Schneeheide-Kiefernwälder in den Bayerischen Alpen zu erstellen, die insbesondere auf qualitative Unterschiede zwischen den einzelnen Komplexen hinweisen möchte.

Die vorgenommene Inventarisierung erhebt keinen Anspruch auf absolute Vollständigkeit und Endgültigkeit, sondern ist eher als ein erster grober Überblick zu verstehen. Gleichwohl beinhaltet sie mit Ausnahme zahlreicher, sehr kleinflächiger Vorkommen - speziell aus naturschutzfachlicher Sicht - nahezu alle bedeutenden Schneeheide-Kiefernwald-Komplexe in den Bayerischen Alpen. Neben einer

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

allgemeinen qualitativen Beschreibung und Bewertung, die vor allem auf floristische und vegetationskundliche Aspekte abhebt, werden auch Hinweise auf Beeinträchtigungen und Gefährdungen sowie erste Vorschläge für eine zukünftige Behandlung der entsprechenden Bestände gegeben.

Ofenberg bei Griesen

Beschreibung: Der ausgedehnte Schneeheide-Kiefernwald-Komplex am Südhang des Ofenberges (Foto 1) zählt in mehrerlei Hinsicht zu den herausragenden Beständen der Bayerischen Alpen und verdient daher, an erster Stelle genannt zu werden. Die ausgedehnten, bis in die Kammlagen reichenden Kiefernbestände zeichnen sich durch eine sehr große Typenvielfalt aus, wobei speziell die Subassoziation mit *Teucrium montanum* des Calamagrostio-Pinetum hier relativ großflächig anzutreffen ist. Angereichert sind die Bestände mit zahlreichen primären und sekundären Lückenrasen und kleineren Kalkquellsümpfen. Größere sekundäre, weideprägte Lückenrasen sind insbesondere im Hangfußbereich zu finden, die auch rezent noch von einer auf dem Talboden angrenzenden größeren Lichtweide aus extensiv mit Rindern beweidet werden. Die Straßenböschungen am Fuß des Ofenberges werden geschmückt von prächtig entwickelten Blutstorchschnabel-Säumen, die in dieser Form in den Bayerischen Alpen nur hier zu finden sind. Die offenen Lückenrasen und flachgründigen Ausbildungen der Buntreitgras-Kiefernwälder zeichnen sich durch ein herausragendes floristisches Inventar aus. Der Ofenberg weist trotz einzelner größerer Bestandeslücken gerade in Steillagen eine sehr geschlossene Bestockung auf. Eine Gefährdung der Bundesstraße durch Waldlawinen ist kaum gegeben, da sich der Ofenberg durch eine ausgesprochen treppige Hangstruktur mit größeren plateauartigen Verebnungen auszeichnet und zudem über weite Strecken Auslaufzonen im Bereich der Viehweide vorhanden sind. Auch die Waldweide im Hangfußbereich stellt keine Beeinträchtigung der Schutzfunktion dar.

Bemerkenwerte Arten: *Carex baldensis*, *Dorycnium germanicum*, *Gladiolus palustris*, *Aster amellus*, *Laserpitium prutenicum*; sehr häufig: *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Gentiana utriculosa*; viele thermophile Saumarten und Molinion-Arten.

Die Vorkommen der Monte Baldo-Segge und der Sumpfgladiole konzentrieren sich vor allem auf den Bereich beiderseits einer tiefeingeschnittenen Rinne mit offenen Primärrasen, dem sogenannten Ochsengraben. Zahlreiche Wuchsorte dieser Arten wurden bedauerlicherweise in den letzten Jahren mit dichten Kiefernrotten bepflanzt.

Maßnahmen: Fortführung der extensiven Beweidung im Hangfußbereich; Verzicht auf die Bepflanzung von Lückenrasen und Kalkquellsümpfen; Zurücknahme von Bepflanzungen an Wuchsorten von *Carex baldensis* und *Gladiolus palustris*.

Schutzstatus: NSG Ammergebirge.

Grießberg

Beschreibung: Der östlich an den Ofenberg angrenzende Grießberg trägt auf seinem Südhang den größten zusammenhängen Schneeheide-Kiefernwald-Komplex in den Bayerischen Alpen überhaupt. Die Vorkommen reichen von der Talsohle bis in eine Höhe von teilweise über 1.500 m. Dabei wechseln ausgesprochene Sekundärbestände auf Verebnungen und flacheren Hangabschnitten ab mit Primärbeständen auf steilen, felsigen Schrofen, die insbesondere in höheren Lagen stärker in den Vordergrund treten. Im Vergleich zum thermisch in besonderem Maße begünstigten Ofenberg ist die floristische Ausstattung im Bereich des Grießberges weniger bemerkenswert. Seltene und gefährdete Arten konzentrieren sich hier in noch stärkerem Maße auf den Unterhangbereich bis ca. 1000 m, wohingegen sich die höheren Lagen durch eine vergleichsweise triviale Artenausstattung auszeichnen. Von besonderer Bedeutung sind dabei insbesondere wiederum offene Lückenrasen, die im westlichen Bereich des Grießbergs als herausragende Art den seltenen Backenklee enthalten. Auch diese floristisch besonders wertvollen Lückenrasen wurden in den letzten Jahren in zunehmendem Maße mit Gehölzen bepflanzt.

Bemerkenswerte Arten: *Dorycnium germanicum*; verbreitet: *Rhamnus saxatilis*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Achnatherum calamagrostis*; Saum- und Molinion-Arten.

Maßnahmen: Verzicht auf Bepflanzung von Lükkenrasen im Unterhangbereich; evtl. Wiedereinführung einer extensiven Rinderweide im westlichen Unterhangbereich.

Schutzstatus: NSG Ammergebirge.

Kramer

Beschreibung: Am steilen Südabfall des östlich an den Grießberg angrenzenden Kramers sind in größeren Höhenlagen (> 1.000 m) auf steilen Felsabstürzen und an den Flanken schluchtartiger Einschnitte mehrere größere und kleinere Kiefernwald-Komplexe zu finden, bei denen es sich oft um die Subassoziation mit *Primula auricula* handelt. Aufgrund der großen Höhenlage enthalten die Bestände keine bemerkenswerten Arten.

Bemerkenswerte Arten: keine.

Schutzstatus: NSG Ammergebirge.

Friedergries

Beschreibung: Das nördlich des Ofenberges gelegene Friedergries zählt hinsichtlich Flächenausdehnung, Erhaltungszustand und Vollständigkeit der darin enthaltenen Sukzessionsstadien zu den bemerkenswertesten, durch ausgeprägte, weitgehend unbeeinträchtigte Morphodynamik geprägten Schneeheide-Kiefernwald-Komplexen der Bayerischen Alpen. Ausgedehnte Schotterflächen mit Schwemmlingsfluren und jungen Sukzessionsstadien wechseln

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

mit großflächigen Spirkenbeständen und reifen, bereits fichtendominierten Entwicklungsstadien im Westteil des Gebietes. Im Randbereich sind ferner größere Kalkquellsümpfe zu finden. Durch die Pendelbewegungen der Friederlaine werden immer wieder reifere Sukzessionsstadien überschottert und zerstört. In den Spirkenbeständen sind einige prächtig entwickelte Baumwacholder zu finden. Die ausgedehnten Schwemmlingsfluren der Schotterfluren zeichnen sich durch das recht bemerkenswerte gemeinsame Auftreten von normalerweise streng alpinen Arten wie *Galium megalospermum* und *Athamantha cretensis* mit wärmebedürftigen Sippen wie *Achnatherum calamagrostis* und *Chondrilla chondrilloides* aus.

Bemerkenswerte Arten: *Chondrilla chondrilloides*, *Achnatherum calamagrostis*, *Carex baldensis*; häufig: *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Gentiana utriculosa*, *Tetragonolobus maritimus*.

Maßnahmen: Unterlassung von Maßnahmen, die zu einer Beeinträchtigung der Morphodynamik führen; Beibehaltung der Beweidung in ihrer extensiven Form, insbesondere in den randlichen Bereichen des Grieses.

Schutzstatus: NSG Ammergebirge, Naturwaldreservat.

Loisachauen bei Griesen

Beschreibung: In den Loisachauen östlich Griesen am Fuß des Ofenberges ist ein überaus vielgestaltiger Auenvegetationskomplex anzutreffen. Schwemmlingsfluren, Lavendelweidengebüsche und Grauerlenbestände wechseln mit ehemals streugenutzten spirkenreichen Sumpfwurz-Buntreitgras-Kiefernwäldern und verbuschenden, brachgefallenen Streuwiesenbeständen. Im Ostteil sind im Bereich einer hohen jüngeren Aufschotterung sehr schöne Bestände der Subassoziation mit *Dryas octopetala* zu finden (Foto 4), die als Besonderheit die Monte Baldo-Segge enthalten. Durchzogen werden die Kiefernbestände von zahlreichen, nur zeitweise wasserführenden Flutmulden, in denen Primulo-Schoeneten und andere Kalkflachmoorgesellschaften anzutreffen sind. Seit Einstellung der Nutzung ist sowohl innerhalb der Kiefernbestände als auch in den offenen Streuwiesenbeständen eine zunehmende Verdichtung der Gehölzstrukturen zu beobachten.

Bemerkenswerte Arten: *Carex baldensis*, *Carex ericetorum*, *Thesium rostratum*, *Gentiana utriculosa*, *Gentiana pneumonanthe*, *Allium suaveolens*, *Tetragonolobus maritimus*, *Cirsium tuberosum*.

Maßnahmen: Verzicht auf Verbauungsmaßnahmen an der Loisach; Entbuschung und gelegentliche Mahd der Streuwiese.

Heuberg bei Oberau

Der Heuberg zwischen Oberau und Farchant ist der wohl schönste waldweidegeprägte Schneeheide-Kiefernwald-Komplex in den Bayerischen Alpen. Im Unterhangbereich bilden lichte, durchweidete Kiefernbestände, Gruppen aus thermophilen Gebüschen, offene Kalkmagerrasen und Kalkquellsümpfe ein innig ineinander verzahntes Mosaik. Am nicht mehr beweideten steilen Oberhang finden sich neben überwiegend hochgrasdominierten alten Kiefernbeständen ausgedehnte Primärrasen im Bereich tief eingeschnittener Rinnen und Gräben mit Wuchsorten von *Gladiolus palustris*. Der gesamte Komplex ist nicht nur von besonderer landschaftlicher Schönheit, sondern enthält auch ein herausragendes Arteninventar.

Der Bestand übt keinerlei unmittelbare Schutzfunktion für Infrastruktureinrichtungen aus. Gleichwohl wurden in den letzten Jahren Teilbereiche der offenen Rasen im beweideten Bereich durch die Anlage dichter umzäunter Pflanzungen bereits vernichtet und mehrere Vorkommen der Sumpfgladiole erst in jüngster Zeit mit Kiefern bepflanzt.

Bermerkenswerte Arten: *Gladiolus palustris*, *Laserpitium prutenicum*, *Linum viscosum*, *Lilium bulbiferum*, *Schoenus nigricans*, *Allium suaveolens*, *Drosera anglica*; *Catoscopium nigritum*; sehr häufig: *Coronilla vaginalis*, *Thesium rostratum*, *Rhamnus saxatilis*, *Cirsium tuberosum*, *Scorzonera humilis* und *Tetragonolobus maritimus*.

Maßnahmen: Die Rinderbeweidung im Unterhangbereich sollte unbedingt in der derzeitigen extensiven Form weitergeführt werden; ferner können ausgezäunte Bereiche dem Vieh wieder zugänglich gemacht werden. Auf Bepflanzungen sollte in Zukunft im Unterhangbereich generell verzichtet werden, da hierfür keinerlei landeskulturelle Notwendigkeit besteht.

Auer Berg zwischen Oberau und Eschenlohe

Beschreibung: Der Auer Berg zwischen Oberau und Eschenlohe zählt zweifelsohne zu den bemerkenswertesten xerothermen Vegetationskomplexen in den Bayerischen Alpen. Oberhalb der pfeifengrasreichen Buntreitgras-Kiefernwälder und Felsfluren im Bereich des Steilabfalls der "Eingefallenen Wand" erstreckt sich bis in die Kammlagen des Auer Berges (Ausichtspunkt "Loisachblick") ein ausgedehnter, in großen Teilen wohl sekundärer Kalkmagerrasen. Umrahmt wird dieser große Hangrasen von sehr naturnahen schwachwüchsigen, seggenreichen Buchenwäldern und pfeifengrasreichen Kiefernbeständen.

Sowohl hinsichtlich seiner flächenmäßigen Ausdehnung als auch hinsichtlich seiner überaus reichen floristischen Ausstattung gehört dieser Kiefernwald-Kalkmagerrasen-Komplex zu den bedeutendsten Beständen in Südbayern überhaupt. Trotz seiner hohen naturschutzfachlichen Bedeutung ist der ausgedehnte Hangrasen im Rahmen der Schutzwaldsanierung zur Aufforstung vorgesehen, da man eine Gefährdung der unterhalb gelegenen Bundesstraße annimmt.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Bemerkenswerte Arten: *Linum viscosum* (Massenbestände), *Coronilla coronata*, *Aster amellus*, *Gladiolus palustris*, *Laserpitium prutenicum*; sehr häufig: *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*; reichlich Molinion-Arten und thermophile Saumarten.

Maßnahmen: Verzicht auf eine Aufforstung des ausgedehnten Rasenkomplexes; evtentuell Wiedereinführung der früher praktizierten extensiven Beweidung mit Schafen.

Kuhfluchtgraben bei Farchant

Beschreibung: Die ausgedehnten Erosionshänge auf der Nordseite des Kuhfluchtgrabens werden von großflächigen, prächtig entwickelten Rauhgrasfluren eingenommen, die im Oberhangbereich an teilweise extrem krüppelige Buntreitgras-Kiefernwälder grenzen, welche oft gleichfalls noch *Achnatherum calamagrostis* enthalten.

Bemerkenswerte Arten: *Achnatherum calamagrostis* (größtes Primärvorkommen), *Coronilla emerus*, *Thesium rostratum*, *Asperula tinctoria*, *Thalictrum saxatile*.

Wankhangfuß bei Partenkirchen

Beschreibung: Am unmittelbaren Ortsrand von Partenkirchen befindet sich bei der Kapelle St. Anton ein parkartig aufgelockerter Weide-Kiefernwald-Komplex mit zahlreichen offenen Lückenrasen und Gruppen aus thermophilen Sträuchern, der auch heute noch in traditioneller Form als Heimweide genutzt wird. Der gesamte, sehr strukturreiche und vielgestaltige Komplex ist in ästhetischer Hinsicht äußerst reizvoll und wird daher sehr stark von Erholungssuchenden frequentiert. Teilflächen wurden durch Auszäunung bereits von der Beweidung ausgeschlossen und verbuschen in zunehmendem Maße. Ferner wurde ein Vorkommen des seltenen Deutschen Backenklees im Bereich der ehemaligen Wankseilbahntrasse durch eine dichte, umzäunte Kiefernanpflanzung sehr stark beeinträchtigt und droht zu erlöschen.

Bemerkenswerte Arten: *Dorycnium germanicum*, *Coronilla vaginalis*, *Tetragonolobus maritimus*, *Allium carinatum*.

Maßnahmen: Aufrechterhaltung der traditionellen Nutzung als Heimweide; Rücknahme von Auszäunungen und der Kiefernpflanzung am Wuchsort von *Dorycnium germanicum*.

Krepelschrofen bei Wallgau

Beschreibung: Beim Kiefernwald-Komplex des Krepelschrofens am nordwestlichen Ortsrand von Wallgau (Foto 30) handelt es sich gleichfalls um eine typische talnahe Heimweide, die derzeit aber nurmehr in kleinen Teilbereichen gelegentlich von Jungvieh beweidet wird. Im Bereich einer Leitungstrasse befindet sich ein ausgedehnter verbrachter Halbtrockenrasen mit sehr reichem Artenbestand, der derzeit teilweise mit Kiefern zuwächst. Am Hangfuß grenzen die Kiefernbestände an ein gemähtes Carlino-Caricetum sempervirentis in sehr gutem Pflegezustand. Gegen Westen geht der Kiefernbestand in lichte, durch frühere Waldweide aufgelockerte Buchenwälder über. Aufgrund seiner äußerst reizvollen landschaftlichen Szenerie wird der Krepelschrofen sehr stark von Erholungssuchenden frequentiert.

Bemerkenswerte Arten: *Rhamnus saxatilis*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Peucedanum cervaria*, *Peucedanum oreoselinum*.

Maßnahmen: Wiedereinführung einer regelmäßigen extensiven Beweidung; Auflichtung von dichten Verjüngungsgruppen im Bereich des Halbtrockenrasens.

Isarleiten zwischen Mittenwald und Krün

Beschreibung: Im Bereich der Isarleiten zwischen Krün und Mittenwald sind an mehreren Stellen kleinere und größere, zumeist spirkendominierte Kieferwald-Komplexe auf Mergelrutschhängen zu finden. Durchsetzt sind die lichten Spirken- und Waldkiefernbestände von zahlreichen Kalkquellsümpfen, offenen Mergelrutschflächen und durch Erosion herauspräparierten, bizarren "Felsen" aus verdichteten Lockersedimenten (Seekreide, Schotter). Nach oben hin grenzen die Bestände teilweise an die gemähten Halbtrockenrasen der Mittenwalder Buckelwiesen.

Bemerkenswerte Arten: *Saxifraga mutata* (häufig), *Daphne cneorum*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Scorzonera humilis*, *Thalictrum minus*.

Maßnahmen: Gewährleistung einer ungestörten Morphodynamik, Verzicht auf "Sanierungsmaßnahmen"; Öffung von dichten Fichtenanpflanzungen, um den Kontakt zu den Buckelwiesen wiederherzustellen.

Burgberg bei Mittenwald

Beschreibung: Typischer, prächtig entwickelter Felskiefernwald (Foto 14) auf Wettersteinkalk (Subassoziation mit *Primula auricula*), der als Steinschlagschutzwald für die unterhalb gelegene Straße Mittenwald-Leutasch fungiert.

Bemerkenswerte Arten: *Coronilla emerus* (häufig), *Rhamnus saxatilis*.

Maßnahmen: keine.

Brunnenstein bei Scharnitz

Beschreibung: Ausgedehnte Spirken- und Waldkiefernbestände auf Wettersteinkalk in der Subassoziation mit *Primula auricula* (Foto 11), die eine ausgeprägte Schutzfunktion für die Infrastruktur im Talraum ausüben (Schneedynamik). Oberhalb der Kiefernbestände befindet sich eine ausgedehnte, sanierungswürdige Brandverkarstungsfläche (Entstehungszone von Lawinen).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Bemerkenswerte Arten: *Coronilla emerus*, *Rhamnus saxatilis*.

Maßnahmen: keine.

Schutzstatus: NSG Karwendel

NSG Riedboden zwischen Scharnitz und Mittenwald

Im Riedboden sind großflächig junge Entwicklungsstadien alluvialer Erico-Pinion-Wälder (Subassoziation mit *Dryas octopetala*) aus krüppeligen Spirken und Waldkiefern zu finden, die in direktem Kontakt zu Schwemmlingsfluren stehen, welche noch regelmäßig von der Isar beeinflußt werden. Im Westen grenzen die Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwälder an außerhalb der holozänen Aue gelegene, ausgedehnte lichte Weidewälder aus Fichte, einzelnen Rotbuchen und Kiefern mit Kalkmagerrasenunterwuchs, die teilweise eine typisch entwickelte Buckelwiesenstruktur (letzte Reste der untersten Buckelwiesen-Etage!!) aufweisen. Der gesamte Komplex ist aufgrund seiner Vielgestaltigkeit von herausragender landschaftlicher Schönheit und wird sehr stark von Erholungssuchenden frequentiert.

Bemerkenswerte Arten: *Carex ericetorum*, *Viola rupestris*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Antennaria dioica*, *Gentiana utriculosa*, *Bryodema tuberculata*.

Maßnahmen: Verzicht auf eine weitere Unterbindung der Morphodynamik der Isar durch Steinschüttungen etc.; Beibehaltung der extensiven Rinderbeweidung in der Aue und den angrenzenden Weidewäldern in ihrer heutigen Form; Verbot von Aufdüngungsmaßnahmen in den Weidewäldern der gebuckelten Spätglazialterrasse.

Schutzstatus: NSG.

Isarauen zwischen Mittenwald und Wallgau, "Krüner Viehweiden"

Beschreibung: Typisch ausgeprägter Auenzonationskomplex aus Grauerlen- und Lavendelweidenbeständen, größeren Resten von Weiden-Tamariskenfluren, Flutmulden-Schoeneten und verschiedenen alluvialen Kiefernwaldtypen (Foto 17). Auf den mittleren Terrassenniveaus dominieren recht großflächige, fast reine Spirkenbestände (Subassoziation mit *Thesium rostratum*), während auf älteren, höheren Terrassen vor allem lichte Mischbestände aus Waldkiefern und Fichten (Subassoziation mit *Vaccinium vitis-idaea*) anzutreffen sind. Der gesamte Komplex wurde früher mit Rindern beweidet; heute findet eine regelmäßige Beweidung nur noch auf Teilflächen statt, wobei es sich vor allem um durch Aufdüngung veränderte Bereiche handelt. Auf den rezent nicht mehr bestoßenen Flächen entwickeln sich derzeit teilweise extrem dichte und stark schattende Dickungen aus Jungwuchs von Waldkiefer, Spirke und Fichte.

Bemerkenswerte Arten: *Daphne cneorum* (häufig), *Plantago serpentina*, *Saxifraga mutata*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Thalictrum minus*, *Antennaria dioica*, *Rhamnus saxatilis*, *Myricaria germanica*.

Maßnahmen: Fortführung der extensiven Rinderweide innerhalb der Kiefernbestände; Rücknahme von Auszäunungen, Auflichtung von dichten Verjüngungsgruppen; Verbot von Düngergaben; Aushagerung aufgedüngter Bereiche.

Schutzstatus: In großen Teilen NSG Karwendel.

Fahrenberg oberhalb Walchensee

Beschreibung: Im extrem steilen Mittelhangbereich des Fahrenberges oberhalb Walchensee finden sich ausgedehnte, sehr stark verlichtete, alte Kiefernbestände, die von mehreren tief eingeschnittenen Gräben und Lawinarrinnen durchzogen werden, bei denen es sich vermutlich um primär waldfreie Strukturen handelt. Aufgrund der sehr starken Verlichtung der Bestände, die eine ausgesprochene Schutzfunktion für die Infrastruktur am Walchenseeufer ausüben, werden derzeit in größerem Umfang Schutzwaldsanierungsmaßnahmen durchgeführt. Angesichts der großen flächenmäßigen Ausdehnung nicht oder nur sehr bedingt waldfähiger Standorte (Schrofen, Gräben) resultiert hieraus aber kaum eine Gefährdung von Rote Liste-Arten. Unterhalb der nordöstlich angrenzenden Kirchl- und Reißenwand befinden sich ausgedehnte Rauhgrasfluren mit reichlich Pfeifengras.

Bemerkenswerte Arten: *Gladiolus palustris* (häufig), *Scorzonera humilis*, *Coronilla coronata*, *Geranium sanguineum*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*.

Maßnahmen: Berücksichtigung von floristisch besonders wertvollen Teilflächen (*Gladiolus palustris*, *Coronilla coronata*) bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen.

Geißalm nördlich der Kesselbergstraße

Beschreibung: Sehr schöner pfeifengrasreicher Kiefernwaldkomplex auf einem steilen Föhnprallhang oberhalb eines schluchtartigen Einschnittes; am felsigen Oberhang Bestände der Subassoziation mit *Primula auricula*.

Bemerkenswerte Arten: Keine.

Maßnahmen: Keine.

Isarauen zwischen Wallgau und Sylvensteinspeicher

In den Isarauen zwischen Wallgau und dem Sylvensteinspeicher (Foto 3) dominieren auf großer Fläche junge Auensukzessionsstadien wie Lavendelweidengebüsche und Weiden-Tamariskenfluren, die sich größtenteils erst nach dem Bau des Krüner Wehrs und dem weitgehenden Verlust der Morphodynamik (bis zur Einmündung des Rißbaches) während der letzten 70 Jahre ausbreiten konnten. Das Erico-Pinion-Element tritt demgegenüber deutlich in den Hintergrund. Geschlossene Schneeheide-Kiefern-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

waldbestände sind nur recht kleinflächig oder fragmentarisch auf älteren Terrassen entwickelt. Auf vielen Flächen, so z.B. bei Wallgau, scheitert eine Weiterentwicklung der jungen Sukzessionsstadien zu Kiefernbeständen teilweise an recht intensiver Beweidung und Weidepflegemaßnahmen sowie wegen des geringen Angebots an samenspendenden Altkiefern in der näheren Umgebung. Typisch für diesen Isarabschnitt sind weidegeprägte, locker mit Waldkiefern, Spirken, Fichten und Lavendelweiden überstellte, rasenartige, jüngere und ältere Sukzessionsstadien, die von zahlreichen Flutmuldenschoeneten durchzogen werden.

Bemerkenswerte Arten: *Daphne cneorum*, *Thesium rostratum*, *Carex ericetorum*, *Viola rupestris*, *Saxifraga mutata*, *Sagina nodosa*, *Myricaria germanica* (größte Population in Bayern), *Bryodema tuberculata*.

Maßnahmen: Beibehaltung einer extensiven Beweidung; ggf. Reaktivierung der Morphodynamik im Abschnitt Krün-Vorderriß.

Schutzstatus: NSG Karwendel.

Südhänge zwischen Vorderriß und Sylvenstein

Beschreibung: Aus naturschutzfachlicher Sicht sind in diesem Bereich insbesondere die Erosionshänge bei Vorderriß von Bedeutung, bei denen es sich zumeist um ehemalige Lateralerosionshänge handelt. Die ausgedehnten, sehr artenreichen Pionierrasen auf diesen Erosionsflächen zeigen stellenweise bereits eine deutliche Tendenz der Weiterentwicklung zu Buntreitgras-Kiefernwäldern. Größere Teile der Erosionshänge wurden in der Vergangenheit aus Sanierungsgründen dicht mit Kiefern bepflanzt, wobei teilweise aber offenbar falsche Provenienzen verwendet wurden (Kümmerwuchs, Kalkchlorosen). Oberhalb und östlich der Erosionshänge bei Vorderriß sind teilweise recht ausgedehnte Kiefernbestände auf felsigen Schrofen und entlang tiefer, schluchtartiger Einschnitte anzutreffen, in denen zumeist das Pfeifengras dominiert (Foto 16). Ähnliches gilt für den östlich angrenzenden Falkenberg auf der Höhe des Sylvensteinspeichers, in dessen Hangfußbereich ferner recht ausgedehnte Kiefern-Kalkquellsümpfe anzutreffen sind.

Bemerkenswerte Arten: *Rhamnus saxatilis*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Daphne cneorum*, *Gentiana utriculosa* (Massenbestände).

Maßnahmen: Verzicht auf weitere Sanierungsmaßnahmen im Bereich der Erosionshänge.

Isarauen zwischen Sylvenstein und Bad Tölz

Beschreibung: Während im Südteil des Abschnitts, nördlich des Sylvensteinspeichers, neben jungen Sukzessionsstadien auch ältere, geschlossene Kiefern-Bestände auf höheren, zumeist feinerdereicheren Terrassen anzutreffen sind, handelt es sich bei den Vorkommen zwischen Lenggries und Bad Tölz fast durchweg um sehr offene, junge Entwicklungsstadien, in denen sich die Kiefer infolge des Fehlens samenspendender Altbestände in der näheren Umgebung bisher kaum etablieren konnte. Sehr verbreitet sind gut entwickelte Flutmulden-Schoeneten anzutreffen. Seit Einstellung der Beweidung macht sich im gesamten Abschnitt eine zunehmende Verbuschungstendenz mit Wacholder, Fichte und stellenweise auch Birke bemerkbar, wovon vor allem etwas feinerdereichere, sandige Standorte betroffen sind.

Bemerkenswerte Arten: *Daphne cneorum*, *Carex ericetorum*, *Viola rupestris*, *Saxifraga mutata*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Gentiana utriculosa*, *Dorycnium germanicum* (Auenrand unterhalb Wackersberg).

Maßnahmen: Zurücknahme von Längsverbauungen; abschnittsweise Wiedereinführung einer extensiven Beweidung; Entbuschungen.

Schutzstatus: NSG.

Weißachauen zwischen Rottach-Egern und Kreuth

Beschreibung: In den Weißachauen zwischen Rottach-Egern und Kreuth sind auf recht großer Fläche fast ausschließlich junge Kiefernwaldstadien der Subassoziation mit *Dryas octopetala* zu finden, deren Entstehung auf die Regulierung der Weißach zurückgeht. Flankiert werden diese Bestände von sehr strukturreichen lichten Weidewäldern mit Kalkmagerrasenunterwuchs, in denen sehr häufig Verzahnungen und Durchdringungen mit Kalkflachmoorgesellschaften zu finden sind.

Bemerkenswerte Arten: *Carex ericetorum*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*.

Maßnahmen: Beibehaltung der extensiven Waldweide im Randbereich; Verbot von Aufdüngungsmaßnahmen.

Südhänge zwischen Thumsee und Albauer Kopf

Beschreibung: Im Bereich der südostexponierten Hänge zwischen Thumsee und Albauer Kopf sind recht ausgedehnte, pfeifengrasreiche Buntreitgras-Kiefernwälder anzutreffen. Bei einem Großteil dieser Bestände handelt es sich um ehemalige Streunutzungswälder, die teilweise bereits einen sehr hohen Anteil an Mischbaumarten (Mehlbeere, Buche) aufweisen. Wertbestimmende Arten sind fast ausschließlich im Bereich größerer Lückenrasen anzutreffen. In den Felswänden und Schuttfächerrinnen oberhalb des Thumsees besteht das einzige deutsche Vorkommen von *Galium truniacum*. Zugleich ist in den Kiefernbeständen des Schuttfächers sehr häufig *Goodyera repens* anzutreffen. Seit mehreren Jahren werden im gesamten Bereich recht umfangreiche Schutzwaldsanierungsmaßnahmen durchgeführt.

Bemerkenswerte Arten: *Galium truniacum*, *Linum viscosum*, *Thesium rostratum*, *Goodyera repens*.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Maßnahmen: Berücksichtigung von Naturschutzaspekten bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen; Verzicht der Bepflanzung floristisch besonders wertvoller Lückenrasen mit Gehölzen; Aufrechterhaltung der morphodynamischen Aktivität im Bereich des Schuttfächers oberhalb des Thumsees.

Gamersberg / Grindberg bei Melleck

Beschreibung: Unmittelbar an der deutsch-österreichischen Grenze gelegener Kiefernwald-Komplex mit offenen Felsschrofen und größeren, gehölzfreien Rasenpartien. Im unteren Bereich wurden im Rahmen der Schutzwaldsanierung in größerem Maße bereits Gehölzpflanzungen durchgeführt, von denen auch Reste von Halbtrockenrasen im Hangfußbereich betroffen sind. Recht ausgedehnte Bestände sind ferner östlich und nördlich des Grindberges am Wendelberg bzw. Ristfeuchthorn zu finden, wobei es sich aber in großen Teilen um Buchen- und Fichten-reiche Typen handelt, die bereits zu Bergmischwäldern vermitteln.

Bemerkenswerte Arten: *Linum viscosum*, *Rhamnus saxatilis*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*.

Maßnahmen: Verstärkte Berücksichtigung von Naturschutzbelangen bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen, Verzicht auf Gehölzpflanzungen in offenen Lückenrasen und Bereichen, die keine direkte Schutzfunktion ausüben.

Schutzstatus: NSG Östliche Chiemgauer Alpen.

Kienberg bei Oberjettenberg

Beschreibung: Bei den Kiefernbeständen am Kienberg bei Oberjettenberg handelt es sich um recht junge, dichte Kiefernanflüge auf einem ehemals gemähten, ausgedehnten Halbtrockenrasen. Im Hangfußbereich finden sich noch größere Halbtrockenrasenreste im Bereich steil abfallender Böschungen, in die gleichfalls die Kiefer eindringt; große Teile des ursprünglich wohl sehr ausgedehnten Halbtrockenrasens sind in flacheren Lagen bereits einer Aufdüngung zum Opfer gefallen. Die oberhalb der Halbtrockenrasenreste angrenzenden Kiefernbestände werden im Unterhangbereich noch extensiv mit Rindern beweidet.

Bemerkenswerte Arten: *Linum viscosum* (häufig).

Maßnahmen: Fort- bzw. Wiedereinführung einer extensiven Rinderbeweidung; Auflichtung von Kieferndickungen im Mittel- und Oberhangbereich um dem Vieh wieder den Zugang zu ermöglichen.

Ettenberger Buckelwiesen und Hammerstielwand bei Markt Schellenberg

Beschreibung: Unterhalb der Halbtrockenrasen der Ettenberger Buckelwiesen sind im Bereich der steil abfallenden Hammerstielwand kleinere, pfeifengrasdominierte Buntreitgras-Kiefernwälder und Lückenrasen inmmitten der vorherrschenden Bergmischwaldbestände zu finden. Diese Kiefernbestände übernehmen für die oberhalb angrenzenden, sehr artenreichen Ettenberger Buckelwiesen eine wichtige Biotopergänzungs- und Vernetzungsfunktion, enthalten in Rasenlücken aber auch noch so bemerkenswerte Arten wie die Sumpfgladiole.

Bemerkenswerte Arten: *Gladiolus palustris*, *Linum viscosum*, *Coronilla vaginalis*.

Maßnahmen: Fortsetzung einer extensiven Rinderbeweidung im Übergangsbereich zwischen den Buckelwiesen und den angrenzenden Kiefernbeständen; Offenhaltung von Wuchsorten der Sumpfgladiole im Bereich der Hammerstielwand.

11. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Schneeheide-Kiefernwälder (Klasse Erico-Pinetea) der mittleren Nördlichen Kalkalpen auf dem Gebiet Bayerns und Nordtirols einer umfassenden vegetationsökologischen Betrachtung unterzogen. Ziel der Studie ist die Erarbeitung von wesentlichen wissenschaftlichen Grundlageninformationen, die einen effizienten Schutz dieser sowohl aus landeskultureller als auch aus naturschutzfachlicher Sicht hochbedeutsamen Phytozönosen ermöglichen soll.

Im Rahmen der Arbeit erfolgt zunächst eine Analyse der Verbreitung von Schneeheide-Kiefernwäldern im Untersuchungsgebiet in Abhängigkeit von großräumig und kleinräumig wirkenden abiotischen und biotischen Faktoren wie Klima, Geologie, Geomorphologie, Boden, Nutzung und Vegetationsgeschichte. Auf floristischer Basis wird mit Hilfe ökologisch-soziologischer Artengruppen anhand von 520 Vegetationsaufnahmen eine Typisierung der Schneeheide-Kiefernwälder und wichtiger gehölzfreier Kontaktgesellschaften (Kalkmagerrasen, Säume, thermophile Schuttfluren, Kalkquellsümpfe) vorgenommen. Standörtliche Bindung, Ökologie, dynamische Stellung, Verbreitung, Nutzungsbeeinflussung und Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege der ausgeschiedenen Typen werden ausführlich dargestellt und diskutiert und mit Hilfe bodenkundlicher, mikroklimatischer und waldkundlicher Untersuchungen sowie feinanalytischer Transektanalysen weiter untermauert. Im Schlußteil der Arbeit werden Fragen des Naturschutzes und der Landespflege erörtert, schutzkonzeptionelle Vorstellungen entwickelt und eine vorläufige Gebietskulisse für die Bayerischen Kalkalpen entworfen.

Der steile thermische und hygrische Klimagradient zwischen den kühl-feuchten Randalpen und dem zentralalpischen, warm-trockenen Tiroler Oberinntal findet seinen deutlichen Niederschlag in der floristischen Struktur der Schneeheide-Kiefernwälder und deren gehölzfreien Kontaktgesellschaften. Daraus ergibt sich für die Kiefernwälder des Untersuchungsgebiets eine deutliche Zweiteilung in ein zentralalpisches, relativ xerothermes und in großen Teilen auch acidoklines, zwergstrauchdominiertes Erico-Pinetum und ein randalpisches, wesentlich

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Maßnahmen: Berücksichtigung von Naturschutzaspekten bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen; Verzicht der Bepflanzung floristisch besonders wertvoller Lückenrasen mit Gehölzen; Aufrechterhaltung der morphodynamischen Aktivität im Bereich des Schuttfächers oberhalb des Thumsees.

Gamersberg / Grindberg bei Melleck

Beschreibung: Unmittelbar an der deutsch-österreichischen Grenze gelegener Kiefernwald-Komplex mit offenen Felsschrofen und größeren, gehölzfreien Rasenpartien. Im unteren Bereich wurden im Rahmen der Schutzwaldsanierung in größerem Maße bereits Gehölzpflanzungen durchgeführt, von denen auch Reste von Halbtrockenrasen im Hangfußbereich betroffen sind. Recht ausgedehnte Bestände sind ferner östlich und nördlich des Grindberges am Wendelberg bzw. Ristfeuchthorn zu finden, wobei es sich aber in großen Teilen um Buchen- und Fichten-reiche Typen handelt, die bereits zu Bergmischwäldern vermitteln.

Bemerkenswerte Arten: *Linum viscosum*, *Rhamnus saxatilis*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*.

Maßnahmen: Verstärkte Berücksichtigung von Naturschutzbelangen bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen, Verzicht auf Gehölzpflanzungen in offenen Lückenrasen und Bereichen, die keine direkte Schutzfunktion ausüben.

Schutzstatus: NSG Östliche Chiemgauer Alpen.

Kienberg bei Oberjettenberg

Beschreibung: Bei den Kiefernbeständen am Kienberg bei Oberjettenberg handelt es sich um recht junge, dichte Kiefernanflüge auf einem ehemals gemähten, ausgedehnten Halbtrockenrasen. Im Hangfußbereich finden sich noch größere Halbtrockenrasenreste im Bereich steil abfallender Böschungen, in die gleichfalls die Kiefer eindringt; große Teile des ursprünglich wohl sehr ausgedehnten Halbtrockenrasens sind in flacheren Lagen bereits einer Aufdüngung zum Opfer gefallen. Die oberhalb der Halbtrockenrasenreste angrenzenden Kiefernbestände werden im Unterhangbereich noch extensiv mit Rindern beweidet.

Bemerkenswerte Arten: *Linum viscosum* (häufig).

Maßnahmen: Fort- bzw. Wiedereinführung einer extensiven Rinderbeweidung; Auflichtung von Kieferndickungen im Mittel- und Oberhangbereich um dem Vieh wieder den Zugang zu ermöglichen.

Ettenberger Buckelwiesen und Hammerstielwand bei Markt Schellenberg

Beschreibung: Unterhalb der Halbtrockenrasen der Ettenberger Buckelwiesen sind im Bereich der steil abfallenden Hammerstielwand kleinere, pfeifengrasdominierte Buntreitgras-Kiefernwälder und Lückenrasen inmmitten der vorherrschenden Bergmischwaldbestände zu finden. Diese Kiefernbestände übernehmen für die oberhalb angrenzenden, sehr artenreichen Ettenberger Buckelwiesen eine wichtige Biotopergänzungs- und Vernetzungsfunktion, enthalten in Rasenlücken aber auch noch so bemerkenswerte Arten wie die Sumpfgladiole.

Bemerkenswerte Arten: *Gladiolus palustris*, *Linum viscosum*, *Coronilla vaginalis*.

Maßnahmen: Fortsetzung einer extensiven Rinderbeweidung im Übergangsbereich zwischen den Buckelwiesen und den angrenzenden Kiefernbeständen; Offenhaltung von Wuchsorten der Sumpfgladiole im Bereich der Hammerstielwand.

11. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Schneeheide-Kiefernwälder (Klasse Erico-Pinetea) der mittleren Nördlichen Kalkalpen auf dem Gebiet Bayerns und Nordtirols einer umfassenden vegetationsökologischen Betrachtung unterzogen. Ziel der Studie ist die Erarbeitung von wesentlichen wissenschaftlichen Grundlageninformationen, die einen effizienten Schutz dieser sowohl aus landeskultureller als auch aus naturschutzfachlicher Sicht hochbedeutsamen Phytozönosen ermöglichen soll.

Im Rahmen der Arbeit erfolgt zunächst eine Analyse der Verbreitung von Schneeheide-Kiefernwäldern im Untersuchungsgebiet in Abhängigkeit von großräumig und kleinräumig wirkenden abiotischen und biotischen Faktoren wie Klima, Geologie, Geomorphologie, Boden, Nutzung und Vegetationsgeschichte. Auf floristischer Basis wird mit Hilfe ökologisch-soziologischer Artengruppen anhand von 520 Vegetationsaufnahmen eine Typisierung der Schneeheide-Kiefernwälder und wichtiger gehölzfreier Kontaktgesellschaften (Kalkmagerrasen, Säume, thermophile Schuttfluren, Kalkquellsümpfe) vorgenommen. Standörtliche Bindung, Ökologie, dynamische Stellung, Verbreitung, Nutzungsbeeinflussung und Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege der ausgeschiedenen Typen werden ausführlich dargestellt und diskutiert und mit Hilfe bodenkundlicher, mikroklimatischer und waldkundlicher Untersuchungen sowie feinanalytischer Transektanalysen weiter untermauert. Im Schlußteil der Arbeit werden Fragen des Naturschutzes und der Landespflege erörtert, schutzkonzeptionelle Vorstellungen entwickelt und eine vorläufige Gebietskulisse für die Bayerischen Kalkalpen entworfen.

Der steile thermische und hygrische Klimagradient zwischen den kühl-feuchten Randalpen und dem zentralalpischen, warm-trockenen Tiroler Oberinntal findet seinen deutlichen Niederschlag in der floristischen Struktur der Schneeheide-Kiefernwälder und deren gehölzfreien Kontaktgesellschaften. Daraus ergibt sich für die Kiefernwälder des Untersuchungsgebiets eine deutliche Zweiteilung in ein zentralalpisches, relativ xerothermes und in großen Teilen auch acidoklines, zwergstrauchdominiertes Erico-Pinetum und ein randalpisches, wesentlich

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

mesophileres, gräserbeherrschtes Calamagrostio-Pinetum. Analoge Unterschiede treten anhand der Kontaktgesellschaften zu Tage. So steht das zentralalpische Erico-Pinetum in direktem Kontakt zu echten Volltrockenrasen (Xerobromion), wohingegen man im Kontakt zum randalpischen Calamagrostio-Pinetum Halbtrockenrasen mit ausgesprochen mesophiler Artenkombination und Kalkquellsümpfe (Primulo-Schoenetum) vorfindet.

Während das Erico-Pinetum auf der Nordseite des klimatisch trockeneren Tiroler Oberinntales großflächig als landschaftsbeherrschende Vegetationsform auftritt, bleibt das Calamagrostio-Pinetum in den feuchteren Randalpen auf vergleichsweise bescheidener Fläche streng an größere, meridional durchgängige Talräume wie Loisach-, Isar- und Saalachtal gebunden, die sich infolge starken Föhneinflusses durch eine deutliche thermische Begünstigung auszeichnen.

Bei der weiteren floristischen Differenzierung der Schneeheide-Kiefernwälder lassen sich prinzipiell stets Typen, die floristisch und ökologisch Offenlandökosystemen noch näher stehen, von solchen unterscheiden, die diesbezüglich bereits stärker zu den klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften der Querco-Fagetea und Vaccinio-Piceetea vermitteln. Bei dieser floristischen Differenzierung kann es sich sowohl um mehr oder weniger stabile standörtliche Zonationen als auch um Stadien einer dynamischen Weiterentwicklung (Sukzession) handeln.

Nur ein Teil der Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet ist zweifelsfrei als wenig veränderliche Dauergesellschaften anzusprechen, die floristisch, strukturell und standörtlich zwischen nicht waldfähiger Fels- und Rasenvegetation auf der einen und den klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften auf der anderen Seite vermitteln. Derartige Bestände sind fast ausschließlich auf südseitigen, extrem flachgründigen Dolomit- und Hartkalksteilhängen zu finden, deren standörtliche Trockenheit keine anderen Baumarten als die Kiefer zuläßt.

Im Gegensatz dazu unterliegen Bestände im Bereich morphodynamischer Aktivitätszonen wie Wildflußauen, Griese, Schuttfächer, Lateral- und Mergelrutschhänge nach Substratkonsolidierung einer Weiterentwicklung durch autogene Sukzessionsprozesse. Erico-Pinion-Phytozönosen bilden auf diesen Standorten nur ein mehr oder weniger langlebiges Durchgangstadium der Vegetationsentwickklung, das zwischen offenen Pioniergesellschaften und klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften vermittelt. Im Rahmen der Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß selbst alluviale Schotterterrassenstandorte mit extrem grober und feinerdearmer Substrattextur durch fortschreitende Pedogenese langfristig ihren trockenen standörtlichen Extremcharakter einbüßen und klimaxnahe Dauergesellschaften zu tragen vermögen.

Die dauerhafte Existenz dieser dynamischen Schneeheide-Kiefernwälder ist daher in hohem Maße davon abhängig, daß durch morphodynamische Aktivität immer wieder Rohbodenstandorte entstehen, auf denen sie sich im Rahmen primärer Sukzessionen erneut an der Vegetationsentwicklung beteiligen können. Aufgrund der starken Eindämmung der morphodynamischen Aktivität durch wasserbauliche und infrastrukturelle Maßnahmen, insbesondere im für Bayern flächenmäßig sehr bedeutsamen Alluvialbereich, werden dort mittel- und langfristig Schneeheide-Kiefernwälder infolge autogener Sukzessionsprozesse allmählich verschwinden, sofern sie nicht durch geeignete sukzessionshemmende Pflegemaßnahmen in ihrem gegenwärtigen Zustand gehalten werden.

Anhand vegetations-, boden- und waldkundlicher Befunde konnte gezeigt werden, daß es sich bei einem Großteil der Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet eindeutig um Sekundärbestände handelt, die ihre Existenz historischen Nutzungen verdanken. Aus Pollenprofilen läßt sich ablesen, daß die Kiefer und ihre heliophile Begleitflora mit Einsetzen einer verstärkten menschlichen Nutzung spätestens seit dem frühen Mittelalter (Bajuwarische Landnahme) im Untersuchungsgebiet eine deutliche Ausbreitung erfahren haben, nachdem sie bereits ab dem Boreal durch konkurrenzkräftigere Baumarten auf wenige edaphische Extremstandorte und morphodynamische Aktivitätszonen abgedrängt worden waren. Durch vegetations- und standortdegradierende anthropo-zoogene Eingriffe wie Waldweide, Streunutzung, Brandrodung und Kahlschlag konnten sie auf trockenen Grenzstandorten der zonalen Schlußwaldgesellschaften im gesamten Untersuchungsgebiet einen beträchtlichen Flächenzuwachs verbuchen. Daneben trugen diese Nutzungseinflüsse aber auch zur langfristigen Konservierung von Sukzessionsstadien dynamischer Primärbestände bei.

Nachdem die degradierenden Nutzungsformen etwa seit dem Zweiten Weltkrieg weitgehend eingestellt wurden, unterliegen sämtliche Sekundärbestände potentiell einer Weiterentwicklung hin zu klimaxnahen Schlußwaldgesellschaften. Auf vielen Standorten, insbesondere im Tiroler Oberinntal, sind die nutzungsbedingten Degradationserscheinungen oft derart nachhaltig, daß eine Rückentwicklung wohl nur innerhalb längerer Zeiträume und bei einem völligen Ausschluß von Störungen möglich erscheint.

Im randalpischen Calamagrostio-Pinetum-Areal besitzen bereits heute die meisten Sekundärbestände, bei denen es sich fast durchweg um hochgrasdominierte Brachestadien ehemaliger Streunutzungs- und Weidewälder handelt, das standörtliche Potential für eine Weiterentwicklung zu Bergmischwäldern. Eine mögliche Sukzession scheitert jedoch derzeit fast vollständig aufgrund des Schalenwildverbisses an Gehölzen und einer ausgeprägten, verjüngungshemmenden Vergrasungstendenz. Anhand von Altersanalysen und Verjüngungsaufnahmen konnte nachgewiesen werden, daß eine erfolgreiche Entwick-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

lung sämtlicher Gehölze in den Bayerischen Alpen bereits seit 1860 offenbar vollständig am Wildverbiß scheitert. In den hochgrasdominierten Bestandestypen des Calamagrostio-Pinetum vermag sich die Kiefer infolge flächig entwickelter verdämmender Streufilzdecken derzeit nicht mehr auf natürliche Weise erfolgreich zu verjüngen. Früher wurden in diesen Beständen durch die Beweidung für die bei der Keimung auf Mineralbodenkontakt angewiesene Kiefer günstige Etablierungsbedingungen geschaffen.

Schneeheide-Kiefernwälder und ihre inneren und äußeren Kontaktgesellschaften zeichnen sich durch einen großen Reichtum an Arten der bayerischen Roten Liste aus. Bezüglich der Ausstattung mit Rote Liste-Arten bestehen jedoch erhebliche qualitative typenbezogene, lokale und regionale Unterschiede. Durch ein besonders hohes Artenschutzpotential zeichnen sich insbesondere überschirmungsfreie Lückenrasen, Kalkquellsümpfe, junge Sukzessionsstadien dynamischer Primärbestände und rezent noch beweidete Komplexe in wärmebegünstigten tieferen Lagen aus. Da es sich bei fast allen seltenen und gefährdeten Arten um ausgesprochen heliophile Sippen, Rohbodenpioniere und kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lückenbesiedler handelt, ist in Zukunft als Folge von Sukzessionsprozessen mit erheblichen Bestandeseinbrüchen zu rechnen. Bereits heute sind die Populationen sehr seltener und streng lokalisierter Arten wie *Gladiolus palustris* und *Carex baldensis* teilweise durch Schutzwaldsanierungsmaßnahmen, die zur Aufforstung von offenen Lückenrasen und sonstigen floristisch besonders wertvollen Teilflächen innerhalb der Schneeheide-Kiefernwälder führen, akut gefährdet. Eine zwingende landeskulturelle Notwendigkeit für derartige Maßnahmen ist häufig nicht gegeben. Langfristig können die bayerischen Schneeheide-Kiefernwälder in ihrem heutigen wertbestimmenden Zustand nur erhalten werden, wenn es zu keiner weiteren Einengung morphodynamischer Prozesse kommt, traditionelle Nutzungen (Waldweide) beibehalten werden und auf Schutzwaldsanierungsmaßnahmen weitestgehend verzichtet wird.

12. Dank

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. A. Fischer, der die vorliegende Studie mitinitiierte und bis zu ihrem Abschluß wissenschaftlich betreute; seine fachliche und organisatorische Unterstützung erlaubte mir ein Arbeiten unter besonders günstigen Rahmenbedingungen.

Herr Prof. Dr. K. E. Rehfuess und seine Mitarbeiter vom Lehrstuhl für Bodenkunde ermöglichten die Durchführung bodenkundlicher Laboranalysen und standen mir bei bodenkundlichen Problemen beratend zur Seite.

Die Herren Dipl. Forstw. M. Niedermeier und Dipl. Geogr. C. Geitner lieferten mit zwei engagiert durchgeführten Diplomarbeiten wichtige Bausteine zum Gelingen der Arbeit, ebenso wie Herr Dipl. Biol. W. Lorenz, dessen Diplomarbeit die pflanzensoziologische Datengrundlage erheblich erweiterte - die enge, sehr fruchtbare und freundschaftliche Kooperation im Rahmen dieser Diplomarbeiten wird mir in steter Erinnerung bleiben.

Meine Kollegen am Lehrbereich für Geobotanik Herr Dr. C. Abs und Herr Dipl. Biol. J. Ewald sorgten für eine überaus kollegiale und anregende Arbeitsatmosphäre und standen mir insbesondere in der Schlußphase der Arbeit stets mit Rat und Tat zur Seite.

Herr Prof. Dr. P. Schönfelder und seine Mitarbeiter Herr Dipl. Biol. M. Scheuerer und Herr Dipl. Biol. C. Döring von der Zentralstelle für die floristische Kartierung der Bundesrepublik Deutschland stellten mir aktualisierte Pflanzenverbreitungskarten zur Verfügung.

Herr Dr. F. Schuhwerk und Herr Dr. W. Lippert von der Botanischen Staatssammlung München waren stets hilfsbereit beim Bestimmen kritischer Sippen.

Den Altmeistern der süddeutschen Pflanzensoziologie Herrn Prof. Dr. h. c. E. Oberdorfer, Herrn Prof. Dr. P. Seibert und Herrn Prof. Dr. Th. Müller verdanke ich viele anregende Diskussionen in Fragen der Synsystematik.

Die Oberforstdirektion München und die Forstämter Mittenwald und Garmisch-Partenkirchen ermöglichten eine effektive Geländearbeit durch die Bereitstellung von Fahrgenehmigungen und gewährten Einsicht in die Forstoperate.

Unschätzbaren Wert für die Interpretation der Ergebnisse hatten auch eine Vielzahl mündlicher Informationen von Forstbeamten und Landwirten zur Nutzungsgeschichte der Schneeheide-Kiefernwälder; besonders erwähnt seien in diesem Zusammenhang insbesondere Herr Dr. G. Meister (Reichenhall) sowie die Tiroler Gemeindeförster Herr Thaler (Zirl) und Herr Sauerwein (Reith).

Frau R. Dempsey übernahm in dankenswerter Weise die mühsame Arbeit der Schlußkorrektur des Manuskripts.

Die vorliegende Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die großzügige Unterstützung durch die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege in Laufen, die das Projekt in den Jahren 1991 bis 1994 finanzierte. Für die professionelle organisatorische Abwicklung und Betreuung des Forschungsvorhabens, von der Initiierung bis hin zur Drucklegung der Arbeit, möchte ich allen beteiligten Mitarbeitern der ANL meinen Dank aussprechen.

Schließlich richtet sich mein Dank auch an alle hier nicht namentlich erwähnten Personen, die in vielfältiger Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

13. Literatur

ABELE, G. (1994): Felsgleitungen im Hochgebirge und ihr Gefahrenpotential. - Geogr. Rdsch. 46 (7-8): 414-420.

ADLER, W., OSWALD, K. & FISCHER, R. (1994): Exkursionsflora von Österreich. - 1.180 S., Stuttgart.

AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 3., verb. u. erweit. Aufl: 331 S.; Hannover.

AICHINGER, E. (1933): Vegetationskunde der Karawanken. - Pflanzensoziologie 2: 329 S., Jena.

—— (1951): Lehrwanderung in das Bergsturzgebiet der Schütt am Südfuß der Villacher Alpe. - Angewandte Pflanzensoziologie 4: 67-118.

—— (1952): Rotföhrenwälder als Waldentwicklungstypen. - Angewandte Pflanzensoziologie 6: 5-68.

—— (1965): Wann können wir die Fichtenjugend bodentrockener Rotföhrenwälder freistellen. - Allg. Forstztg. 76: 110-113.

AMMER, U. (1990): Auswirkungen des Bestockungswandels und der Waldschäden auf die Schutzfunktion des Bergwaldes gegenüber Schneebewegungen. - Forstw. Forschungen 40: 102-110.

ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (Hrsg.) (1985): Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland - Kurzfassung. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 44: 91 S.

ARNOLD, H. & SCHAUDERNA, K. (1986): Wild und Jagd im oberbayerischen Alpenraum. - Allg. Forstz. 39: 957 - 958.

BÄTZING, W. (1991): Die Alpen - Entstehung und Gefährdung einer europäischen Kulturlandschaft. - 286 S., München

BAUMGARTNER, A., REICHEL, E. & WEBER, G. (1983): Der Wasserhaushalt der Alpen. - 343 S., München/Wien.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1990): Der Schutzwald in den Bayerischen Alpen; Funktion - Zustand - Sanierung. - RD Nr. 09/90/02, München.

BERNHART, A. (1988): Waldentwicklung, Verjüngung und Wildverbiß im oberbayerischen Bergwald. - Schw. Z. f. Forstwesen 139/6: 463-484.

BICHLER, E. M. (1993): Die Weißachauen zwischen Rottach-Egern und Kreuth - Entwicklung, Vegetation, Nutzung. - Dipl. Arbeit FH Weihenstephan - FB Landespflege: 122 S.

BIERMAYER, G. (1980): Boden-Toposequenzen im Hauptdolomitgebiet der Tegernseer Berge. Dipl. Arb. Lehrstuhl für Bodenkunde LMU München.

BIERMAYER, G. & REHFUESS, K.E. (1985): Holozäne Terrae fuscae aus Carbonatgestein in den Nördlichen Kalkalpen. - Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 148: 405-416.

BISSINGER, M. & H. BOHNERT (1990): Das Isartal bei Wallgau - Vegetationsuntersuchungen und Nutzungsbewertungen. - Dipl. Arbeit FH Weihenstephan - FB Landespflege: 117 S.

BOCHTER, R. (1984): Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten. - Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden 6: 212 S.

BOCHTER, R., NEUERBURG, W. & ZECH, W. (1981): Humus und Humusschwund im Gebirge. - Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden 2: 110 S.

BORTENSCHLAGER, S. (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I: Inneres Ötztal und unteres Inntal. - Ber. nat. med. Ver. Innsbruck 71: 19 -56.

BOSCH, C. (1986): Standorts- und ernährungskundliche Untersuchungen zu den Erkrankungen der Fichte (Picea abies (L.) Karrst.) in höheren Gebirgslagen. Forstl. Forschungsberichte. 75: 1-241.

BRAUN-BLANQUET, J. (1961): Die inneralpine Trockenvegetation. - Geobotanica selecta I: 273 S., Stuttgart.

—— (1964): Pflanzensoziologie. - 3. Aufl.: 865 S., Wien.

BRAUN-BLANQUET, J., SISSINGH, G. & VLIEGER, J. (1939): Klasse der Vaccinio-Piceetea - Prodromus der Pflanzengesellschaften. - Fasc.: 123 S.

BRAUN-BLANQUET, J., PALLMANN, H. & BACH, R. (1954): Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. II. Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (Vaccinio Piceetalia). - Ergebn. Wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark N.F. 4: 200 S.

BRAUN-BLANQUET, J. & RICHARD, F. (1949): Groupements vegetaux et sols du bassin de Sierre. - Bull. Murith. 64: 106-134.

BRESINSKY, A. (1959): Die Vegetationsverhältnisse der weiteren Umgebung von Augsburg. - Naturf. Ges. Augsburg 11: 59-216.

—— (1965): Zur Kenntnis des circumalpinen Florenelements im Vorland der Alpen. - Ber. Bay. Bot. Ges. 38: 5-67.

BÜRGER, O. (1994): Prähistorische Landschaftskunde am Beispiel Pestenacker - Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Altmoränengebiet zwischen Lech und Isar (Bayerisches Alpenvorland). - Diss. an der Fakultät für Biologie an der LMU München: 187 S.

CAJANDER A. K. (1909): Über Waldtypen. - 175 S., Helsingfors.

CHRISTENSEN, K. J. (1987a): A morphometric study of the *Pinus mugo* TURRA complex and its natural hybridisation with P. sylvestris L. (Pinaceae). - Feddes Repertorium 98 (11-12): 623-635.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

—— (1987b): Taxonomic revision of the Pinus mugo complex and P. rhaetica (P. mugo x sylvestris) (Pinaceae). - Nordic Journal of Botany 7: 383-408.

CONERT, H. J. (1981): Über das Rohrartige Pfeifengras, *Molinia arundinacea* Schrank. - Ber. Bay. Bot. Ges. 52: 5-14.

COOPER, A. & ETHERINGTON, J. R. (1974): The Vegetation of carboniferous limestone soils in South Wales. I. Dolomitization, soil magnesium status and plant growth. J. Ecol. 62: 179-190.

DAFIS, S.A. (1962): Struktur und Zuwachsanalysen von natürlichen Föhrenwäldern. Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz 41: 1-86.

DEMAS, G., LASEN, C. & L. POLDINI, L. (1990): Einige Betrachtungen zu den Föhrenwäldern im Veneto. - Tagungsbericht der ostalpin-dinarischen Gesellschaft für Vegetationskunde zum Symposium in Keszthely 25.-29. Juni 1990: 59-70

EGGENSBERGER, P. (1994): Die Pflanzengesellschaften der subalpinen und alpinen Stufe der Ammergauer Alpen und ihre Stellung in den Ostalpen. - Ber. Bay. Bot. Ges. Beiheft 8: 3-239.

EGGLER. J. (1955): Ein Beitrag zur Serpentinvegetation in der Gulsen bei Kraubath in Obersteiermark. Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark 85: 27-72.

EHRIG, F.R. (1977): Walddegradation und Waldsanierung im Raum von Garmisch-Partenkirchen. - Erdkunde 31: 33-44.

ELLENBERG, H. (1954): Steppenheide und Waldweide. - Erdkunde 8: 188-194.

—— (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. - 4. Aufl.: 989 S., Stuttgart.

ELLENBERG, H. & KLÖTZLI, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 48: 388-930.

ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1991): Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas. - Scripta Geobotanica XVIII: 224 S.

ETTER, H., (1947): Über die Waldvegetation am Südostrand des schweizerischen Mittellandes. - Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 25: 141-210.

FABIJANOWSKI, J. (1950): Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Exposition, Relief, Mikroklima und Vegetation in der Fallätsche bei Zürich. - Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 29: 104 S.

FALINSKI, J.B. (1986): Vegetation dynamics in temperate low-land primeval forest. - Geobotany 8: 1-537, Dordrecht.

FALINSKI, J.B. , CIESLINSKI, S. & CZYZEWSKA, K. (1993): Dynamic-Floristic Atlas of Jelonka. - Phytocoenosis 5: 139 S.

FELDNER, R. (1978): Waldgesellschaften, Wald- und Forstgeschichte und Schlußfolgerungen für die waldbauliche Planung im NSG Ammergauer Berge. - Diss. Univers. für Bodenkultur, Wien: 369 S.

FISCHER, A. (1987): Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundärsukzessionen. - Diss. Bot. 110: 234 S.

FISCHER, R. (1992): Blütenwunder als Folge eines Brandes im Schwarzföhrenforst. - Jb. Ver. Schutz Bergwelt 57: 131-174.

FISCHER, A., ABS, G. & LENZ, F. (1990): Natürliche Entwicklung von Waldbeständen nach Windwurf. Ansätze einer "Urwaldforschung" in der Bundesrepublik. - Forstw. Cbl. 109 S.

FLIRI, F. (1975): Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. - Monographien zur Landeskunde Tirols, Folge 1: 454 S.; Innsbruck, München.

FRANK, G. (1991): Bestandestypen der Schwarzkiefer (*Pinus nigra* ARNOLD) im Forêt d'Aitone, Korsika, und am Niederösterreichischen Alpenostrand. - Dissertationen der Universität für Bodenkultur Wien 38: 200 S.

FRANKL, R. (1989): Latschengebüsche in den Tannheimer Bergen. Dipl. Arb. Institut für Geowissenschaften der Universität Bayreuth.

FRAHM, J. & P. FREY (1983): Moosflora. - 522 S., Stuttgart.

FROMME, G. (1957): Der Waldrückgang im Oberinntal. - Mitt. Forstl. Bundesversuchanst. 54: 5-220.

GAMPE, S. (1989): Über Sanierungsaufforstungen in den Bayerischen Alpen. Mitt. aus d. Staatsforstverwaltung Bayerns 44: 213 S.

GAMS, H. (1930): Über Reliktföhrenwälder und das Dolomitphänomen. - Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich 6: 32-81.

—— (1931): Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. 1. Teil. - Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, 9/10: 321-346.

GAUCKLER, K. (1938): Steppenheide und Steppenheidewald der Fränkischen Alb in pflanzensoziologischer, ökologischer und geographischer Betrachtung. - Ber. Bay. Bot. Ges. 23: 3-134.

—— (1954): Serpentinvegetation in Nordbayern. - Ber. Bay. Bot. Ges. 30: 19-26.

GENSAC, P. (1968): Les groupement forestiers de l'étage collinéen en Tarentaise moyenne et supérieure. - Ann. Centre d'Enseignem. Sup., Sect. Sci. 6: 103-122.

GIGON, A. (1971): Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und auf Karbonatboden. Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 48: 164 S.

GLATZEL, G. (1968): Probleme der Beurteilung der Ernährungssituation von Fichte auf Dolomitböden. - Mitt. d. Österr. Bodenk. Ges. 12: 17-38.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

GRABHERR, W. (1934): Der Einfluß des Feuers auf die Wälder Tirols in Vergangenheit und Gegenwart. - Cbl. Ges. Forstwes. 60: 260-273 u. 289-302.

—— (1936): Die Dynamik der Brandflächenvegetation auf Kalk- und Dolomitböden des Karwendels. - Beih. Botan. Cbl 55 B: 1-94.

GRASSER, M. (1992): Artenschutzwert von Föhrenwäldern bei Brugg, Kanton Aargau, in Abhängigkeit von den ökologischen Standortfaktoren. - Ber. Geobot. Inst. ETH Zürich 58:147-163.

GRIME, J. P. (1986): Plant strategies and vegetation processes. - 222 S., Chichester.

HAGEN, T. (1993): Vegetationsveränderungen in Kalk-Magerrasen des Fränkischen Jura.- Diss. an der Biologischen Fakultät der LMU-München:192 S.

HANDEL-MAZETTI, H. v. (1938): Südtiroler Florenkinder in den Nordtiroler-, Salzburger- und Bayerischen Alpen. - Jb. Ver. Schutz Alpenpfl. -tiere 10: 55-60.

HANTSCHEL , R. & PFIRRMANN, T. (1990): Bodenkundliche Untersuchungen am Forschungsschwerpunkt Wank - Bedeutung für die Waldschäden in den Kalkalpen. - Forstw. Forschungen 40: 87- 98.

HEGI, G. : Illustrierte Flora von Mitteleuropa.- Bd. V3: 1.567-2.250.

HEMP, A. (1995): Die Dolomitkiefernwälder der Nördlichen Frankenalb - Entstehung, systematische Stellung und Bedeutung für den Naturschutz. - Bayreuther Forum Ökologie 22: 189 S.

HERTER, W. (1990): Die Pflanzengesellschaften des Hintersteiner Tales. Diss. Bot. 147: 124 S.

HIEMEYER, F. (1992): Über einheimische Veilchen und ihre Kreuzung im mittelschwäbischen Raum - Beobachtungen und Erkenntnisse. - Ber. Bay. Bot. Ges. 63: 81-102.

HIRTLREITER, G. (1992): Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen im Wettersteingebirge und seiner Umgebung. - Münchner Geogr. Abhandl. Reihe B 15: 154 S.

HOHENESTER, A. (1960): Grasheiden und Föhrenwälder auf Diluvial- und Dolomitsanden im nördlichen Bayern. Ber. Bay. Bot. Ges. 33: 30-85.

HÖLZEL, N. (1990): Vegetationsentwicklung auf Erosionsstandorten einer pleistozänen Talverfüllung im Lainbachtal bei Benediktbeuern / Obb. - Dipl. Arb. Institut f. Geographie LMU München.

HORVAT, I.,GLAVAC, V. & ELLENBERG, H. (1974): Vegetation Südosteuropas. - 752 S., Stuttgart.

HUEMER, P. (1991): Bestandesaufnahme der Schmetterlinge (Lepidoptera) im Gebiet der Lech-Akkumulationsstrecke zwischen Stanzach und Forchach (Nordtirol, Österreich). - Veröff. Tirol. Landesmus. Ferdinandeum 71: 1-57.

JELEM, H. (1967): Böden und Waldgesellschaften im Revier Merkenstein Schwarzföhren-Kalkvoralpen (Kalkwienerwald), Standortserkundung Hoher Lindkogel. - Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Institut für Standort Heft 21: 43 S.

JERZ, H., SCHAUER, TH. & SCHEUERMANN, K. (1988): Zur Geologie, Morphologie und Vegetation der Isar im Gebiet der Ascholdinger und Pupplinger Au. - Ver. z. Schutz d. Bergwelt 51: 87-131.

KARL, J. (1952): Zur Kenntnis der Reliktflora der Ammergauer Alpen. - Ber. Bay. Bot. Ges. 29: 12-14.

—— (1954): Die Vegetation der Lechauen zwischen Füssen und Deutenhausen. - Ber. d. Bay. Bot. Ges. 30: 65-50.

KARRER, G. (1985): Waldgrenzstandorte an der Thermenlinie (Niederösterreich). - Stapfia 14: 85-103.

KIELLAND-LUND, J. (1967): Zur Systematik der Kiefernwälder Fenno-scandiens. - Mitt. Florist.- soziol. Arbeitsgem. N.F. 11/12.: 127-141.

—— (1981): Die Waldgesellschaften SO-Norwegens. - Phytocoenologica 9 (1/2): 53-250.

KIMMINS, J.P. (1987): Forest Ecology. - 531 S., New York, London.

KINZEL, H. (1982): Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. - 534 S., Stuttgart.

KLÖTZLI, F. (1975): Ökologische Besonderheiten Pinus-reicher Waldgesellschaften. - Schweiz. Zeitschr. für Forstwes.126: 672-710.

KÖLLEMANN, C. (1981): Die Trockenvegetation im Vintschgau. - Jb. Ver. Schutz Bergwelt 46: 127-147.

KORTENHAUS, W. (1985): Das Naturwaldreservat Friedergries. - Dipl. Arbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der LMU München: 63 S.

KRAL, F. (1979): Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. - 175 S., Wien.

——(1989): Pollenanalytische Untersuchungen im Fernpaßgebiet: Zur Frage des Reliktcharakters der Bergsturzkiefernwälder. - Verh. Zool.- Bot. Ges. Österr. 126: 127-138..

KRAPFENBAUER, A. (1969): Böden auf Dolomit und Serpentin in ihrer Auswirkung auf die Waldernährung. - Cbl. ges. Forstwesen 86 (4): 189-219.

KRAUSE, W. (1940): Untersuchungen über die Ausbreitungsfähigkeit der Niedrigen Segge (*Carex humilis*) in Mitteldeutschland. - Planta 31: 91-169.

KREUTZER, K. (1970): Manganmangel bei der Fichte (*Picea abies* Karst.) in Süddeutschland. - Forstwiss. Cbl. 89: 275-299.

KREUTZER, K. & GROTTENTALER, W. (1991): Terrestrische organische Bodenbildungen auf Fels- und Ske-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

lettsubstraten (O-C-Böden). - Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges., 66, II: 815-818.

KUHN, N. (1967): Waldgesellschaften und Waldstandorte in der Umgebung von Zürich. - Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 40: 1-84.

LANG, G. (1973): Die Vegetation des westlichen Bodenseegebiets. - Pflanzensoziologie (Stuttgart) 17: 451 S.

LIPPERT, W. & MERXMÜLLER, H. (1986): *Galium truniacum* (Ronniger) Ronniger in Bayern. - Ber. Bay. Bot. Ges. 57: 183.

LISS, B.-M. (1988): Versuche zur Waldweide - Der Einfluß von Weidevieh und Wild auf Verjüngung, Bodenvegetation und Boden im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. Forstl. Forschungsberichte 87: München.

LIU, J.-C., PFIRRMANN, T., PAYER, H.-D., RUNKEL, K.H. & SCHRAMEL, P. (1991): Wasser- und Stoffdynamik der Böden am Wank und ihr möglicher Einfluß auf die Fichten. - GSF-Bericht 26: 237-251; Neuherberg.

LORENZ, W. (1993): Vegetationskundliche Untersuchungen der Schneeheide-Kiefernwälder im Landkreis Garmisch-Partenkirchen. Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 54: 301-349.

LOTTO, R. (1982): Neue floristische Beobachtungen von Farn- und Blütenpflanzen in den mittleren Bayerischen Alpen. - Ber. Bay. Bot. Ges. 53: 61-86.

LUTZ, J. L. & PAUL, H. (1947): Die Buckelwiesen bei Mittenwald. - Ber. Bay. Bot. Ges. 27: 98-138.

MAIER, J. (1983): Vergleichende Zapfenmorphologische Untersuchungen an Krummholzkiefern. - Dipl. Arbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der LMU München: 44 S.

—— (1994): Taxonomisch-genetische Untersuchungen zum Pinus mugo-Komplex. Unveröffentlichter Forschungsbericht des Lehrstuhls für Forstbotanik der Forstwissenschaftlichen Fakultät LMU München: 61 S.

MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. - 344 S., Stuttgart.

MARTIN-BOSSE, H. (1967): Schwarzföhrenwälder in Kärnten. - Angewandte Pflanzensoziologie 20: 1-89.

MATUSZKIEWICZ, A. (1962): Zur Systematik der natürlichen Kiefernwälder des mittel- und osteuropäischen Flachlandes. - Mitt. Florist.-Soziol. Arb. gem. N. F. 9: 145-186.

MARGL, H. (1973): Waldgesellschaften und Krummholz auf Dolomit. - Angewandte Pflanzensoziologie 21: 51 S.

MEISTER, G. (1969): Ziele und Ergebnisse forstlicher Planung im oberbayerischen Hochgebirge. - Forstw. Cbl. 88: 97-130.

MERXMÜLLER, H. (1950): Zur Revision einiger Verbreitungsangaben. - Ber. Bay. Bot. Ges. 28: 240-242.

MEUSEL, H., JÄGER, E. & WEINERT, E (1965, 1978, 1992): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. - Bd. I 1965, Textband 583 S. und Kartenband 258 S. Bd. II 1978, Textband 710 S. und Kartenband 170 S. Bd. III 1992, Textband 333 S. und Kartenband 265 S., Jena.

MEYER-GRASS, M. (1989): Grundlagen und Möglichkeiten des Gleitschnee- und Lawinenschutzes unterhalb der aktuellen Waldgrenze. - Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/89: 197-210, München.

MICHIELS, H.G. (1993): Die Stellung einiger Baum- und Straucharten in der Struktur und Dynamik der Vegetation im Bereich der hochmontanen und subalpinen Waldstufe der Bayerischen Kalkalpen. - Forstl. Forschungsberichte 135: 1-300, München.

MISHRA, V. K: (1982): Genesis und classification of soils derived from Hauptdolomit (Dolomite) in Kalkalpen and effects of soil type and humus form on some features of forest regeneration. - Diss. LMU München: 165 S.

MOOR, M. (1958): Pflanzengesellschaften schweizerischer Flußauen. - Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 34: 221-360.

MÜLLER, F. (1977): Die Waldgesellschaften und Standorte des Sensengebirges und der Mollner Voralpen (Oberösterreich). - Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien 121: 1-242.

MÜLLER, N. (1988): Zur Flora und Vegetation des Lech bei Forchach (Reute/Tirol) - letzte Reste nordalpiner Wildflußlandschaften. - Natur und Landschaft 63: 263-269.

—— (1991): Auenvegetation des Lech bei Augsburg und ihre Veränderung infolge von Flußbaumaßnahmen. - Augsb. Ökolog. Schrft. 2:79-108.

MÜLLER, N. & A. BÜRGER (1990): Flußmorphologie und Auenvegetation des Lech im Bereich der Forchacher Wildflußlandschaft (Oberes Lechtal, Tirol). - Jb. Ver. Schutz Bergwelt 55: 123-154.

MÜLLER, N., DALHOF, B., HÄCKER, B. & G. VETTER (1992): Auswirkungen von Flußbaumaßnahmen auf Flußdynamik und Auenvegetation am Lech - eine Bilanz nach 100 Jahren Wasserbau an einer nordalpinen Wildflußlandschaft. - Berichte der ANL 16: 181-213.

MÜLLER, T. (1980): Der Scheidenkronwicken-Föhrenwald (Coronillo-Pinetum) und der Geißklee-Föhrenwald (Cytiso-Pinetum) auf der Schwäbischen Alb. - Phytocoenologia 7: 392-412.

MÜLLER-SCHNEIDER P. (1986): Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen Graubündens. - Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 85: 263 S.

MUCINA, L., GRABHERR, G. & S. WALLNÖFER (Hrsg.) (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III: 353 S., Jena.

NIEDERMEIER, M. (1993): Struktur und Verjüngung nordalpiner Trockenkiefernwälder. - Diplomarbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der LMU München.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

NIKLFELD, H. (1979): Vegetationsmuster und Arealtypen der montanen Trockenflora in den nordöstlichen Alpen. - Stapfia 4: 229 S.

OBERDORFER, E. (1950): Beitrag zur Vegetationskunde des Allgäus. - Beitr. naturk. Erforsch. Südw.-Dtld. 9: 29-98.

—— (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. - Pflanzensoziologie 10: 564 S., Jena.

—— (1978): Süddeutsche Pflanzengesellschaften; Teil II. - 2. stark bearb. Aufl.: 355 S., Jena.

—— (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. - 5. überarb. u.erg. Aufl.: 1051 S., Stuttgart.

—— (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften; Teil IV. - 2. stark bearb. Auflage: 2 Bde. 282 S. u. 580 S., Jena.

PATZELT, G. & POSCHER, G. (1993): Der Tschirgant-Bergsturz. - Geologie des Oberinntaler Raumes. - Arbeitstagung 1993 der Geol. Bundesanstalt: 208-213.

PLACHTER, H. (1986): Die Fauna der Kies- und Schotterbänke dealpiner Flüsse und Empfehlungen für ihren Schutz. - Ber. ANL 10: 119-147.

PFADENHAUER, J. (1993): Ökologische Grundlagen für Nutzung, Pflege und Entwicklung von Heidevegetation. Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 5: 221-235.

PRIESNITZ, K. (1967): Zur Frage der Lösungsfreudigkeit von Kalkgesteinen in Abhängigkeit von der Lösungsfläche und ihrem Gehalt an Magnesiumkarbonat. - Zeitschr. f. Geomorphologie N.F., 11: 491-498.

PUTZER, J. (1967): Pflanzengesellschaften im Raum von Brixen mit besonderer Berücksichtigung der Trockenvegetation. - Diss. Univ. Innsbruck.

RAUSCH, V. (1981): Die Relikt-Föhrenwälder um Garmisch-Partenkirchen. - Ver. Schutz Bergwelt, Münschen 46: 41-64.

REHDER, H. (1962): Der Girstel - ein natürlicher Föhrenwaldkomplex am Albis bei Zürich. - Ber. Geobot. Inst. ETH, Zürich 33: 17-64.

REHFUESS, K.E. (1990): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. 2., völlig neu überarbeitete und erweiterte Auflage. - Pareys Studientexte, 29: 294 S.; Hamburg, Berlin (Parey).

REICH, M. (1990): Verbreitung, Lebensweise und Gefährdungsursachen von *Bryodema tuberculata* (F.) (Geflechte Schnarrschrecke) als Grundlage eines Schutzkonzeptes. - Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 99: 49-54.

RICHARD, J.L. (1972): La vegetation des cretes rocheuses du Jura. - Ber. Schweiz. Botan. Ges. 82: 68-112.

RITTER-STUDNICKA, H. (1967): Reliktgesellschaften auf Dolomit in Bosnien und Herzegowina. Vegetatio 15: 191-212.

—— (1970): Die Vegetation der Serpentinvorkommen in Bosnien. Vegetatio 21:75-156.

ROHDENBURG, H. & MEYER, R. (1968): Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Holozän oder Spätglazial. - Gött. Bodenkdl. Ber. 6: 127-212.

RÖSCH, K. (1992): Einfluß der Beweidung auf die Vegetation des Bergwaldes. - Nationalpark Berchtesgaden Forschungsbericht 26: 156 S.

ROTH, C. (1979): Soziologisch-ökologische Untersuchungen im Grenzbereich *Fagus sylvatica* L./*Pinus sylvestris L.* in der nördlichen Schweiz. Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 66: 1-79.

ROTHMALER, W. (1990): Exkursionsflora, Band 4: Kritischer Band. - 8. Aufl.: 811 S., Berlin.

RUBNER, K. (1951): Der Schneeheide-Kiefernwald in den Bayerischen Alpen. - Allgem. Forstzeitschr. 41, München: 412-414.

—— (1958): Die Alpenföhre in Bayern. - Jb. Ver. Schutz Bergwelt 23: 169-172.

—— (1959): Kiefernrassenstudien in der Deutschen Bundesrepublik, Teil I u. II. - Forstarchiv 30: 165-214.

—— (1962): Kiefernrassenstudien in der Deutschen Bundesrepublik, Teil III. - Forstarchiv 33: 138-151.

SCHARFETTER, R. (1938): Das Pflanzenleben der Ostalpen. - 419 S., Wien.

SCHIPPMANN, U. (1986): Über *Brachypodium rupestre* (Host) Roemer & Schultes in Bayern. Unterscheidung und Verbreitung. - Ber. Bay. Bot. Ges. 57: 53-56.

SCHMID, E. (1936): Die Reliktföhrenwälder der Alpen. - Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 21: 190 S.

SCHÖNFELDER, P. (1986): Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. - Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 72: 77 S.

SCHÖNFELDER, P. & A. BRESINSKY (1990): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. - Stuttgart: 752 S.

SCHÖNHALS, E. & POETSCH, T.J. (1976): Körnung und Schwermineralbestand als Kriterien für eine Deckschicht in der Umgebung von Seefeld und Leutasch (Tirol). - Eiszeitalter u. Gegenwart 27: 134-142; Öhringen/Württ.

SCHRETZENMAYR, M. (1950): Die Sukzessionsverhältnisse der Isarauen südlich Lenggries. Ber. Bay. Bot. Ges. 28: 19-63.

SCHUHWERK, F. (1990): Relikte und Endemiten in Pflanzengesellschaften Bayerns - eine vorläufige Übersicht. - Ber. Bay. Bot. Ges. 61: 303-323.

SCHWEINGRUBER, F. (1972): Die subalpinen Zwergstrauchgesellschaften im Einzugsgebiet der Aare (schweizerische nordwestliche Randalpen). Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 48 (2): 200-504.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

SCHWEINGRUBER, F. (1973): Föhrenwälder im Berner Oberland und am Vierwaldstättersee. Ber. Schweiz. Botan. Ges. 83: 175-204.

SCHWEINGRUBER, F.H., BRÄKER, D.U. & SCHÄR, E. (1979): Dendroclimatic studies on conifers from central Europe and Great Britain. - Boreas 8: 427-452.

SEIBERT, P. (1958): Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet "Pupplinger Au". - Landschaftspflege und Vegetationskunde, München 1: 79 S.

SEIBERT, P. & W. ZIELONKOWSKI (1972): Landschaftsplan "Pupplinger und Ascholdinger Au". - Schriftenr. Natursch. u. Landschaftspfl. 2: 40 S.

SEIWALD, A. (1980): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols IV: Natzer Plateau - Villanderer Alm. Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 67: 31-72.

SENDTKO, A. (1993): Die Flora und Vegetation der Kalkmagerrasen am Schloßberg und Hutberg bei Kallmünz (Landkreis Regensburg). Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 54: 393-454.

SMETTAN, H. (1981): Die Pflanzengesellschaften des Kaisergebirges. - Verein zum Schutz der Bergwelt, Jubiläumsausgabe: 191 S. u. Anhang.

SÖNNING, W. (1982): Wetter, Klima und Föhn in Süddeutschland bei Urlaubs- und Daueraufenthalt. - Wetterkundliche Lehrmittel, 14: 21 S.; Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt Hamburg.

SOMMERHALDER, R. (1988): Natürliche Wälder der Waldföhre (*Pinus sylvestris*) in der Schweiz - eine pflanzensoziologische Analyse mit Hilfe eines vegetationskundlichen Informationssystems. - Diss. ETH Zürich: 191 S.

SPRINGER, S. (1993): Vegetationsaufnahmen bisher unbekannter oder wenig beachteter Pflanzengesellschaften aus den östlichen bayerischen Alpen. - Tuexenia 13: 293-342.

STARLINGER, F. (1992): Rotföhren- und Spirkenwälder am Fernpaß (Tirol). - Tuexenia 12: 67-91.

STEINGEN, S. E. (1988): Die Sumpf-Siegwurz (*Gladiolus palustris* GAUDIN) am Moosanger bei Füssen. - Ber. Bay. Bot. Ges. 59: 65-74.

STILL, F. (1991): Die Pflanzengesellschaften am Wank und ihre Standorte. - Diss. TU München.

STORCH, M. (1983): Zur floristischen Struktur der Pflanzengesellschaften in der Waldstufe des Nationalparks Berchtesgaden und ihrer Abhängigkeit vom Standort und der Einwirkung des Menschen. - Diss. LMU München: 407 S.

STROBL, W. (1989): Die Waldgesellschaften des Salzburger Untersberg-Gebietes zwischen Königsseeache und Saalach. - Stapfia, Linz 21: 144 S..

STROBL, W. & H. WITTMANN (1985): Beitrag zur Kenntnis von Verbreitung, Soziologie und Karyologie von *Achnatherum calamagrostis* (L.) PB. im Bundesland Salzburg (Österreich). - Ber. Bay. Bot. Ges. 56: 95-102.

STROHWASSER, H.P. (1984): Das Durchbruchtal der Wertach im Allgäuer Alpenvorland. Eine Untersuchung der Vegetation und Bewertung des Gebietes aus dem Blickwinkel des Naturschutzes. - Jb. Ver. Schutz Bergw. 49: 115-162.

SUDA, M. (1990): Die Entwicklung der Schalenwildbestände im bayerischen Alpenraum seit Anfang der 19. Jahrhunderts. - Forstw. Forschungen 40: 30-37.

THIELE, K. (1978): Vegetationskundliche und pflanzenökologische Untersuchungen im Wimbachgries. - Ber. Bayer. Landesamtes f. Umweltschutz: Heft 1: 74 S.

TREPL, L. (1987): Geschichte der Ökologie. - 280 S. Frankfurt a. M.

TROLL, W. (1926): Die natürlichen Wälder im Gebiet des Isarvorlandgletschers. Der pflanzengeographische Typus einer nordalpinen Glaziallandschaft. - Landeskundliche Forschung 27: 1-129.

URBAN, R. & A. MAYER (1992): Floristische und vegetationskundliche Besonderheiten aus den Bayerischen Alpen - Funde im Rahmen der Alpenbiotopkartierung Teil 1: - Ber. Bay. Bot. Ges. 63: 175-190.

VARESCHI, V. (1934):Waldtyp und Waldassoziation in den Bergwäldern des Obersten Isartales. - Cbl. Ges. Forstwes. 60: 166-176.

WAHLMÜLLER, N. (1985): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols V: Nordtiroler Kalkalpen. - Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 72: 101-144.

WEBER, J. (1981): Die Vegetation der Mieminger Kette mit besonderer Berücksichtigung der Rotföhrenwälder (Grundlagen für die Raumplanung). - Dissertation, Univ. Innsbruck.: 481 S.

WELTEN, M. (1982): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern - Wallis. - Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 95, Basel.

WELTEN, M. & R. SUTTER (1982): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. - 2 Bde: - Basel, Boston, Stuttgart.

WENDELBERGER, G. (1963): Die Relikt-Schwarzföhrenwälder des Alpenostrandes. Vegetatio 11: 265-287.

WILMANNS, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. - 5. Aufl.: 429 S., UTB 269, Heidelberg, Wiesbaden.

WINTERHOLLER, M. (1990/91): Die Vegetation der Ammerschlucht zwischen Scheibum und Sojermühle. - (Teil 1). - Ber. Bay. Bot. Ges. 61: 135-150; (Teil 2). - Ber. Bay. Bot. Ges. 62: 113-125.

WITTMANN, H. & STROBL, H. (1984): Beitrag zur Kenntnis von *Festuca amethystina* L. im Bundesland Salzburg. - Florist. Mitt. Salzb. 9: 3-8.

WITTMANN, H., SIEBENBRUNNER, A., PILSL, P. & HEISELMAYER, P. (1987): Verbreitungsatlas der Salzburger Gefäßpflanzen. - Sauteria 2: 403 S.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

WITSCHEL, M. (1980): Xerothermvegetation und dealpine Vegetationskomplexe in Südbaden. - Beih. Veröff. Natursch. Landschaftspfl. Bad-Württ. 17: 1-212.

—— (1987): Die Verbreitung und Vergesellschaftung der Federgräser (*Stipa* L.) in Baden-Württemberg. - Jh. Ges. Naturkde Württ. 142: 157-195.

—— (1989): Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung von Amethyst-Schwingel (*Festuca amethystina* L.) und Horst-Segge (*Carex sempervirens* Vill.) in Baden-Württemberg. - Jh. Ges. Naturkde. Württ. 144:177-209.

WITSCHEL, M. & S. SEYBOLD (1986): Zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung von *Daphne cneorum* L. in Baden-Württemberg, unter Berücksichtigung der zönologischen Verhältnisse in den Teilarealen. - Jh. Ges. Naturkde. Württ. 141:157-200.

ZECH, W. (1968): Kalkhaltige Böden als Nährsubstrat für Koniferen. Diss. Univ. München.

ZECH, W. (1970): Nadelanalytische Untersuchungen über die Kalkchlorosen der Waldkiefer (P. sylv.). - Z. Pflanzenern. u. Bodenkde 125: 1-15.

ZENKE, B. (1989): Die Lawinensituation im bayerischen Alpenraum. - Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/89:163-182, München.

ZIMMERMANN, A. (1972): Pflanzenareale am niederösterreichischen Alpenostrand und ihre florengeschichtliche Deutung. Diss. Botanicae 18:1-199.

—— (1981a): Erica-reiche Silikat-Föhrenwälder in den östlichen Zentralalpen (I): Steiermark und angrenzende Teile Niederösterreichs. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 111: 157-174.

—— (1981b): Erica-reiche Silikat-Föhrenwälder in den östlichen Zentralalpen (II): Oberkärnten. - Carinthia II 171/91: 175-188.

—— (1981c): Erica-reiche Silikat-Föhrenwälder in den östlichen Zentralalpen (III): Überregionaler Vergleich. - Phython (Austria) 22: 289-316.

ZOLLER, H. (1951): Das Pflanzenkleid der Mergelsteilhänge im Weissensteingebiet. Beitrag zur Kenntnis natürlicher Reliktvegetation in der montan-subalpinen Stufe des Schweizerjuras. - Ber. Geobot. Inst. Rübel: 67-95.

—— (1974): Flora und Vegetation der Innalluvionen zwischen Scuol und Martina (Unterengadin). - Ergebnisse wissenschaftl. Untersuchungen Schweiz. Nationalpark 12, 4. Lfg.: 209 S.

ZÖTTL, H. (1952): Zur Verbreitung des Schneeheide-Kiefernwaldes im bayerischen Alpenvorland. - Ber. Bay. Bot. Ges. 29: 92-95.

ZUKRIGL, K. (1973): Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenostrand unter mitteleuropäischem, pannonischem und illyrischem Einfluß. - Mitt. Forstl. Bunderversuchsanst. 101: 386 S.

14. Anhang

Vegetationtabellen 1, 2a, 2b, 3

Verzeichnis der Aufnahmen

Übersicht der Bodenprofile

Bildteil

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

13. Literatur

ABELE, G. (1994): Felsgleitungen im Hochgebirge und ihr Gefahrenpotential. - Geogr. Rdsch. 46 (7-8): 414-420.

ADLER, W., OSWALD, K. & FISCHER, R. (1994): Exkursionsflora von Österreich. - 1.180 S., Stuttgart.

AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. - 3., verb. u. erweit. Aufl: 331 S.; Hannover.

AICHINGER, E. (1933): Vegetationskunde der Karawanken. - Pflanzensoziologie 2: 329 S., Jena.

—— (1951): Lehrwanderung in das Bergsturzgebiet der Schütt am Südfuß der Villacher Alpe. - Angewandte Pflanzensoziologie 4: 67-118.

—— (1952): Rotföhrenwälder als Waldentwicklungstypen. - Angewandte Pflanzensoziologie 6: 5-68.

—— (1965): Wann können wir die Fichtenjugend bodentrockener Rotföhrenwälder freistellen. - Allg. Forstztg. 76: 110-113.

AMMER, U. (1990): Auswirkungen des Bestockungswandels und der Waldschäden auf die Schutzfunktion des Bergwaldes gegenüber Schneebewegungen. - Forstw. Forschungen 40: 102-110.

ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (Hrsg.) (1985): Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland - Kurzfassung. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 44: 91 S.

ARNOLD, H. & SCHAUDERNA, K. (1986): Wild und Jagd im oberbayerischen Alpenraum. - Allg. Forstz. 39: 957 - 958.

BÄTZING, W. (1991): Die Alpen - Entstehung und Gefährdung einer europäischen Kulturlandschaft. - 286 S., München

BAUMGARTNER, A., REICHEL, E. & WEBER, G. (1983): Der Wasserhaushalt der Alpen. - 343 S., München/Wien.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1990): Der Schutzwald in den Bayerischen Alpen; Funktion - Zustand - Sanierung. - RD Nr. 09/90/02, München.

BERNHART, A. (1988): Waldentwicklung, Verjüngung und Wildverbiß im oberbayerischen Bergwald. - Schw. Z. f. Forstwesen 139/6: 463-484.

BICHLER, E. M. (1993): Die Weißachauen zwischen Rottach-Egern und Kreuth - Entwicklung, Vegetation, Nutzung. - Dipl. Arbeit FH Weihenstephan - FB Landespflege: 122 S.

BIERMAYER, G. (1980): Boden-Toposequenzen im Hauptdolomitgebiet der Tegernseer Berge. Dipl. Arb. Lehrstuhl für Bodenkunde LMU München.

BIERMAYER, G. & REHFUESS, K.E. (1985): Holozäne Terrae fuscae aus Carbonatgestein in den Nördlichen Kalkalpen. - Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 148: 405-416.

BISSINGER, M. & H. BOHNERT (1990): Das Isartal bei Wallgau - Vegetationsuntersuchungen und Nutzungsbewertungen. - Dipl. Arbeit FH Weihenstephan - FB Landespflege: 117 S.

BOCHTER, R. (1984): Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten. - Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden 6: 212 S.

BOCHTER, R., NEUERBURG, W. & ZECH, W. (1981): Humus und Humusschwund im Gebirge. - Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden 2: 110 S.

BORTENSCHLAGER, S. (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I: Inneres Ötztal und unteres Inntal. - Ber. nat. med. Ver. Innsbruck 71: 19 -56.

BOSCH, C. (1986): Standorts- und ernährungskundliche Untersuchungen zu den Erkrankungen der Fichte (Picea abies (L.) Karrst.) in höheren Gebirgslagen. Forstl. Forschungsberichte. 75: 1-241.

BRAUN-BLANQUET, J. (1961): Die inneralpine Trockenvegetation. - Geobotanica selecta I: 273 S., Stuttgart.

—— (1964): Pflanzensoziologie. - 3. Aufl.: 865 S., Wien.

BRAUN-BLANQUET, J., SISSINGH, G. & VLIEGER, J. (1939): Klasse der Vaccinio-Piceetea - Prodromus der Pflanzengesellschaften. - Fasc.: 123 S.

BRAUN-BLANQUET, J., PALLMANN, H. & BACH, R. (1954): Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. II. Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (Vaccinio Piceetalia). - Ergebn. Wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark N.F. 4: 200 S.

BRAUN-BLANQUET, J. & RICHARD, F. (1949): Groupements vegetaux et sols du bassin de Sierre. - Bull. Murith. 64: 106-134.

BRESINSKY, A. (1959): Die Vegetationsverhältnisse der weiteren Umgebung von Augsburg. - Naturf. Ges. Augsburg 11: 59-216.

—— (1965): Zur Kenntnis des circumalpinen Florenelements im Vorland der Alpen. - Ber. Bay. Bot. Ges. 38: 5-67.

BÜRGER, O. (1994): Prähistorische Landschaftskunde am Beispiel Pestenacker - Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Siedlungsgeschichte im Altmoränengebiet zwischen Lech und Isar (Bayerisches Alpenvorland). - Diss. an der Fakultät für Biologie an der LMU München: 187 S.

CAJANDER A. K. (1909): Über Waldtypen. - 175 S., Helsingfors.

CHRISTENSEN, K. J. (1987a): A morphometric study of the *Pinus mugo* TURRA complex and its natural hybridisation with P. sylvestris L. (Pinaceae). - Feddes Repertorium 98 (11-12): 623-635.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

—— (1987b): Taxonomic revision of the Pinus mugo complex and P. rhaetica (P. mugo x sylvestris) (Pinaceae). - Nordic Journal of Botany 7: 383-408.

CONERT, H. J. (1981): Über das Rohrartige Pfeifengras, *Molinia arundinacea* Schrank. - Ber. Bay. Bot. Ges. 52: 5-14.

COOPER, A. & ETHERINGTON, J. R. (1974): The Vegetation of carboniferous limestone soils in South Wales. I. Dolomitization, soil magnesium status and plant growth. J. Ecol. 62: 179-190.

DAFIS, S.A. (1962): Struktur und Zuwachsanalysen von natürlichen Föhrenwäldern. Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz 41: 1-86.

DEMAS, G., LASEN, C. & L. POLDINI, L. (1990): Einige Betrachtungen zu den Föhrenwäldern im Veneto. - Tagungsbericht der ostalpin-dinarischen Gesellschaft für Vegetationskunde zum Symposium in Keszthely 25.-29. Juni 1990: 59-70

EGGENSBERGER, P. (1994): Die Pflanzengesellschaften der subalpinen und alpinen Stufe der Ammergauer Alpen und ihre Stellung in den Ostalpen. - Ber. Bay. Bot. Ges. Beiheft 8: 3-239.

EGGLER. J. (1955): Ein Beitrag zur Serpentinvegetation in der Gulsen bei Kraubath in Obersteiermark. Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark 85: 27-72.

EHRIG, F.R. (1977): Walddegradation und Waldsanierung im Raum von Garmisch-Partenkirchen. - Erdkunde 31: 33-44.

ELLENBERG, H. (1954): Steppenheide und Waldweide. - Erdkunde 8: 188-194.

—— (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. - 4. Aufl.: 989 S., Stuttgart.

ELLENBERG, H. & KLÖTZLI, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 48: 388-930.

ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1991): Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas. - Scripta Geobotanica XVIII: 224 S.

ETTER, H., (1947): Über die Waldvegetation am Südostrand des schweizerischen Mittellandes. - Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 25: 141-210.

FABIJANOWSKI, J. (1950): Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Exposition, Relief, Mikroklima und Vegetation in der Fallätsche bei Zürich. - Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 29: 104 S.

FALINSKI, J.B. (1986): Vegetation dynamics in temperate low-land primeval forest. - Geobotany 8: 1-537, Dordrecht.

FALINSKI, J.B. , CIESLINSKI, S. & CZYZEWSKA, K. (1993): Dynamic-Floristic Atlas of Jelonka. - Phytocoenosis 5: 139 S.

FELDNER, R. (1978): Waldgesellschaften, Wald- und Forstgeschichte und Schlußfolgerungen für die waldbauliche Planung im NSG Ammergauer Berge. - Diss. Univers. für Bodenkultur, Wien: 369 S.

FISCHER, A. (1987): Untersuchungen zur Populationsdynamik am Beginn von Sekundärsukzessionen. - Diss. Bot. 110: 234 S.

FISCHER, R. (1992): Blütenwunder als Folge eines Brandes im Schwarzföhrenforst. - Jb. Ver. Schutz Bergwelt 57: 131-174.

FISCHER, A., ABS, G. & LENZ, F. (1990): Natürliche Entwicklung von Waldbeständen nach Windwurf. Ansätze einer "Urwaldforschung" in der Bundesrepublik. - Forstw. Cbl. 109 S.

FLIRI, F. (1975): Das Klima der Alpen im Raume von Tirol. - Monographien zur Landeskunde Tirols, Folge 1: 454 S.; Innsbruck, München.

FRANK, G. (1991): Bestandestypen der Schwarzkiefer (*Pinus nigra* ARNOLD) im Forêt d'Aitone, Korsika, und am Niederösterreichischen Alpenostrand. - Dissertationen der Universität für Bodenkultur Wien 38: 200 S.

FRANKL, R. (1989): Latschengebüsche in den Tannheimer Bergen. Dipl. Arb. Institut für Geowissenschaften der Universität Bayreuth.

FRAHM, J. & P. FREY (1983): Moosflora. - 522 S., Stuttgart.

FROMME, G. (1957): Der Waldrückgang im Oberinntal. - Mitt. Forstl. Bundesversuchanst. 54: 5-220.

GAMPE, S. (1989): Über Sanierungsaufforstungen in den Bayerischen Alpen. Mitt. aus d. Staatsforstverwaltung Bayerns 44: 213 S.

GAMS, H. (1930): Über Reliktföhrenwälder und das Dolomitphänomen. - Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich 6: 32-81.

—— (1931): Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. 1. Teil. - Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, 9/10: 321-346.

GAUCKLER, K. (1938): Steppenheide und Steppenheidewald der Fränkischen Alb in pflanzensoziologischer, ökologischer und geographischer Betrachtung. - Ber. Bay. Bot. Ges. 23: 3-134.

—— (1954): Serpentinvegetation in Nordbayern. - Ber. Bay. Bot. Ges. 30: 19-26.

GENSAC, P. (1968): Les groupement forestiers de l'étage collinéen en Tarentaise moyenne et supérieure. - Ann. Centre d'Enseignem. Sup., Sect. Sci. 6: 103-122.

GIGON, A. (1971): Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und auf Karbonatboden. Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 48: 164 S.

GLATZEL, G. (1968): Probleme der Beurteilung der Ernährungssituation von Fichte auf Dolomitböden. - Mitt. d. Österr. Bodenk. Ges. 12: 17-38.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

GRABHERR, W. (1934): Der Einfluß des Feuers auf die Wälder Tirols in Vergangenheit und Gegenwart. - Cbl. Ges. Forstwes. 60: 260-273 u. 289-302.

—— (1936): Die Dynamik der Brandflächenvegetation auf Kalk- und Dolomitböden des Karwendels. - Beih. Botan. Cbl 55 B: 1-94.

GRASSER, M. (1992): Artenschutzwert von Föhrenwäldern bei Brugg, Kanton Aargau, in Abhängigkeit von den ökologischen Standortfaktoren. - Ber. Geobot. Inst. ETH Zürich 58:147-163.

GRIME, J. P. (1986): Plant strategies and vegetation processes. - 222 S., Chichester.

HAGEN, T. (1993): Vegetationsveränderungen in Kalk-Magerrasen des Fränkischen Jura.- Diss. an der Biologischen Fakultät der LMU-München:192 S.

HANDEL-MAZETTI, H. v. (1938): Südtiroler Florenkinder in den Nordtiroler-, Salzburger- und Bayerischen Alpen. - Jb. Ver. Schutz Alpenpfl. -tiere 10: 55-60.

HANTSCHEL , R. & PFIRRMANN, T. (1990): Bodenkundliche Untersuchungen am Forschungsschwerpunkt Wank - Bedeutung für die Waldschäden in den Kalkalpen. - Forstw. Forschungen 40: 87- 98.

HEGI, G. : Illustrierte Flora von Mitteleuropa.- Bd. V3: 1.567-2.250.

HEMP, A. (1995): Die Dolomitkiefernwälder der Nördlichen Frankenalb - Entstehung, systematische Stellung und Bedeutung für den Naturschutz. - Bayreuther Forum Ökologie 22: 189 S.

HERTER, W. (1990): Die Pflanzengesellschaften des Hintersteiner Tales. Diss. Bot. 147: 124 S.

HIEMEYER, F. (1992): Über einheimische Veilchen und ihre Kreuzung im mittelschwäbischen Raum - Beobachtungen und Erkenntnisse. - Ber. Bay. Bot. Ges. 63: 81-102.

HIRTLREITER, G. (1992): Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen im Wettersteingebirge und seiner Umgebung. - Münchner Geogr. Abhandl. Reihe B 15: 154 S.

HOHENESTER, A. (1960): Grasheiden und Föhrenwälder auf Diluvial- und Dolomitsanden im nördlichen Bayern. Ber. Bay. Bot. Ges. 33: 30-85.

HÖLZEL, N. (1990): Vegetationsentwicklung auf Erosionsstandorten einer pleistozänen Talverfüllung im Lainbachtal bei Benediktbeuern / Obb. - Dipl. Arb. Institut f. Geographie LMU München.

HORVAT, I.,GLAVAC, V. & ELLENBERG, H. (1974): Vegetation Südosteuropas. - 752 S., Stuttgart.

HUEMER, P. (1991): Bestandesaufnahme der Schmetterlinge (Lepidoptera) im Gebiet der Lech-Akkumulationsstrecke zwischen Stanzach und Forchach (Nordtirol, Österreich). - Veröff. Tirol. Landesmus. Ferdinandeum 71: 1-57.

JELEM, H. (1967): Böden und Waldgesellschaften im Revier Merkenstein Schwarzföhren-Kalkvoralpen (Kalkwienerwald), Standortserkundung Hoher Lindkogel. - Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Institut für Standort Heft 21: 43 S.

JERZ, H., SCHAUER, TH. & SCHEUERMANN, K. (1988): Zur Geologie, Morphologie und Vegetation der Isar im Gebiet der Ascholdinger und Pupplinger Au. - Ver. z. Schutz d. Bergwelt 51: 87-131.

KARL, J. (1952): Zur Kenntnis der Reliktflora der Ammergauer Alpen. - Ber. Bay. Bot. Ges. 29: 12-14.

—— (1954): Die Vegetation der Lechauen zwischen Füssen und Deutenhausen. - Ber. d. Bay. Bot. Ges. 30: 65-50.

KARRER, G. (1985): Waldgrenzstandorte an der Thermenlinie (Niederösterreich). - Stapfia 14: 85-103.

KIELLAND-LUND, J. (1967): Zur Systematik der Kiefernwälder Fenno-scandiens. - Mitt. Florist.- soziol. Arbeitsgem. N.F. 11/12.: 127-141.

—— (1981): Die Waldgesellschaften SO-Norwegens. - Phytocoenologica 9 (1/2): 53-250.

KIMMINS, J.P. (1987): Forest Ecology. - 531 S., New York, London.

KINZEL, H. (1982): Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. - 534 S., Stuttgart.

KLÖTZLI, F. (1975): Ökologische Besonderheiten Pinus-reicher Waldgesellschaften. - Schweiz. Zeitschr. für Forstwes.126: 672-710.

KÖLLEMANN, C. (1981): Die Trockenvegetation im Vintschgau. - Jb. Ver. Schutz Bergwelt 46: 127-147.

KORTENHAUS, W. (1985): Das Naturwaldreservat Friedergries. - Dipl. Arbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der LMU München: 63 S.

KRAL, F. (1979): Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. - 175 S., Wien.

——(1989): Pollenanalytische Untersuchungen im Fernpaßgebiet: Zur Frage des Reliktcharakters der Bergsturzkiefernwälder. - Verh. Zool.- Bot. Ges. Österr. 126: 127-138..

KRAPFENBAUER, A. (1969): Böden auf Dolomit und Serpentin in ihrer Auswirkung auf die Waldernährung. - Cbl. ges. Forstwesen 86 (4): 189-219.

KRAUSE, W. (1940): Untersuchungen über die Ausbreitungsfähigkeit der Niedrigen Segge (*Carex humilis*) in Mitteldeutschland. - Planta 31: 91-169.

KREUTZER, K. (1970): Manganmangel bei der Fichte (*Picea abies* Karst.) in Süddeutschland. - Forstwiss. Cbl. 89: 275-299.

KREUTZER, K. & GROTTENTALER, W. (1991): Terrestrische organische Bodenbildungen auf Fels- und Ske-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

lettsubstraten (O-C-Böden). - Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges., 66, II: 815-818.

KUHN, N. (1967): Waldgesellschaften und Waldstandorte in der Umgebung von Zürich. - Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 40: 1-84.

LANG, G. (1973): Die Vegetation des westlichen Bodenseegebiets. - Pflanzensoziologie (Stuttgart) 17: 451 S.

LIPPERT, W. & MERXMÜLLER, H. (1986): *Galium truniacum* (Ronniger) Ronniger in Bayern. - Ber. Bay. Bot. Ges. 57: 183.

LISS, B.-M. (1988): Versuche zur Waldweide - Der Einfluß von Weidevieh und Wild auf Verjüngung, Bodenvegetation und Boden im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. Forstl. Forschungsberichte 87: München.

LIU, J.-C., PFIRRMANN, T., PAYER, H.-D., RUNKEL, K.H. & SCHRAMEL, P. (1991): Wasser- und Stoffdynamik der Böden am Wank und ihr möglicher Einfluß auf die Fichten. - GSF-Bericht 26: 237-251; Neuherberg.

LORENZ, W. (1993): Vegetationskundliche Untersuchungen der Schneeheide-Kiefernwälder im Landkreis Garmisch-Partenkirchen. Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 54: 301-349.

LOTTO, R. (1982): Neue floristische Beobachtungen von Farn- und Blütenpflanzen in den mittleren Bayerischen Alpen. - Ber. Bay. Bot. Ges. 53: 61-86.

LUTZ, J. L. & PAUL, H. (1947): Die Buckelwiesen bei Mittenwald. - Ber. Bay. Bot. Ges. 27: 98-138.

MAIER, J. (1983): Vergleichende Zapfenmorphologische Untersuchungen an Krummholzkiefern. - Dipl. Arbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der LMU München: 44 S.

—— (1994): Taxonomisch-genetische Untersuchungen zum Pinus mugo-Komplex. Unveröffentlichter Forschungsbericht des Lehrstuhls für Forstbotanik der Forstwissenschaftlichen Fakultät LMU München: 61 S.

MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. - 344 S., Stuttgart.

MARTIN-BOSSE, H. (1967): Schwarzföhrenwälder in Kärnten. - Angewandte Pflanzensoziologie 20: 1-89.

MATUSZKIEWICZ, A. (1962): Zur Systematik der natürlichen Kiefernwälder des mittel- und osteuropäischen Flachlandes. - Mitt. Florist.-Soziol. Arb. gem. N. F. 9: 145-186.

MARGL, H. (1973): Waldgesellschaften und Krummholz auf Dolomit. - Angewandte Pflanzensoziologie 21: 51 S.

MEISTER, G. (1969): Ziele und Ergebnisse forstlicher Planung im oberbayerischen Hochgebirge. - Forstw. Cbl. 88: 97-130.

MERXMÜLLER, H. (1950): Zur Revision einiger Verbreitungsangaben. - Ber. Bay. Bot. Ges. 28: 240-242.

MEUSEL, H., JÄGER, E. & WEINERT, E (1965, 1978, 1992): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. - Bd. I 1965, Textband 583 S. und Kartenband 258 S. Bd. II 1978, Textband 710 S. und Kartenband 170 S. Bd. III 1992, Textband 333 S. und Kartenband 265 S., Jena.

MEYER-GRASS, M. (1989): Grundlagen und Möglichkeiten des Gleitschnee- und Lawinenschutzes unterhalb der aktuellen Waldgrenze. - Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/89: 197-210, München.

MICHIELS, H.G. (1993): Die Stellung einiger Baum- und Straucharten in der Struktur und Dynamik der Vegetation im Bereich der hochmontanen und subalpinen Waldstufe der Bayerischen Kalkalpen. - Forstl. Forschungsberichte 135: 1-300, München.

MISHRA, V. K: (1982): Genesis und classification of soils derived from Hauptdolomit (Dolomite) in Kalkalpen and effects of soil type and humus form on some features of forest regeneration. - Diss. LMU München: 165 S.

MOOR, M. (1958): Pflanzengesellschaften schweizerischer Flußauen. - Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 34: 221-360.

MÜLLER, F. (1977): Die Waldgesellschaften und Standorte des Sensengebirges und der Mollner Voralpen (Oberösterreich). - Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien 121: 1-242.

MÜLLER, N. (1988): Zur Flora und Vegetation des Lech bei Forchach (Reute/Tirol) - letzte Reste nordalpiner Wildflußlandschaften. - Natur und Landschaft 63: 263-269.

—— (1991): Auenvegetation des Lech bei Augsburg und ihre Veränderung infolge von Flußbaumaßnahmen. - Augsb. Ökolog. Schrft. 2:79-108.

MÜLLER, N. & A. BÜRGER (1990): Flußmorphologie und Auenvegetation des Lech im Bereich der Forchacher Wildflußlandschaft (Oberes Lechtal, Tirol). - Jb. Ver. Schutz Bergwelt 55: 123-154.

MÜLLER, N., DALHOF, B., HÄCKER, B. & G. VETTER (1992): Auswirkungen von Flußbaumaßnahmen auf Flußdynamik und Auenvegetation am Lech - eine Bilanz nach 100 Jahren Wasserbau an einer nordalpinen Wildflußlandschaft. - Berichte der ANL 16: 181-213.

MÜLLER, T. (1980): Der Scheidenkronwicken-Föhrenwald (Coronillo-Pinetum) und der Geißklee-Föhrenwald (Cytiso-Pinetum) auf der Schwäbischen Alb. - Phytocoenologia 7: 392-412.

MÜLLER-SCHNEIDER P. (1986): Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen Graubündens. - Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 85: 263 S.

MUCINA, L., GRABHERR, G. & S. WALLNÖFER (Hrsg.) (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III: 353 S., Jena.

NIEDERMEIER, M. (1993): Struktur und Verjüngung nordalpiner Trockenkiefernwälder. - Diplomarbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der LMU München.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

NIKLFELD, H. (1979): Vegetationsmuster und Arealtypen der montanen Trockenflora in den nordöstlichen Alpen. - Stapfia 4: 229 S.

OBERDORFER, E. (1950): Beitrag zur Vegetationskunde des Allgäus. - Beitr. naturk. Erforsch. Südw.-Dtld. 9: 29-98.

—— (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. - Pflanzensoziologie 10: 564 S., Jena.

—— (1978): Süddeutsche Pflanzengesellschaften; Teil II. - 2. stark bearb. Aufl.: 355 S., Jena.

—— (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. - 5. überarb. u.erg. Aufl.: 1051 S., Stuttgart.

—— (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften; Teil IV. - 2. stark bearb. Auflage: 2 Bde. 282 S. u. 580 S., Jena.

PATZELT, G. & POSCHER, G. (1993): Der Tschirgant-Bergsturz. - Geologie des Oberinntaler Raumes. - Arbeitstagung 1993 der Geol. Bundesanstalt: 208-213.

PLACHTER, H. (1986): Die Fauna der Kies- und Schotterbänke dealpiner Flüsse und Empfehlungen für ihren Schutz. - Ber. ANL 10: 119-147.

PFADENHAUER, J. (1993): Ökologische Grundlagen für Nutzung, Pflege und Entwicklung von Heidevegetation. Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 5: 221-235.

PRIESNITZ, K. (1967): Zur Frage der Lösungsfreudigkeit von Kalkgesteinen in Abhängigkeit von der Lösungsfläche und ihrem Gehalt an Magnesiumkarbonat. - Zeitschr. f. Geomorphologie N.F., 11: 491-498.

PUTZER, J. (1967): Pflanzengesellschaften im Raum von Brixen mit besonderer Berücksichtigung der Trockenvegetation. - Diss. Univ. Innsbruck.

RAUSCH, V. (1981): Die Relikt-Föhrenwälder um Garmisch-Partenkirchen. - Ver. Schutz Bergwelt, Münschen 46: 41-64.

REHDER, H. (1962): Der Girstel - ein natürlicher Föhrenwaldkomplex am Albis bei Zürich. - Ber. Geobot. Inst. ETH, Zürich 33: 17-64.

REHFUESS, K.E. (1990): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. 2., völlig neu überarbeitete und erweiterte Auflage. - Pareys Studientexte, 29: 294 S.; Hamburg, Berlin (Parey).

REICH, M. (1990): Verbreitung, Lebensweise und Gefährdungsursachen von *Bryodema tuberculata* (F.) (Geflechte Schnarrschrecke) als Grundlage eines Schutzkonzeptes. - Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 99: 49-54.

RICHARD, J.L. (1972): La vegetation des cretes rocheuses du Jura. - Ber. Schweiz. Botan. Ges. 82: 68-112.

RITTER-STUDNICKA, H. (1967): Reliktgesellschaften auf Dolomit in Bosnien und Herzegowina. Vegetatio 15: 191-212.

—— (1970): Die Vegetation der Serpentinvorkommen in Bosnien. Vegetatio 21:75-156.

ROHDENBURG, H. & MEYER, R. (1968): Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Holozän oder Spätglazial. - Gött. Bodenkdl. Ber. 6: 127-212.

RÖSCH, K. (1992): Einfluß der Beweidung auf die Vegetation des Bergwaldes. - Nationalpark Berchtesgaden Forschungsbericht 26: 156 S.

ROTH, C. (1979): Soziologisch-ökologische Untersuchungen im Grenzbereich *Fagus sylvatica* L./*Pinus sylvestris L.* in der nördlichen Schweiz. Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 66: 1-79.

ROTHMALER, W. (1990): Exkursionsflora, Band 4: Kritischer Band. - 8. Aufl.: 811 S., Berlin.

RUBNER, K. (1951): Der Schneeheide-Kiefernwald in den Bayerischen Alpen. - Allgem. Forstzeitschr. 41, München: 412-414.

—— (1958): Die Alpenföhre in Bayern. - Jb. Ver. Schutz Bergwelt 23: 169-172.

—— (1959): Kiefernrassenstudien in der Deutschen Bundesrepublik, Teil I u. II. - Forstarchiv 30: 165-214.

—— (1962): Kiefernrassenstudien in der Deutschen Bundesrepublik, Teil III. - Forstarchiv 33: 138-151.

SCHARFETTER, R. (1938): Das Pflanzenleben der Ostalpen. - 419 S., Wien.

SCHIPPMANN, U. (1986): Über *Brachypodium rupestre* (Host) Roemer & Schultes in Bayern. Unterscheidung und Verbreitung. - Ber. Bay. Bot. Ges. 57: 53-56.

SCHMID, E. (1936): Die Reliktföhrenwälder der Alpen. - Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 21: 190 S.

SCHÖNFELDER, P. (1986): Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. - Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 72: 77 S.

SCHÖNFELDER, P. & A. BRESINSKY (1990): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. - Stuttgart: 752 S.

SCHÖNHALS, E. & POETSCH, T.J. (1976): Körnung und Schwermineralbestand als Kriterien für eine Deckschicht in der Umgebung von Seefeld und Leutasch (Tirol). - Eiszeitalter u. Gegenwart 27: 134-142; Öhringen/Württ.

SCHRETZENMAYR, M. (1950): Die Sukzessionsverhältnisse der Isarauen südlich Lenggries. Ber. Bay. Bot. Ges. 28: 19-63.

SCHUHWERK, F. (1990): Relikte und Endemiten in Pflanzengesellschaften Bayerns - eine vorläufige Übersicht. - Ber. Bay. Bot. Ges. 61: 303-323.

SCHWEINGRUBER, F. (1972): Die subalpinen Zwergstrauchgesellschaften im Einzugsgebiet der Aare (schweizerische nordwestliche Randalpen). Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 48 (2): 200-504.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

SCHWEINGRUBER, F. (1973): Föhrenwälder im Berner Oberland und am Vierwaldstättersee. Ber. Schweiz. Botan. Ges. 83: 175-204.

SCHWEINGRUBER, F.H., BRÄKER, D.U. & SCHÄR, E. (1979): Dendroclimatic studies on conifers from central Europe and Great Britain. - Boreas 8: 427-452.

SEIBERT, P. (1958): Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet "Pupplinger Au". - Landschaftspflege und Vegetationskunde, München 1: 79 S.

SEIBERT, P. & W. ZIELONKOWSKI (1972): Landschaftsplan "Pupplinger und Ascholdinger Au". - Schriftenr. Natursch. u. Landschaftspfl. 2: 40 S.

SEIWALD, A. (1980): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols IV: Natzer Plateau - Villanderer Alm. Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 67: 31-72.

SENDTKO, A. (1993): Die Flora und Vegetation der Kalkmagerrasen am Schloßberg und Hutberg bei Kallmünz (Landkreis Regensburg). Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 54: 393-454.

SMETTAN, H. (1981): Die Pflanzengesellschaften des Kaisergebirges. - Verein zum Schutz der Bergwelt, Jubiläumsausgabe: 191 S. u. Anhang.

SÖNNING, W. (1982): Wetter, Klima und Föhn in Süddeutschland bei Urlaubs- und Daueraufenthalt. - Wetterkundliche Lehrmittel, 14: 21 S.; Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt Hamburg.

SOMMERHALDER, R. (1988): Natürliche Wälder der Waldföhre (*Pinus sylvestris*) in der Schweiz - eine pflanzensoziologische Analyse mit Hilfe eines vegetationskundlichen Informationssystems. - Diss. ETH Zürich: 191 S.

SPRINGER, S. (1993): Vegetationsaufnahmen bisher unbekannter oder wenig beachteter Pflanzengesellschaften aus den östlichen bayerischen Alpen. - Tuexenia 13: 293-342.

STARLINGER, F. (1992): Rotföhren- und Spirkenwälder am Fernpaß (Tirol). - Tuexenia 12: 67-91.

STEINGEN, S. E. (1988): Die Sumpf-Siegwurz (*Gladiolus palustris* GAUDIN) am Moosanger bei Füssen. - Ber. Bay. Bot. Ges. 59: 65-74.

STILL, F. (1991): Die Pflanzengesellschaften am Wank und ihre Standorte. - Diss. TU München.

STORCH, M. (1983): Zur floristischen Struktur der Pflanzengesellschaften in der Waldstufe des Nationalparks Berchtesgaden und ihrer Abhängigkeit vom Standort und der Einwirkung des Menschen. - Diss. LMU München: 407 S.

STROBL, W. (1989): Die Waldgesellschaften des Salzburger Untersberg-Gebietes zwischen Königsseeache und Saalach. - Stapfia, Linz 21: 144 S..

STROBL, W. & H. WITTMANN (1985): Beitrag zur Kenntnis von Verbreitung, Soziologie und Karyologie von *Achnatherum calamagrostis* (L.) PB. im Bundesland Salzburg (Österreich). - Ber. Bay. Bot. Ges. 56: 95-102.

STROHWASSER, H.P. (1984): Das Durchbruchtal der Wertach im Allgäuer Alpenvorland. Eine Untersuchung der Vegetation und Bewertung des Gebietes aus dem Blickwinkel des Naturschutzes. - Jb. Ver. Schutz Bergw. 49: 115-162.

SUDA, M. (1990): Die Entwicklung der Schalenwildbestände im bayerischen Alpenraum seit Anfang der 19. Jahrhunderts. - Forstw. Forschungen 40: 30-37.

THIELE, K. (1978): Vegetationskundliche und pflanzenökologische Untersuchungen im Wimbachgries. - Ber. Bayer. Landesamtes f. Umweltschutz: Heft 1: 74 S.

TREPL, L. (1987): Geschichte der Ökologie. - 280 S. Frankfurt a. M.

TROLL, W. (1926): Die natürlichen Wälder im Gebiet des Isarvorlandgletschers. Der pflanzengeographische Typus einer nordalpinen Glaziallandschaft. - Landeskundliche Forschung 27: 1-129.

URBAN, R. & A. MAYER (1992): Floristische und vegetationskundliche Besonderheiten aus den Bayerischen Alpen - Funde im Rahmen der Alpenbiotopkartierung Teil 1: - Ber. Bay. Bot. Ges. 63: 175-190.

VARESCHI, V. (1934):Waldtyp und Waldassoziation in den Bergwäldern des Obersten Isartales. - Cbl. Ges. Forstwes. 60: 166-176.

WAHLMÜLLER, N. (1985): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols V: Nordtiroler Kalkalpen. - Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 72: 101-144.

WEBER, J. (1981): Die Vegetation der Mieminger Kette mit besonderer Berücksichtigung der Rotföhrenwälder (Grundlagen für die Raumplanung). - Dissertation, Univ. Innsbruck.: 481 S.

WELTEN, M. (1982): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern - Wallis. - Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 95, Basel.

WELTEN, M. & R. SUTTER (1982): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. - 2 Bde: - Basel, Boston, Stuttgart.

WENDELBERGER, G. (1963): Die Relikt-Schwarzföhrenwälder des Alpenostrandes. Vegetatio 11: 265-287.

WILMANNS, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. - 5. Aufl.: 429 S., UTB 269, Heidelberg, Wiesbaden.

WINTERHOLLER, M. (1990/91): Die Vegetation der Ammerschlucht zwischen Scheibum und Sojermühle. - (Teil 1). - Ber. Bay. Bot. Ges. 61: 135-150; (Teil 2). - Ber. Bay. Bot. Ges. 62: 113-125.

WITTMANN, H. & STROBL, H. (1984): Beitrag zur Kenntnis von *Festuca amethystina* L. im Bundesland Salzburg. - Florist. Mitt. Salzb. 9: 3-8.

WITTMANN, H., SIEBENBRUNNER, A., PILSL, P. & HEISELMAYER, P. (1987): Verbreitungsatlas der Salzburger Gefäßpflanzen. - Sauteria 2: 403 S.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

WITSCHEL, M. (1980): Xerothermvegetation und dealpine Vegetationskomplexe in Südbaden. - Beih. Veröff. Natursch. Landschaftspfl. Bad-Württ. 17: 1-212.

—— (1987): Die Verbreitung und Vergesellschaftung der Federgräser (*Stipa* L.) in Baden-Württemberg. - Jh. Ges. Naturkde Württ. 142: 157-195.

—— (1989): Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung von Amethyst-Schwingel (*Festuca amethystina* L.) und Horst-Segge (*Carex sempervirens* Vill.) in Baden-Württemberg. - Jh. Ges. Naturkde. Württ. 144:177-209.

WITSCHEL, M. & S. SEYBOLD (1986): Zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung von *Daphne cneorum* L. in Baden-Württemberg, unter Berücksichtigung der zönologischen Verhältnisse in den Teilarealen. - Jh. Ges. Naturkde. Württ. 141:157-200.

ZECH, W. (1968): Kalkhaltige Böden als Nährsubstrat für Koniferen. Diss. Univ. München.

ZECH, W. (1970): Nadelanalytische Untersuchungen über die Kalkchlorosen der Waldkiefer (P. sylv.). - Z. Pflanzenern. u. Bodenkde 125: 1-15.

ZENKE, B. (1989): Die Lawinensituation im bayerischen Alpenraum. - Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/89:163-182, München.

ZIMMERMANN, A. (1972): Pflanzenareale am niederösterreichischen Alpenostrand und ihre florengeschichtliche Deutung. Diss. Botanicae 18:1-199.

—— (1981a): Erica-reiche Silikat-Föhrenwälder in den östlichen Zentralalpen (I): Steiermark und angrenzende Teile Niederösterreichs. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 111: 157-174.

—— (1981b): Erica-reiche Silikat-Föhrenwälder in den östlichen Zentralalpen (II): Oberkärnten. - Carinthia II 171/91: 175-188.

—— (1981c): Erica-reiche Silikat-Föhrenwälder in den östlichen Zentralalpen (III): Überregionaler Vergleich. - Phython (Austria) 22: 289-316.

ZOLLER, H. (1951): Das Pflanzenkleid der Mergelsteilhänge im Weissensteingebiet. Beitrag zur Kenntnis natürlicher Reliktvegetation in der montan-subalpinen Stufe des Schweizerjuras. - Ber. Geobot. Inst. Rübel: 67-95.

—— (1974): Flora und Vegetation der Innalluvionen zwischen Scuol und Martina (Unterengadin). - Ergebnisse wissenschaftl. Untersuchungen Schweiz. Nationalpark 12, 4. Lfg.: 209 S.

ZÖTTL, H. (1952): Zur Verbreitung des Schneeheide-Kiefernwaldes im bayerischen Alpenvorland. - Ber. Bay. Bot. Ges. 29: 92-95.

ZUKRIGL, K. (1973): Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenostrand unter mitteleuropäischem, pannonischem und illyrischem Einfluß. - Mitt. Forstl. Bunderversuchsanst. 101: 386 S.

14. Anhang

Vegetationtabellen 1, 2a, 2b, 3

Verzeichnis der Aufnahmen

Übersicht der Bodenprofile

Bildteil

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

WITSCHEL, M. (1980): Xerothermvegetation und dealpine Vegetationskomplexe in Südbaden. - Beih. Veröff. Natursch. Landschaftspfl. Bad-Württ. 17: 1-212.

—— (1987): Die Verbreitung und Vergesellschaftung der Federgräser (*Stipa* L.) in Baden-Württemberg. - Jh. Ges. Naturkde Württ. 142: 157-195.

—— (1989): Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung von Amethyst-Schwingel (*Festuca amethystina* L.) und Horst-Segge (*Carex sempervirens* Vill.) in Baden-Württemberg. - Jh. Ges. Naturkde. Württ. 144:177-209.

WITSCHEL, M. & S. SEYBOLD (1986): Zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung von *Daphne cneorum* L. in Baden-Württemberg, unter Berücksichtigung der zönologischen Verhältnisse in den Teilarealen. - Jh. Ges. Naturkde. Württ. 141:157-200.

ZECH, W. (1968): Kalkhaltige Böden als Nährsubstrat für Koniferen. Diss. Univ. München.

ZECH, W. (1970): Nadelanalytische Untersuchungen über die Kalkchlorosen der Waldkiefer (P. sylv.). - Z. Pflanzenern. u. Bodenkde 125: 1-15.

ZENKE, B. (1989): Die Lawinensituation im bayerischen Alpenraum. - Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft 4/89:163-182, München.

ZIMMERMANN, A. (1972): Pflanzenareale am niederösterreichischen Alpenostrand und ihre florengeschichtliche Deutung. Diss. Botanicae 18:1-199.

—— (1981a): Erica-reiche Silikat-Föhrenwälder in den östlichen Zentralalpen (I): Steiermark und angrenzende Teile Niederösterreichs. - Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 111: 157-174.

—— (1981b): Erica-reiche Silikat-Föhrenwälder in den östlichen Zentralalpen (II): Oberkärnten. - Carinthia II 171/91: 175-188.

—— (1981c): Erica-reiche Silikat-Föhrenwälder in den östlichen Zentralalpen (III): Überregionaler Vergleich. - Phython (Austria) 22: 289-316.

ZOLLER, H. (1951): Das Pflanzenkleid der Mergelsteilhänge im Weissensteingebiet. Beitrag zur Kenntnis natürlicher Reliktvegetation in der montan-subalpinen Stufe des Schweizerjuras. - Ber. Geobot. Inst. Rübel: 67-95.

—— (1974): Flora und Vegetation der Innalluvionen zwischen Scuol und Martina (Unterengadin). - Ergebnisse wissenschaftl. Untersuchungen Schweiz. Nationalpark 12, 4. Lfg.: 209 S.

ZÖTTL, H. (1952): Zur Verbreitung des Schneeheide-Kiefernwaldes im bayerischen Alpenvorland. - Ber. Bay. Bot. Ges. 29: 92-95.

ZUKRIGL, K. (1973): Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenostrand unter mitteleuropäischem, pannonischem und illyrischem Einfluß. - Mitt. Forstl. Bunderversuchsanst. 101: 386 S.

14. Anhang

Vegetationtabellen 1, 2a, 2b, 3

Verzeichnis der Aufnahmen

Übersicht der Bodenprofile

Bildteil

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anhang

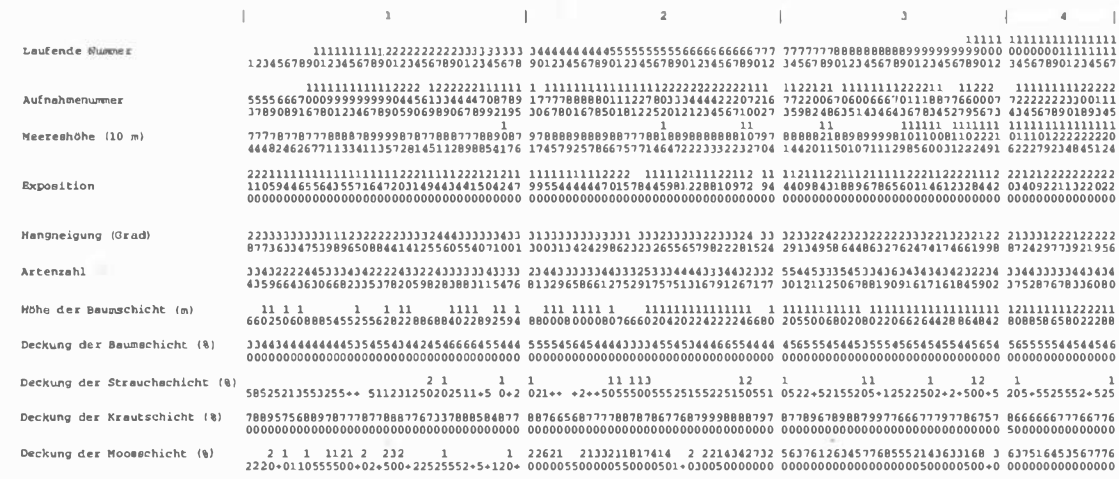
Vegetationstabelle 1 . . . . . 171/172
Vegetationstabelle 2a 173-175
Vegetatinstabelle 2b 176-178
Vegetationstabelle 3 179-180
Verzeichnis der Aufnahmen 182-183
Übersicht der Bodenprofile 184
Bildteil 185-191

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Vegetationstabelle 1

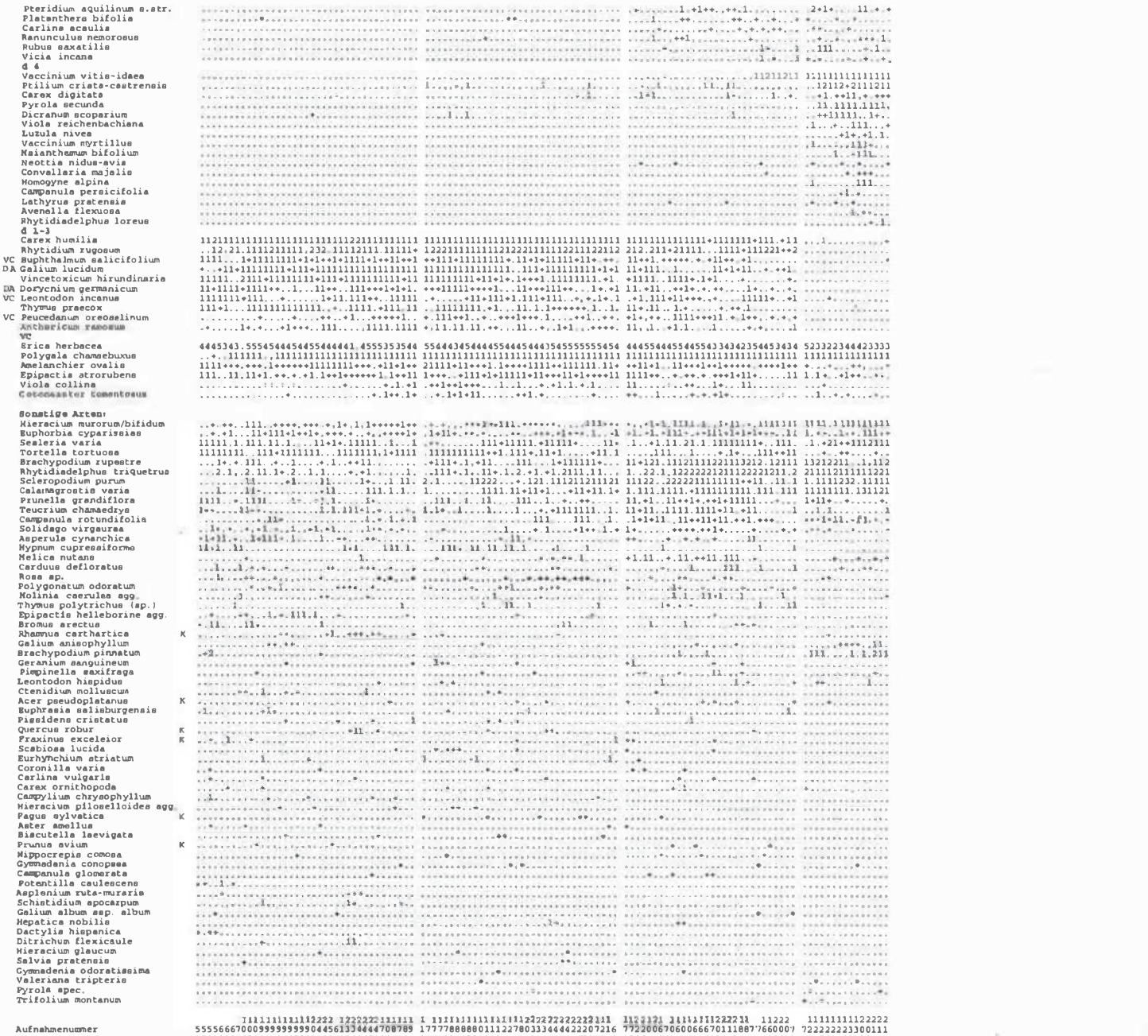
Vegetationstabelle 1: Erico-Pinetum
(117 Aufnahmen von MÖLZEL)

1: E. -P. globularietosum
2: E. -P. typicum
3: E. -P. galietosum
4: E. -P. pyroletosum



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Vegetationstabelle 1



Weitere Arten: Stipa eriocaulis austriaca 53:+, 57:+; Cephalanthera rubra (sp.)106:+, 108:+; Antennaria dioica 69:+, 122:+; Neckera crispa 119:+, 110:+; Acinos alpina 182:1, 180:1; Taraxacum officinale 108:+, 112:+; Clinopodium vulgare 109:1, 110:+; Viola hirta 57:1; 165:+; Rosa pendulina K 71:+, 131:+; Clematis vitalba K 195:+, 174:+; Trifolium pratense 179:+, 123:+; Origanum vulgare 227:+, 228:+; Festuca cf.rupicola 244:+, 101:+; Aster bellidiastrum 105:+, 128:1; Sanguisorba minor 175:1, 216:+; Hieracium pilosella 101:+, 75:+; Laserpitium latifolium 168:+, 125:+; Phyteuma spec. 166:+, 208:1; Dianthus sylvestris 53:+; Fumana procumbens 53:+; Dianthchium capillaceum 57:1; Colutea arborescens 58:+; Daucus carota 58:+; Cornus sanguinea K 108:+; Orobanche gracilis 108:+; Gypsophila repens 191:1; Thalictrum saxatile 193.+; cf Brachythecium cf. glareosu 193:+; Achillea coartata 196:+; Sedum album 238:+; Rhamnus carthartica S 239:+; Globularia elongata 239:+; Juniperus communis B 111:1; Coronilla vaginalis 202:+; Quercus robur S 242:+; Potentilla pusilla 244:+; Hedera helix 102:+; Trifolium medium 101:1; Pinus uncinata/rotundata S 104:+; Calluna vulgaris 163:+; Succisa pratensis 166:+; Hieracium lachenalii 174:+; Cephalanthera sp. 205:+; Dactylorhiza maculata agg. 123:+; Prenanthes purpurea 125:+; Ulmus glabra K 126:+; Luzula pilosa 130:+; Oxalis acetosella 131:+; Ranunculus montanus 131:+; Pimpinella maior 208:+; Larix decidua S 213:+; Abies alba K 214:+;

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

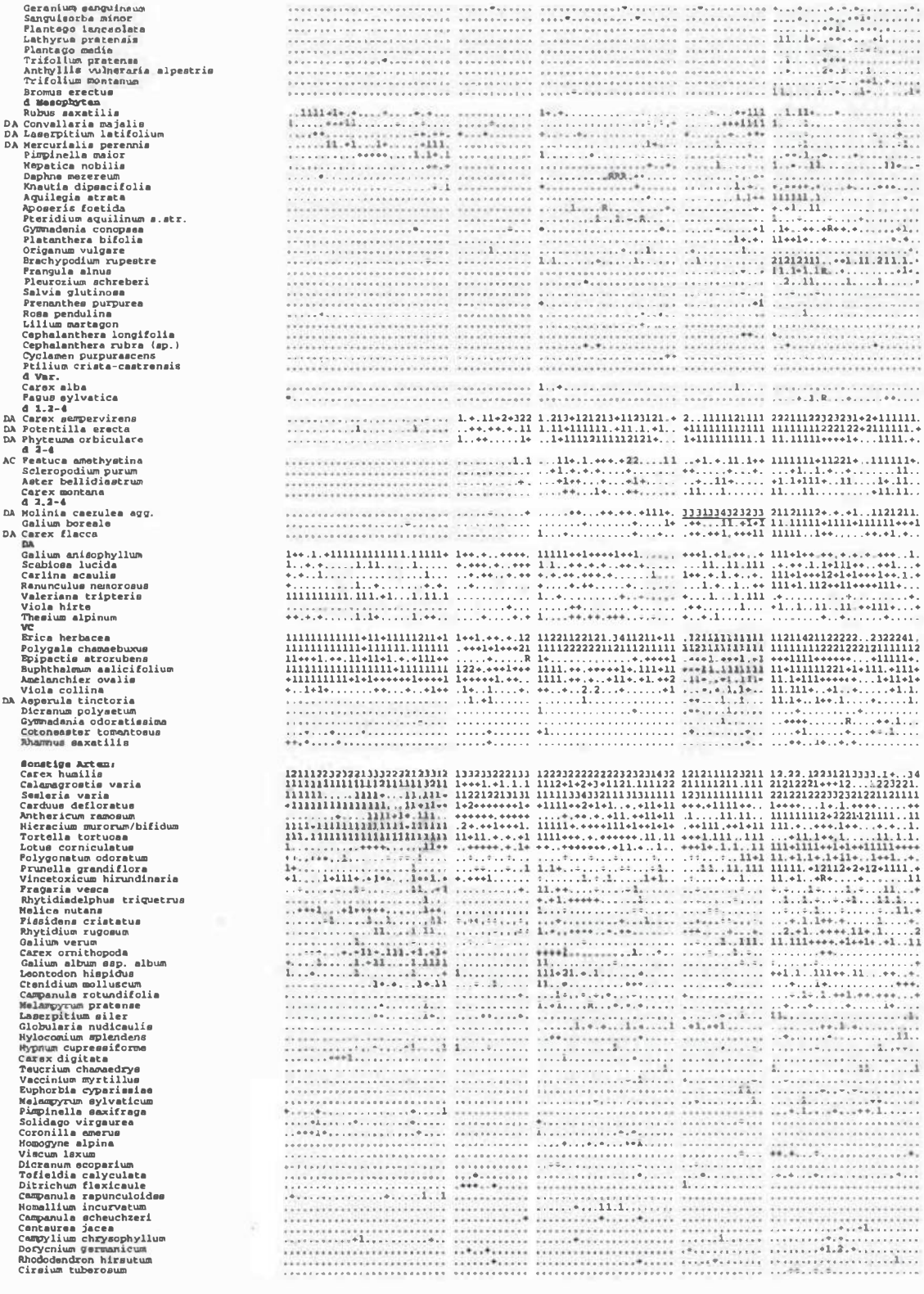
Vegetationstabelle 2a: Calamagrostio-Pinetum, Subassoziationsgruppe der Hanglagen
(120 Aufnahmen von HÖLZEL, 70 Aufnahmen von LORENZ 1993)

1.1: C.-P. primuletosum, Variante mit Valeriana tripteris (Wettersteinkalk)
1.2: C.-P. primuletosum, Variante mit Carex sempervirens (Hauptdolomit)
2.1: C.-P. teucrietosum, typische Variante
2.2: C.-P. teucrietosum, Variante mit Polygala amarella
3: C.-P. teucrietosum, Weidenutzungsform mit Briza media

		1.1	1.2	2.1	2.2	3
Laufende Nummer		111111111112222222 123456789012345678901234567	22233333333333 89012345678	34444444444555555555556 90123456789012345678901	66666666677777 23456789012345	77777788888888899999999 67890123456789012345678
Aufnahmenummer		22222222222 12222233333 884449343334 90123434567123675673142360	255665665656 13332132222443 22165300912 4	2256656566555656 33114333533288240111299 09014137265298730891422	655 1 23211153122222 30512366447892	11 1556566665 16 225336 31111144526 4444 23289287868975700156898 6
Meereshöhe (10 m)		1 1111111111111111 011111 09000011111101100111630001 1 09655502355614220529572239	11111 111111 30053915053 5 76402458278 4	11111111111111111 11 01333121115500133901 6 39678765872371672920 4	1111111 1 40000018078 9 92013432794 0	1 1 1 77967906881808888999988 02690178672482535179118 5
Exposition		11111111111222221212212 2 36444344342121411817028281 1 00000000000000000000000000	21111112222 29898861300 00500000000	22222222211222222211 22 05153401387112140397 5 00000000000000000000	21112111111111 18881999977776 00000000000000	11211121111221211111 112 35366308989109099646907 1 00000000000000000050000
Hangneigung (Grad)		44454444434333324333423333 65146567689359491792396242	44475565253 90005005000	22334443334444333444344 09450005550005005336 1	33343334334434 00029383952 2	33232323323232333333342 44129193505050500156407 5
Artenzahl		53234433233434332222434433 28961135900142983462805037	22443423333 97117764107 7	53334433333233445222332 53655375882909102771 4	24433344444454 70930540115 2	65567547774655544544434 3 48131743316831200385794 8
Höhe der Baumschicht (m)		111111 11 1111 111111 22000298800899802208002244	1 1 11 07788875050 0	11111111111111111111111 00220255202505551244200	11111121111121 50002220064606	11121111111111111 1111 11 44852222400005525 4220805
Deckung der Baumschicht (%)		44355445655344245444334345 00000000000050500000000	312113 2 21 05005055055 5	43541222323323423143452 00050050050050055000	31334543543434 05500000000 0	23445433121212211 4344552 00000000500050050 0000000
Deckung der Strauchschicht (%)		1 +1+115 02	1 5505	1 3 1 5 5 53 2 0 5 10	1 1 5 51 0 2	1 1 52 220 5 3 552 51
Deckung der Krautschicht (%)		432123443434 44522236475 1 00050000000050000050000050	24545444566 7 00000500055 0	42575888888778777647 5 00000000505550050500000	99956687787 7 00500000000000	98877877778898987878896 7 00000000500000050050000 0
Deckung der Moosschicht (%)		+++++++11++252++2++++22+21	2352111133111	22++121113113153134++ ++	3121 ++++ +++	3 0++21+33111523354 2115
Bäume und Sträucher						
Pinus sylvestris	B	233333334333333..333333111333	3222221124+22	3133222232332323233332	32333333333333	23333333222222222..333..32
Pinus sylvestris	S					
Pinus sylvestris	K					
Pinus uncinata/rotundata	B					
Pinus uncinata/rotundata	S					
Pinus uncinata/rotundata	K					
Picea abies	B					
Picea abies	S					
Picea abies	K					
Sorbus aria	B					
Sorbus aria	S					
Sorbus aria	K					
Larix decidua	B					
Acer pseudoplatanus	S					
Acer pseudoplatanus	K					
Sorbus aucuparia	S					
Sorbus aucuparia	K					
Fagus sylvatica	K					
Amelanchier ovalis	S					
Amelanchier ovalis	K					
Frangula alnus	S					
Frangula alnus	K					
Cotoneaster tomentosus	S					
Cotoneaster tomentosus	K					
Berberis vulgaris	S					
Berberis vulgaris	K					
Juniperus communis	S					
Juniperus communis	K					
Rhamnus saxatilis	S					
Rhamnus saxatilis	K					
Viburnum lantana	S					
Viburnum lantana	K					
Crataegus monogyna	S					
Crataegus monogyna	K					
Rosa pendulina	S					
Rosa pendulina	K					
d 1						
Schistidium apocarpum		11111111111....1111111..111	1+++1++++++			
Primula auricula		111111111111..+.+111.1....	+++111.1.+.+			
Hieracium glaucum		1+.+1++1.+.+++1+.++.+++...	.++.+...1.+.			
Globularia cordifolia		.1.1+.11...1.1++.1 11....	.111++2211++			
Campanula cochleariifolia		1+11+1111111111+111.11.+11	1...			
Rhamnus pumila		111111111+++.++.....+.+.....				
Homalothecium lutescens		+.+++1....1+++.....				
Kernera saxatilis		+..+....1.+1.++..+.....	.....R.+.....			
Carex mucronata		.+.....11111.....1.....	1222+11121+1			
Potentilla caulescens		1111+.+11+....+.....	1+++12+1....			
Asplenium ruta-muraria		..++++.+.+.+.....	.+...++.....			
Euphrasia salisburgensis		1+..1.....1.....	...1..+..+.+			
Daphne striata		.....+.....+	...1...+.+.2			
d 2						
VC Leontodon incanus		111+1.++..,1.1.,,1+11+....	1211++1+1++1	1111+11.1.111+..,1111+	1++11111111111	.+1.+...21..R.....+.
DA Thymus polytrichus (sp.)		11111111.1.11111..1+1.1111	1.22.+2+.212	11112.22.11+121211.1..	++11.+111.111	11.11..11.11+11.....1
DA Hippocrepis comosa		+.....+.....+++.	++1++.+++++	.++.++++1+++.1+++.11..	.++.....+...+.	...1.+1..111.+++++1.++...
Teucrium montanum		+1++.+2111+..+++..121.....	.12+.1.112.2	....+1+.1.1..	.....1.....	+1.+....21+1.2+12....11
DA Linum catharticum		.....1.....+.....	...+...++1+	....1+++1+1...+1+.....	++...1+.....	.11.+..+1+++.+.....
AC Coronilla vaginalis		.+.....R.R++..	...+.....+.....	.....+.....	.....+.....	1+1+1.1.1+2+1.1+.1++.+..
AC Thesium rostratum			.....+..+	.....+.....	..+11..1+.+11	1111+1111+2+1....1++1++.
d Var.						
Polygala amarella		.....+.....	.....+.	.....+.....	..+111..+.111	.....+.+.....
Valeriana saxatilis		.....1.1.....	....+...1.....	.....+.....	111.++..11	...1...+.....
Rhinanthus glacialis		1...++.....	...+.....	.....+.....	...1+.,.+.1++	11.....1+.+.....
d 3						
Briza media						11+++..+1++++.+++++.....
Berberis vulgaris		.1.....+.....	.....R.....1.	.....	.....	11.+1+.+.+.+++++.+.....
Peucedanum oreoselinum						...11...11R1+2..1.1+11..
Peucedanum cervaria						1....1..1++..R+....+...1+
Succisa pratensis						...11.+12.+.++.....+....
Centaurea scabiosa						1..11..++1.+.....+....

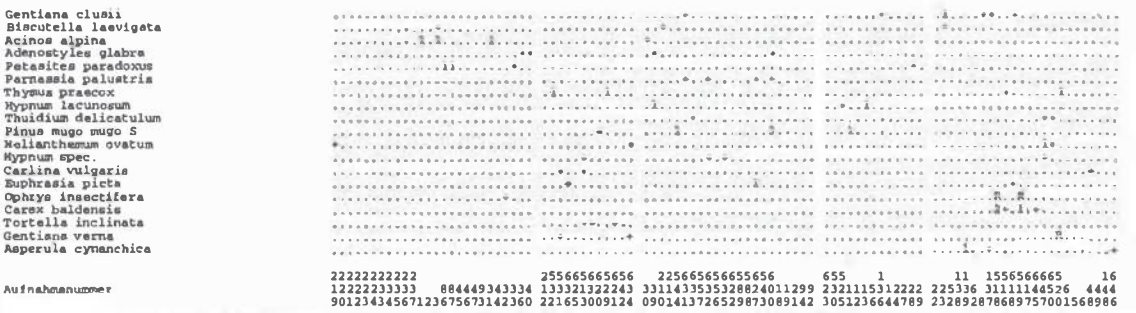
©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Vegetationstabelle 2a



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Vegetationstabelle 2a



Weitere Arten: Agrostis alpina 1:•, 10:1; Allium carinatum 117:•, 645:•; Ranunculus montanus 562:•, 519:•; Polytrichum formosum 556:•, 525:•; Brachypodium pinnatum 623:•, 56:1; Neottia nidus-avis 12:•, 39:•; Neckera crispa 96:•, 92:1; Agrostis capillaris 516:•; Luzula nivea 32:•, 49:•; Coryllus avellana K 211:•, 647:R; Danthonia decumbens 617:1, 647:•; Pinus mugo mugo B 621:•, 600:•; Praxinus excelsior K 94:•, 92:•; Fissidens taxifolius 650:•; Hieracium pilosella 14:•, 647:•; Gymnocarpium robertianum 546:•; Campanula glomerata 516:•, 647:•; Rosa sp. 3:•; Ligustrum vulgare 647:•; Centaurea montana 27:•; Kleracium bifidum 212:1; 636:1; Mycelis muralis 40:•, 543:•; Vaccinium vitis-idaea 600:1; Homalothecium sericeum 48:•, 94:•; Orthotrichum sp. 65:•, 56:•; Colojeunea calcarea 630:•, 588:•; Euphrasia rostkoviana 212:•, 645:•; Gentiana aspera 631:R, 632.•; Tussilago farfara 546:1, 543:1; Viola biflora 544:•, 543.•, Campylium halleri 630:•, 137:•; Moehringia muscosa 2:1; Gentiana utriculosa 23:•, 518:1; Calluna vulgaris 18:•; Tetragonolobus maritimus 516:•, 519:•; Ononis spinosa 647:•, 650:•; Scabiosa columbaria 56:•; Festuca sp. 516:•; Sorbus chamaespilus K 600:•; Rhamnus carthartica S 646:•, K 137:1; Pycola rotundifolia 13:•; Polygala alpestris 56.•; Listera ovata 49:•; Dryas octopetala 219:•; Larix decidua S 223:1; Viola reichenbachiana 2:•; Encalypta streptocarpa 532.•; Gentiana bavarica 636:•; Orthothecium rufescens 516:•; Achnatherum calamagrostis 625:1; Astrantia maior 518:•; Gypsophila repens 625:•; Avena parlatorei 621:•; Valeriana montana 542:•; Frullania tamarisci 588:•; Campylopus flexuosus 627:•; Platanthera chlorantha 56:1; Cirriphyllum piliferum 139:•; Carex sp. 62:•; Calliergonella cuspidata 62:•; Fissidens adianthoides 62:1; Orobanche gracilis 8:•; Carex caryophyllea 37:•; Carex hostiana 37:•; Taraxacum officinale 37:•; Clinopodium vulgare 519,1; Gentiana asclepiadea 516:•; Ononis repens 519:1; Koeleria pyramidata 627:•; Aster amellus 645:•; Dactylis glomerata 647:•; Daphne cneorum 61:1; Equisetum arvense 61:•; Brotherella lorentziana 48:1,

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Vegetationstabelle 2b

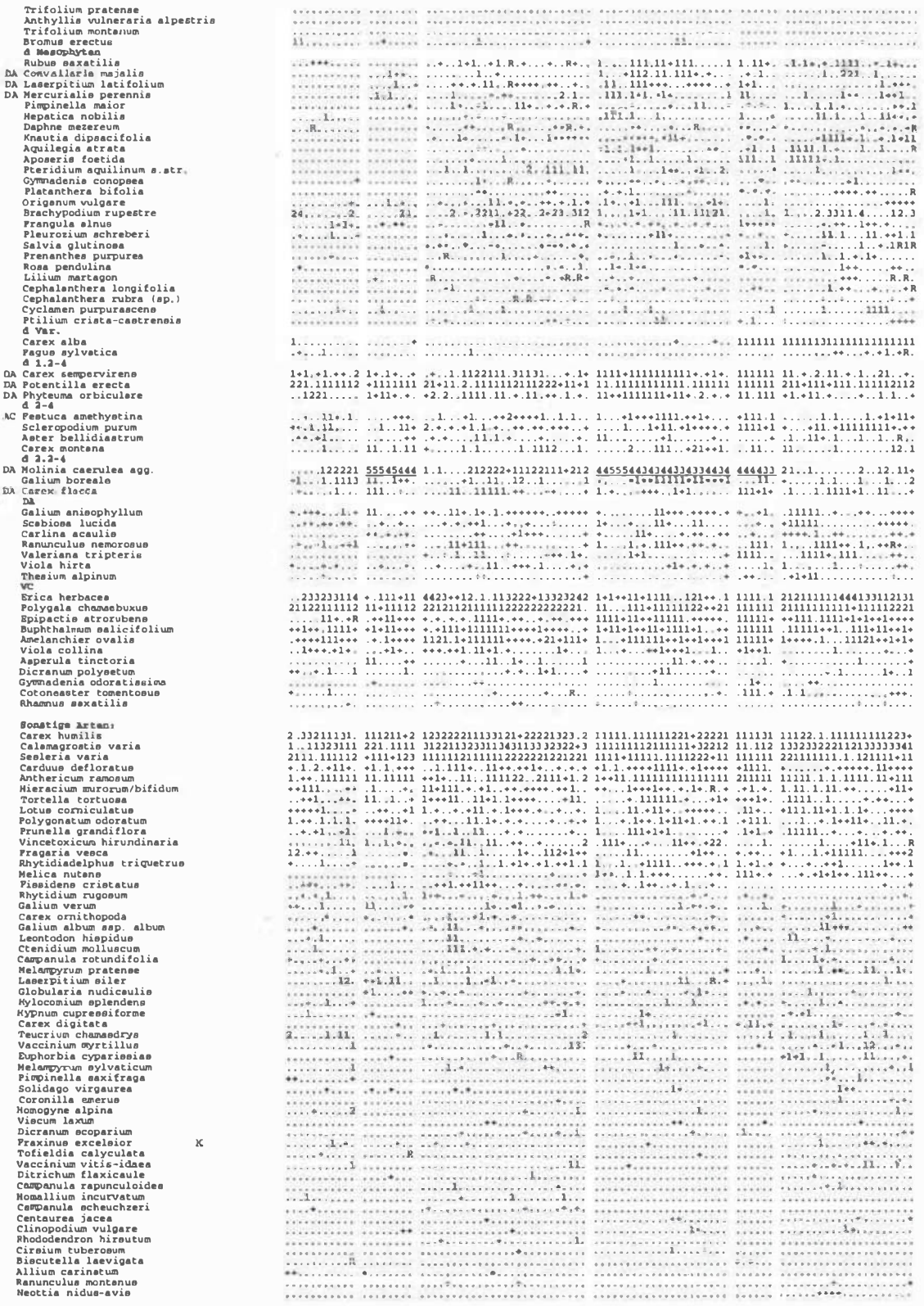
Vegetationstabelle 2b: Calamagrostio-Pinetum), Subassoziationsgruppe der Hanglagen
(120 Aufnahmen von HÖLZEL, 70 Aufnahmen von LORENZ 1993)

4.1.1: C.-P. knautietosum, artenarme Variante
4.1.2: C.-P. knautietosum, artenarme Variante, Molinia Fazies
4.2.1: C.-P. knautietosum, typische Variante
4.2.2: C.-P. knautietosum, typische Variante, Molinia Fazies
4.3.1: C.-P. knautietosum, Variante mit Carex alba, Molinia Fazies
4.3.1: C.-P. knautietosum, Variante mit Carex alba

		4.1.1	4.1.2	4.2.1	4.2.2	4.3.1	4.3.2
Laufende Nummer		111111111 11111111 11111111111111111111111111	11111111111111111111 111111 11111111111111111111				
		990000000000 011111111 111222222222233333333334444	444444555555555566666 666667 77777777788888888889				
		890123456789 901234567 890123456789012345678901234	567890123456789012345678901234 567890 123456789012345678901				
Aufnahmenummer		66555 1115 1155 5515 5 11155566555555555	1 111111555566 111111 5 111115555				
		44999 85556 55925622 99693359554458202245589894	611191229333445231123 111345 27778883 444445555881				
		98256781899 45502046 34107886014554798403451691	25670056124567313426 7 456334 27890195412309067537 0				
Meereshöhe (10 m)		1111 11 1 1 11 1111 11 11 1 1 1	1 1 111 1111 1 111 1				
		88112076678 11607790 02711107007778881480981828	899698867888887809881 000777 80000950900065586980 8				
		34592061527 53733169 10134951447976836840878774	10250023895313178099 5 333866 66697949524574704750 4				
Exposition		21222111211 11211111 22122222121122112222212121	12222211211211211111 222112 11111222111111211121				
		09123596099 44293767 00551503927641880002081937	91238277777194106599 9 534875 68892351429955549990 9				
		00000000000 00000000 00000000000000000000000000	00000000000000500000 000000 50000000500000000000 0				
Hangneigung (Grad)		32444343433 33333333 33442333334333442342333323	33333333333343312333 3 332333 23334322322331243333 3				
		05500310650 47136205 00609005391755005005055055	20142697845822850555 0 229524 56471061343458015050 5				
Artenzahl		33233332334 33223343 33333344444534563244343444	52223544554454354442 3 455543 44333454544353335555 4				
		54914827350 12643604 21968840774050118913886637	29421546024905827377 96 410386 82072713980449891669 8				
Höhe der Baumschicht (m)		11111111111 22111111 11121111221111111111111111	22221222111111111111 221111 11111211111121111111 1				
		55545046550 42625521 30202226005668322232283532	05554258445566503368 2 028556 34844048244405665558 5				
Deckung der Baumschicht (%)		32233445353 34235434 32434437644433343234233532	34554444434444444433 4 456444 53354244464335533436 3				
		05550000000 00000050 55000050000005500550500000	00000000000000000550 5 000000 00000000000000000500				
Deckung der Strauchschicht (%)		1 1	21 1				
		05532+221+5 5+ 335 1 1+ ++ 5 52 3 53	+ 1+++2 5+ 5 ++ + 2 2 2 2+11005+50				
Deckung der Krautschicht (%)		89667789779 99989989 97785398897688987899997889	89999998978887898729 888888 88766888999998888887 87				
		50000500005 00500050 00000000000050500000005005	00500000000000500005 000000 00000500000000000005				
Deckung der Moosschicht (%)		1					
		35552+3 ++5 +++ ++11 55+1221++2+++21551123535 31	+ ++ +++5++++131311 ++++++ 1+++++32+++2++++12550				
Bäume und Sträucher							
Pinus sylvestris	A	3323333333333333333333333333333333333432	3333333333333333333333333333333333333332				
Pinus sylvestris	S	.....1 ....+... ....

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Vegetationstabelle 2b



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Vegetationstabelle 2b

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Vegetationstabelle 3: Calamagrostio-Pinetum, alluviale Subassoziationsgruppe

(44 Aufnahmen von LORENZ 1993, 16 Aufnahmen von HÖLZEL, 4 Aufnahmen von BICHLER 1993)

1: C.-P. dryadetosum
2: C.-P. thesietosum
3: C.-P. vaccinietosum
4: C.-P. epipactietosum
5: Alluvialer Weide-Kiefernwald (z.T. aufgedüngt)

		1	2	3	4	5
Laufende Nummer		111111111	122222222223333333	3333444444	4444555555555	5566666
		123456789012345678	90123456789012345	6789012345	678901234567	8901234
Aufnahmenummer		222533333 44446665	555555666 55665	6555566556	555115555555	356666
		555355555300005554	884066334 6656410	1646640660	787447777777	6560000
		1237234674234554l8	21770198094323268	3867916625	900121234567	5541234
Meereshöhe (10 m)		8889999999 9998	88888888878888888	8888888888	888778888888	9988888
		5550555555 4447	997666555888876556	7787757877	000000000011	5567777
Artenzahl		232733343444433454	74555745356565324	4554454554	434543445554	6556344
		338602228472591674	37540058862323086	3217008105	834178252191	2392763
Deckung der Baumschicht (%)		1 131 1	1 1 1233121223143 2	2334352232	313342332324	4531111
		5 500 5	5 555505055050500 0	5050000505	005000505500	0055505
Deckung der Strauchschicht (%)		111533323266333345	43 1 1 1 1 16	4 1	461222143241	1
		55000000000000000	00 0 05350 20 505	50555 3555	000000000005	1 55 50
Deckung der Krautschicht (%)		3336555554787555586	87799978789999889	9999999999	889898989989	9789999
		0000000000000000005	00055005500050005	0055500550	050000000050	0005005
Deckung der Moosschicht (%)		1 1	1 1 136 1	2 31 1		
		555512255+05505353	30135350350033551	5313500330	532++5533333	+535555
Bäume und Sträucher						
Pinus sylvestris	B	.....23.....	.....2.....	.233332232	31333233....	.....
Pinus sylvestris	B2	.....	.....	.1.....	..1..2.1....	.....
Pinus sylvestris	S	222.22222232.12...	.....1.....	.3.+1.11++	3311+212....	..1....
Pinus sylvestris	K	111.1111111..1....	.....1.....	.....	1.++++.+.+..	.....
Pinus uncinata/rotundata	B	...2.....2	212233222.23233.2	2.....+.+	.2.....2223	3332222
Pinus uncinata/rotundata	S	++.2122122....233.	23.2..+++...2.231	.....	.....21+.	...+.+1
Pinus uncinata/rotundata	K	11..111111.....1	..111.+++.111...1	+.....	.....	.....
Picea abies	B	.....112....	+....+.....2	.212.2+1.1	.....1.	..+....
Picea abies	B2	.....	.....	...1..+1.	..+...++...3	.....
Picea abies	S	...3.....122....	2..r.+.+.2.1...+R	.111+..1+.	+.111.+11132	..11.++
Picea abies	K	.++...+...+.+....	2.....111++...	.+1+1+..+.	1..+++..++1.	.....
Alnus incana	B	.....	.....	+.....	.....+.	.....
Alnus incana	B2	.....	.....	.....	.....1.1....	.....
Alnus incana	S	.....	.....	.....	.....+.++++.	.....
Alnus incana	K	..+.....	.....	.....	..+...+..+..	.....
Salix elaeagnos	B	.....	.....	.....	+.....21+	.....
Salix elaeagnos	B2	.....	.....	.....	..1..+11....	.....
Salix elaeagnos	S	11+111..1111.+....	.....	.....	221++1++..+..	.....
Salix elaeagnos	K	111.++. .++.....	.....	.....	.....+.....	.....
Salix elaeagnos	K	111.++. .++.....	.....	.....	.....+.....	.....
Sorbus aria	S	...+.....1.....	+.....+.....	+++.+..++.	....+...+...	.....
Sorbus aria	K	...+.....+.	+....+...++.++...	....+..R..+	+.++..+.....	.....
Sorbus aucuparia	S	.....	.....	..+.....	.....R	.....
Sorbus aucuparia	K	.....	..+.+R....11.+.+.	++++++++++	.....	...+...
Fagus sylvatica	K	.....	.....	RR....+.+.	.....	.....
Juniperus communis	B	...1.....	+.....	.....	.....	+.....
Juniperus communis	S	.....33.1.+...	...+.....1....	+.....	+..22+.....	+.....
Juniperus communis	K	+..+.....+	..+..R....+.....	.....	.++11.++R++.	.....
Acer pseudoplatanus	S	.....	.....	.....	.....+..R+	.....
Acer pseudoplatanus	K	.+++.....+1+.....	.....	.....	+++++++.+..	.....
Viburnum lantana	S	.....11+....	.....	.....	...+..+++1.1	.....
Viburnum lantana	K	.....1.....	.....+.....	.....	+..11...+.R+	.....
Frangula alnus	S	.....1.....	+.....	.....	.+..+....+.+	.....
Frangula alnus	K	.....+1.....	+.....	.....	.+.11..+....	.....
Amelanchier ovalis	S	.....	.....+.....1.	+.....	.....	.....
Amelanchier ovalis	K	...+.....	+....++..1.+.....	....+..+..	.....	.....
Berberis vulgaris	S	...2.....	+.....	.....	....+..+.+..	.....
Berberis vulgaris	K	.....+.....	.....	.....	....+.....R.	.....
Rhamnus saxatilis	S	.....	.....1.	.....1..+	.....	.....
Rhamnus saxatilis	K	.....	.....+.....	.....	.....	.....
d 1						
Dryas octopetala		332223332111113 2++	..+.....1.....	.....	..++.....	.....
Hieracium glaucum		111111111+1+.1++1+	...+.....+..R...	.....	.....	+.....
Tortella inclinata		111+1111111111....	.....	.....	.....	.....
Saxifraga caesia		111+111111....1+..	.....	.....	.....	.....
Carex ornithopoda		11111111111..1....	.....	.....	.....+.....	1.+...
Carex ericetorum		11..1111111.11....	.....	.....	.....	.....
Salix elaeagnos		111111.+1+11.+....	.....	.....	221++111.21+	.....
Gypsophila repens		..1121+11.1...1..+	..+.....	.....	...+++.....	.....
Petasites paradoxus		.+.11.++1+..++....	.+.....	.....	.....+.	.....
Hieracium piloselloides agg.		...+1.111+....+++.	.....	.....	.....	.....
Ditrichum flexicaule		..1+.1+++.....+..	.....	.....	.....	.....
Carex baldensis		1+1+.....	.....	.....	.....	.....
Tolpis staticifolia		....11..1.....1...	.....	.....	.....	.....
d 1+2						
Globularia cordifolia		....2221212+..2223	+321+.2.2.....	.....	1..1.....	11.....
Linum catharticum		...11111111+++1++1.	111+..+++...+....	.....	.....	11+..R+
VC Leontodon incanus		..1+...11++.11++.1	+111++...+...+....	.....	.....	.....
Teucrium montanum		...1.111.11+.22.++	+1+...++.....	.....	.....	.....
Carex humilis		.+.1111.+1....+111	.21...2.1.....	.....	...11.....	.....
Euphrasia salisburgensis		....11111.....11.1	1+.....1.1.....	.....	.....+.....	.....
Tortella tortuosa		11++111111111+++2	.1.++.....1.....	.....	.....	.....+.
Thymus polytrichus (sp.)		1112111111111+1112.	+++1.+1111+.1+....	.....	..+.....+.	111+...
AC Thesium rostratum		++1+.....+.11.++1	11++.+++111+++...	.+.....	.1+++.....	+.....+
AC Coronilla vaginalis		...+...1+.+.11...1	+.11++1R1.11.+....	+.....+..+	+.....	1.....
Antennaria dioica		...+111111....212.	+11.++1+1++1.+....	.....+R.	.....	11.+...
Gentiana clusii		.....11..+121	++1+1+1+1111++..,	.....	+..+.+.....	11.....
VC Daphne cneorum		.....+	..++++++.1++..+1.	.....+.....	.....	.....
d 2-5						
Galium boreale		.....+.....	...+1+11+111221++	2223322332	.1.11..1111.	1.++111
Ranunculus nemorosus		...+.....++.	2+1+11.2.11111++1	.1+211121+	.+....+++1++	1112112
Gymnadenia conopsea		...+.....+	+++++++R..+++...+	..+++.+++.	+.R+1++.+++.	+1++...
Brachypodium rupestre		...+.....1....+.	1...1..+.1112+.31	.+31.33321	12+.21343333	2.+1.1+
Campanula rotundifolia		.....	+...++++..1.+++..	++1+++++++	...+.++.+...	.1111+1
Hylocomium splendens		.....	1..+1+12++221++1+	2++++11+1+	.++.+1+++1+	.+.+..+
Rhytidiadelphus triquetrus		.....+.	+.+..+.2..11+++.+	.++++111++	1...+.1.+++1	11.+..1
Pleurozium schreberi		.....+	+.1+2++1+222+1+++	2+11+21++1	.1+.+....++.	...1..1
Dicranum polysetum		.....	1.++1+++.122+++++	2+11111++1	+.....+....	...+...
d 3						
Vaccinium vitis-idaea		.....	2..+.+.....1+1...	12211+2122	.....	1..+...
Homogyne alpina		.....	.....+....1.+1...	.11+211221	.....	.+.1...
Calluna vulgaris		.....	.....+1.....	211311+11.	.....	...+...
Fragaria vesca		...+.....	.....	+11.1.+1++	.....	.+.+...

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

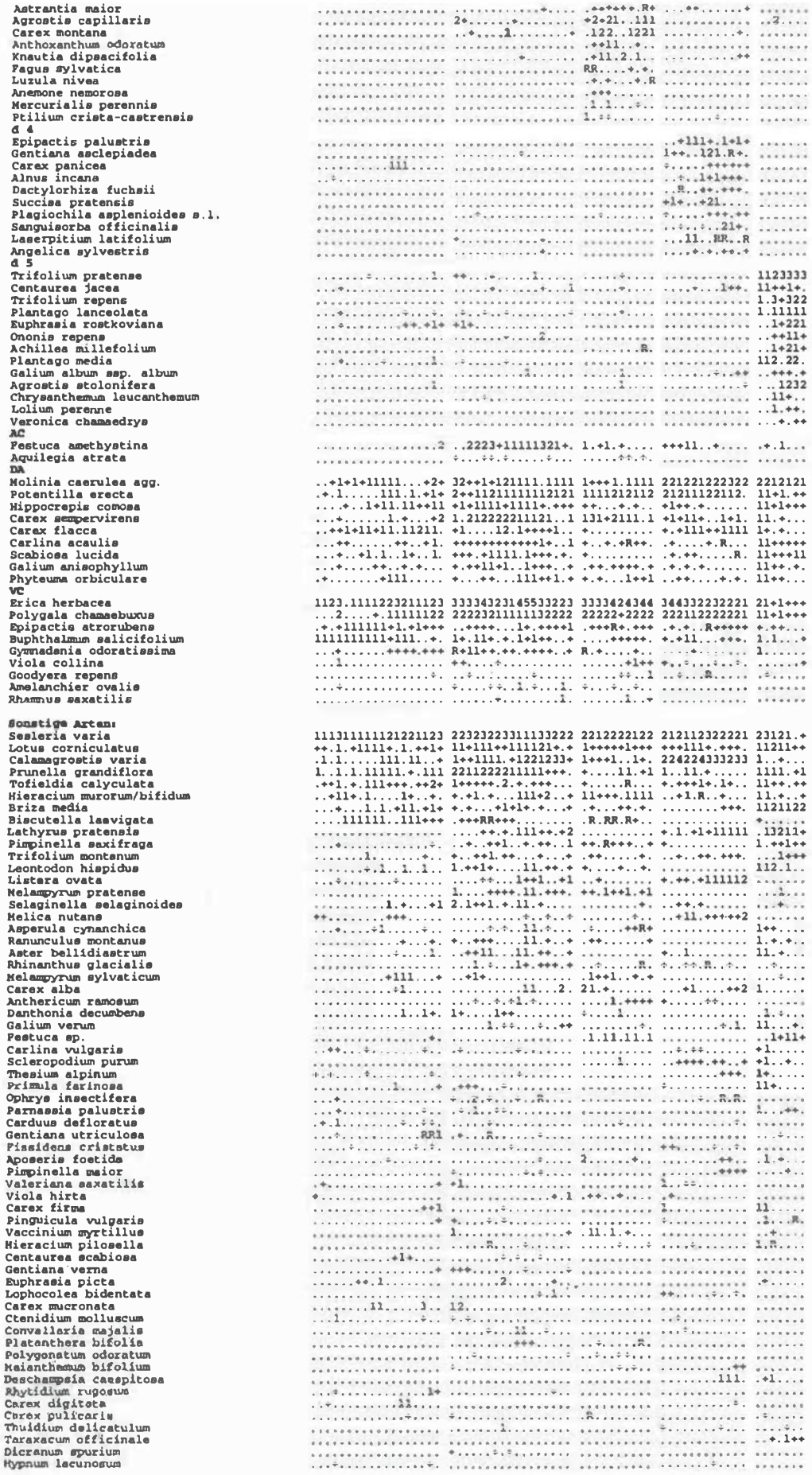
Fortsetzung der Vegetationstabelle 3

Hieracium sp.	.....	....1+.....	.....	.....	.....	.....
Peucedanum oreoselinum	.....	.....+..++.....	.....	.....	.....	.....
Pinguicula alpina	.....	..++.....	.....	.....	.....	+.....
Dactylorhiza maculata agg.	.....	.....+.....	..RR.....	.....	.....	.....
Koeleria pyramidata	.....	..+..+.....	.....	.....	.....	..+....
Dicranum scoparium	...+.....	.....	.....	.....	.....	.....+
Gentiana aspera	.....R...	.....	.....	.....	.....	.....++
Festuca arundinacea	.....	.....	.....	.....+++.	.....	.....
Aufnahmenummer	222533333 44446665	555555666	55665	6555566556	555115555555	356666
	555355555300005554	884066334	6656410	1646640660	787447777777	6560000
	1237234674234554l8	21770198094323268		3867916625	900121234567	5541234

Weitere Arten: Pyrola rotundifolia 251:1, 252:+; Polygala amarella 253:+, 537:+; Sanguisorba minor 537:+, 651:+; Daphne striata 537:+, 9:+; Cladonia sp. 34:1, 63:1; Hypnum cupressiforme 581:2, 547.+; Neottia nidus-avis 537:+, 567:R Equisetum variegatum 252:+, 579:+; Ononis spinosa 560:+, 9:1; Carex caryophyllea 507:+, 508:+; Luzula sylvatica 582:R, 567:+; Rubus saxatilis 9:1, 567:+; Campanula cochleariifolia 34:+, 65:1; Globularia nudicaulis 582:+; 141:+; Pestuca ovina guestfalica 546:+, 562:+; Plantago maior 561.+, 564:+; Vicia cracca 552:+, 577:+; Asperula tinctoria 639:+, 603:+; Plagiomnium affine s.str. 641:+, 573:+; Campanula glomerata 562:+, 564:+; Daphne mezereum 573:1, 575:+; Dactylis glomerata 577:R, 564.+; Rhytidiadelphus squarrosus 574:+, 603:+; Phleum pratense 564:+, 601:+; Cerastium holosteoides 564:1, 603:1; Urtica dioica 564:+, 603:R; Betula pubescens S+K 252:+; Salix nigricans S 537:+, K 574:R; Salix purpurea S 575:1, K 537:+; Carex brachystachys 537:+; Silene vulgaris glareosa 537:+; Racomitrium lanuginosum 537:1; Potentilla caulescens 352:+; Tetraglodon mnioides 354:1; Agrostis alpina 34:+; Nardus stricta 34:+; Corylus avellana K 402:+; Crepis alpestris (sp.) 402:+; Hieracium villosum 402:+; Fraxinus excelsior K 403:+; Vincetoxicum hirundinaria 403:+; Potentilla tabernaemontani 405:1; Gentiana bavarica 654:R; Primula auricula 651:R; Scapania aequiloba 548:+; Bazzania trilobata 582.+; Leucobryum glaucum s.l. 582:+; Epipactis helleborine agg. 581:+; Plagiochila porelloides 64:1; Polygonum viviparum 552:+; Selaginella helvetica 642:+; Bromus erectus 508:+; Solidago virgaurea 613:+; Thalictrum saxatile 568:1; Primula veris 546:+; Polytrichum juniperinum 569:+; Veronica officinalis 641:+; Polytrichum formosum 566:+; Poa compressa 605:+; Metzgeria furcata 579:+; Cotoneaster tomentosus S 580:1; Orobanche sp. 570:R; Campylium chrysophyllum 141:+; Euphorbia cyparissias 142:+; Eurhynchium striatum 142:+; Carex flava 572:+; Cirsium tuberosum 572:R; Ligustrum vulgare S 573:+; Pyrola uniflora 573:R; Eurhynchium angustirete 573:+; Cirsium oleraceum 575:+; Eurhynchium swartzii 575:+; Mnium spinosum 576:+; Adenostyles glabra 577:+; Paris quadrifolia 577:R; Phyteuma spicatum 577:R; Rubus spec. 577:1; Fissidens taxifolius 577:+; Brachypodium sylvaticum 65:1; Hepatica nobilis 65:+; Rhododendron hirsutum 355:+; Carex hostiana 355:+; Prunella vulgaris 564:1; Ranunculus acris 564:+; Homallium incurvatum 602:+; Galium sylvaticum 603:+; Campylium stellatum 603:+; Plagiomnium rostratum 604:+;

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung der Vegetationstabelle 3



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Verzeichnis der Aufnahmen

Gebiet	TK-Quadrant	Aufnahmen
Bayerische und Nordtiroler Randalpen		
Friedergries	Zugspitze 8531/2	LORENZ (1993): 634, 635, 636, 637, 638, 639, 681, 682, 743, 744;
Loisachauen östl. Grießen	Zugspitze 8531/2	251, 252, 253; LORENZ (1993): 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680;
Ofenberg bei Grießen	Zugspitze 8531/2	254, 256, 257, 258, 259, 260, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302; LORENZ (1993): 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 745;
Grießberg östl. Grießen	Garmisch-Partenkirchen 8531/2	82, 83, 84, 85; LORENZ (1993): 540, 641, 642, 643, 644, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 683, 684, 684, 685, 686, 687, 688, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700;
Kramer	Garmisch-Partenkirchen 8532/1 Oberammergau 8432/3	LORENZ (1993): 727, 728, 729, 730, 731, 732; 733, 734, 735, 736, 737;
Wank-Hangfuß ob Partenkirchen	Garmisch-Partenkirchen 8532/2	334, 335, 336, 337; LORENZ (1993): 746, 747, 748, 749, 750;
Kuhfluchtgraben ob Farchant	Oberammergau 8432/4	261, 262, 263, 264, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347; LORENZ (1993): 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726;
Heuberg zw. Oberau und Farchant	Oberammergau 8432/4	22, 23, 24, 137, 138, 139, 140, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 271, 272, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 290, 291, 292, 293, 294, 303, 304, 305, 306, 348, 349, 350, 351;
Auer Berg, Loisachblick	Oberammergau 8432/2	286, 287, 288, 289, 390, 391, 392, 393, 400, 401;
Scharnitz, Kalvarienberg A		219, 220, 221, 222, 223, 224;
Brunnenstein ob Scharnitz, Karwendel	Mittenwald 8533/4	1, 2, 3, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 86, 87;
Scharnitz, Riedboden	Mittenwald, 8533/4	65, 34, 352, 353, 354, 355, 356, 357; LORENZ (1993): 751, 752, 753, 754, 755;
Burgberg südwestl. Mittenwald	Mittenwald 8533/4	41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 233, 234, 235, 236, 237;
Marmorbruch nordöstl Mittenwald	Mittenwald 8533/2	50, 51, 52;
Isarleiten nördl. Mittenwald	Mittenwald 8533/2	48, 49, 61, 62, 307, 308;
Isarauen Krün-Mittenwald (Krünner Viehweiden)	Mittenwald 8533/2 Eschenlohe 8433/4	63, 64; LORENZ (1993): 607, 608, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 740, 741, 742; 716, 738, 739;
Krepelschrofen bei Wallgau	Eschenlohe 8433/4	4, 5, 6, 7, 8, LORENZ (1993): 717, 718, 719;
Fahrenberg ob Walchensee	Murnau 8333/4	54, 55, 56, 323, 324, 325, 326, 327, 328;
Geiß-Alm, nördl. Kesselbergstraße	Kochel 8334/3	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21,
Isartalhänge westl Vorderriß	Vorderriß 8434/2	9, 10, 11, 12, 13, 14, 25, 26, 27, 28 29, 162, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279;
Falkenberg ob Sylvensteinspeicher	Fall 8435/1	132, 133, 134, 135, 136;
Isarauen nördl. Sylvensteinspeicher	Lenggries 8335/4	141, 142;
Achensee, Ostufer A		77, 78, 79, 80, 81, 114, 115, 116;
Weißachauen Rottach-Egern-Kreuth	Rottach-Egern 8336/2	BICHLER (1993): 402, 403, 404, 405;
oberhalb Kreuzung Schneizelreuth- Inzell	Inzell 8242/4	95, 96;
Thumsee, Antoniberg	Inzell 8242/4	149, 150, 151;
Gamersberg/Grindberg ob Melleck/Steinpaß	Schneizelreuth 8342/2	157, 158, 159, 160, 161;

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Fortsetzung Aufnahmenverzeichnis

Saalachtal, Felshänge ob Baumgarten	Berchtesgaden West 8343/1	89, 90, 91, 92, 93, 94;
Weidewald oberhalb Winkl	Berchtesgaden West 8343/2	154, 155, 156;
Hammerstilwand bei Ettenberg	Berchtesgaden Ost 8344/1	152, 153;
Tiroler Oberinntal		
Zirl ob Steinbruch		246, 247, 248, 249, 250;
Kalvarienberg bei Zirl		53, 57, 58, 59, 60, 106, 107, 108,243, 244, 245, 394, 395, 396, 397, 398, 399;
Zirl-Hochzirl		101,102, 103, 104, 105, 163, 164, 165, 166, 215, 216, 217, 218;
westl. Rasthaus Zirl		109, 110, 111, 112, 113, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232;
oberhalb Reith-Leithen		123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 208, 209, 213, 214;
Kaiserblick ob Leithen (Hochlage)		210, 211, 212;
Mösern - Telfs		72, 73, 74, 75, 76, 167, 168, 169, 170, 171;
Maria-Locherboden, östl. Mötz		238, 239, 240, 241, 242, 380, 384, 385, 386, 387, 388, 389;
Mötz, Bürgele		309, 310, 311, 312, 313,
Silz, oberhalb Innbrücke		71, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322;
Tschirgant-Bergsturz		66, 67, 68, 69, 70, 118, 119, 120, 121, 122;
Innschlucht Imst-Roppen		365, 366, 367, 381, 382, 383,
Nassereith-Tarrenz		172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 185, 186, 187, 188, 189;
Gunglgrün ob Imst		183, 184, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207;
östl. Mils		194, 195;
östl. Zams, Weg zur Steinseehütte		190, 191, 192, 193, 196, 197, 198, 199, 200, 329, 330, 331, 332, 333, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379;

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Übersicht der Bodenprofile

Profilbezeichnung	Höhe [m]	Bodenform nach DBG	Humusform nach DBG	Bodentyp nach BOCHTER (1984)	Horizontabfolge	Pflanzengesellschaft
Profil 1: Zirl, Kalvarienberg	760	Pararendzina aus äolischem Feinmaterial durchmischt mit Dolomithangschutt über grobem Dolomitzersatz	mächtiger Trokkenmoder	Moder-Lockerrendzina	L-Of-Oh-Ah-(Ah)lCv-IIlCv-lCcv-IIIlCn	Erico-Pinetum globularietosum
Profil 2: Zirler Wald	820	Pararendzina aus äolischem Feinmaterial durchmischt mit Dolomithangschutt über grobem Dolomithangschutt	mächtiger Trokkenmoder	Moder-Lockerrendzina	L-Of-Oh1-Oh2-(Ah)lCv-IIlCv	Erico-Pinetum typicum
Profil 3: Reith	1.200	Braunerde-Pararendzina aus äolisch/glaziären Decksedimenten vermischt mit Dolomithangschutt über Dolomitzersatz	(Trocken-) Moder	-	L-Of/Oh-Ah-BvAh-BvlCv1-BvlCv2-IIlCv	Erico-Pinetum pyroletosum
Profil 4: Scharnitz, Kalvarienberg	985	Felshumusboden* über anstehendem, spaltenreichem Wettersteinkalk	mächtiger Kalk- bzw. Rendzinamoder	Mullmoder-Rensyrosem	L-Of-Oh1-Oh2-(Ah)mCn	Calamagrostio-Pinetum primuletosum
Profil 5: Ofenberg I	870	Mullartige Rendzina bzw. Mullrendzina aus anstehendem spaltenreichem Hauptdolomit-Fels	F-Mull bis Mullartiger Moder	Mullmoder-Rendzina	L-Of-Ah-AhmCv-mCv	Calamagrostio-Pinetum teucrietosum
Porfil 6: Ofenberg II	835	Mullrendzina aus grobem Hauptdolomit-Hangschutt über feinem Dolomitzersatz	Typischer Mull (L-Mull)	Mull-Renskelettosol	L-(Of)-Ah-AhlCv-IIlCv	Calamagrostio-Pinetum teucrietosum
Porfil 7: Grießberg	860	verlehmte Mullrendzina aus feinem Hauptdolomit-hangschutt über tiefgründigem feinem Dolomit-Zersatz	F-Mull	Mullmoder-Lockerrendzina	L-Of-Ah-AhBv-IIBvlCv-lCv	Calamagrostio-Pinetum knautietosum
Profil 8: Fahrenberg	1070	Terra-fusca-Rendzina aus differenziertem bituminösem Hauptdolomit-Hangschutt über grobem Zersatz	Typischer Moder	-	L-Of-Oh-Ah-TAh-TlCv1-II(T)lCv2-lCv	Calamagrostio-Pinetum knautietosum, Molinia-Fazies
Profil 9: Isarаue Krün I	875	Auenrendzina bzw. Borowina aus geringmächtiger sandiger Deckschicht (ca. 20 cm) über karbonatischem Flußschotter mit sandigem Zwischenmittel.	Mullartiger Moder	Mullmoder-Renskelettosol	L-Of-Oh-Ah-IIiCv-lCv	Calamagrostio-Pinetum thesietosum
Profil 10: Isarаue Krün II	877	Auenrendzina bzw. Borowina aus sehr grobem karbonatischem Flußschotter mit kiesig-sandigem Zwischenmittel	mächtiger Moder	Moder-Lockerrendzina	L-Of-Oh-Ah-lCv	Calamagrostio-Pinetum vaccinietosum

* nach KREUTZER & GROTTENTHALER (1991)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anhang

Bildteil

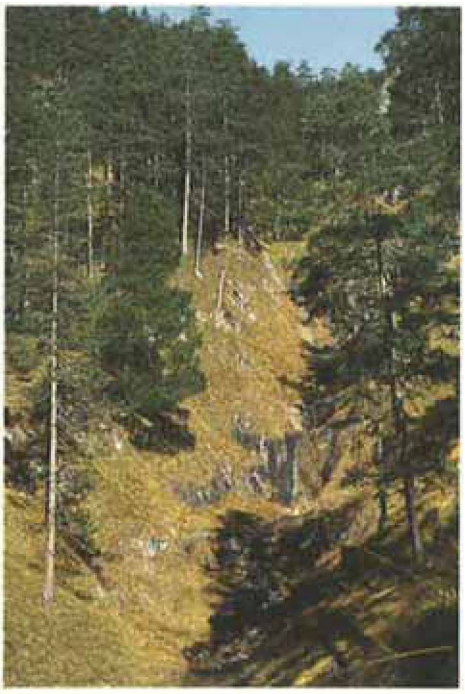


Foto 1: Flächig entwickelte Buntreitgras-Kiefernwälder stocken in den Hanglagen der Bayerischen Alpen vor allem auf sonnseitigen, föhnexponierten Hauptdolomitsteilhängen, die häufig von steilwandigen, primär waldfreien Rinnen durchzogen sind, Ochsengraben am Ofenberg bei Griesen mit Primärvorkommen von *Carex baldensis* und *Gladiolus palustris*.



Foto 2: Auf Wettersteinkalk sind Buntreitgras-Kiefernwälder fast ausschließlich im Bereich kaum zugänglicher, glazial extrem übersteilter, blanker Felshänge zu finden, Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald auf Wettersteinkalk im Isartal bei Scharnitz.



Foto 3: Breite Schotteraue und Lateralerosionshänge an der oberen Isar zwischen Sylvensteinspeicher und Vorderriß mit noch weitgehend ungestörter Morphodynamik. Ursprünglich nahmen die in ständiger Umlagerung befindlichen Schotterflächen der Alpenflüsse nahezu den gesamten Talboden ein; Erico-Pinion-Gesellschaften kamen nur in recht bescheidener Flächenausdehnung im Randbereich der Aue vor.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Foto 4: Ein Blick ins Spätglazial? - Initiales Entwicklungsstadium eines alluvialen Silberwurz-Buntreitgras-Kiefernwaldes auf trockengefallener Flußschotterterrasse an der Loisach bei Griesen. In der Bodenvegetation dominieren noch die Spaliere von *Dryas octopetala* neben Rohbodenbesiedlern wie *Carex ericetorum* und alpinen Schuttflur- und Rasenarten wie *Hieracium glaucum* und *Saxifraga caesia.*



Foto 5: Durch Überschüttung zerstörter Schneeheide-Kiefernwald auf einer Dolomitschutthalde im Tiroler Oberinntal bei Zams. Eine natürliche Regeneration von Schneeheide-Kiefernwäldern läuft in vielen Fällen über Zerstörungsphasen.



Foto 6: Blick über den Tschirgant-Bergsturz am Ausgang des Ötztales im Tiroler Oberinntal. Im Vordergrund großflächige Schneeheide-Kiefernwälder auf jungem Bergsturzmaterial; im Bildhintergrund ist die Abrißnische des erst vor ca. 2.900 Jahren niedergegangenen Bergsturzes erkennbar; unterhalb davon großflächige Schneeheide-Kiefernwälder auf Dolomitschuttfächern.



Foto 7: Mergelerosionsflächen im Bereich einer pleistozänen Talverfüllung im Lainbachtal bei Benediktbeuern mit einem vielfältigen Mosaik aus jüngeren und älteren Sukzessionsstadien.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Foto 8: Der prächtige Kiessteinbrech (*Saxifraga mutata*) ist eine besonders bezeichnende, stenöke Sippe der Buntreitgras-Kiefernwald-Vegetationskomplexe auf Mergelrutschhängen. Durch eine „Sanierung" entsprechender Standorte ist die extrem seltene Art (Bay. R. L. 2) örtlich hochgradig bedroht.



Foto 9: Spirken-reiche Buntreitgras-Kiefernwälder als Sukzessionsstadium auf Mergelrutschhängen einer pleistozänen Talverfüllung im Lainbachtal bei Benediktbeuern.



Foto 10: Initiales Stadium eines sekundären Buntreitgras-Kiefernwaldes auf einer talnahen Lichtweide am Nordostufer des Achensees/Tirol. Viele sekundäre Schneeheide-Kiefernwälder im Untersuchungsgebiet sind nachweislich durch Kiefernanflug aus offenen Kalkmagerrasen hervorgegangen.



Foto 11: Junge Brandverkarstungsfläche am Brunnenstein oberhalb Scharnitz. Die Kiefernbestände unterhalb der noch kahlen Brandfläche verdanken ihre Existenz in Teilen gleichfalls historischen Waldbränden und damit einhergehender Standortdegradation.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

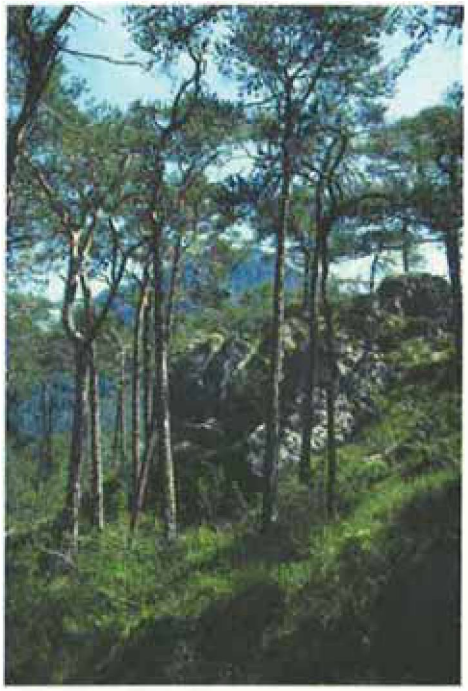


Foto 12: Krüppeliger Kugelblumen-Schneeheide-Kiefernwald auf grobblockigem Bergsturzmaterial im Gelände des Tschirgant-Bergsturzes, Tiroler Oberinntal. Der geschlossene Schneeheide-Teppich ist in dieser extremen standörtlichen Ausbildung immer wieder von offenen Rohbodenpartien durchbrochen auf denen Rohbodenpioniere wie *Viola rupestris* und *Teucrium montanum* siedeln.



Foto 13: Profil einer Trockenmoder-Pararendzina (Profil 2) aus äolischem Decksediment über grobem Hauptdolomit-Hangschutt unter Erico-Pinetum typicum, Zirler Berg im Oberinntal. Im Humusprofil dominiert als Zeichen früherer Standortdegradation (Streunutzung) eine bis zu 12 cm mächtige verfilzte, saure Of-Lage während der Ah-Horizont fast vollständig fehlt.
(Foto: C. Geitner)



Foto 14: Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald auf anstehendem Wettersteinkalk am Burgberg südöstlich Mittenwald. Die Waldkiefern in der Baumschicht dieses Primärbestandes sind trotz eines Durchschnittsalters von rund 180 Jahren kaum höher als 10 m; in der extrem lückigen Bodenvegetation dominiert die Erdsegge (*Carex humilis*), zu der sich zahlreiche Kalkfelsspaltenarten gesellen.



Foto 15: Flachgründige, sehr humusreiche Mull-Rendzina (Profil 5) über anstehendem Hauptdolomitfels unter Berggamander-Buntreitgras-Kiefernwald. Im Gegensatz zum Erico-Pinetum besteht im Calamagrostio-Pinetum kaum eine Tendenz zur Ausbildung mächtiger, feinhumusarmer saurer Auflagen. (Foto: C. Geitner)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

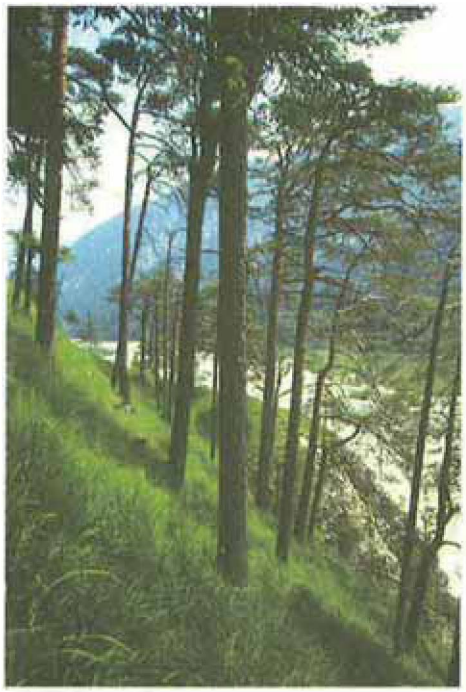


Foto 16: Waldwitwenblumen-Buntreitgras-Kiefernwald auf Hauptdolomit im Isartal bei Vorderriß. In der üppig entwickelten Bodenvegetation dominieren wuchskräftige Hochgräser wie Pfeifengras (*Molinia caerulea* agg.) und Buntes Reitgras (*Calamagrostis varia*), die auf einen vergleichsweise günstigen Wasser- und Nährstoffhaushalt des Standorts verweisen (mutmaßlicher Sekundärbestand).



Foto 19: Profil einer sehr humusreichen Moder-Borowina (Profil 10) unter Preißelbeer-Buntreitgras-Kiefernwald auf einer alten Schotterterrasse an der Isar zwischen Krün und Mittenwald. Durch fortschreitende Humusakkumulation verlieren selbst feinerdearme Grobschotterstandorte der Auen langfristig ihren edaphischen Extremcharakter und vermögen klimaxnahe Vegetationstypen zu tragen. (Foto: C. Geitner)



Foto 17: Spirkendominierter alluvialer Leinblatt-Buntreitgras-Kiefernwald auf älterer Schotterterrasse an der Isar zwischen Mittenwald und Krün (Krüner Viehweiden). In der vergleichsweise niederwüchsigen bzw. noch nicht völlig geschlossenen Bodenvegetation finden sich zahlreiche kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lückenbüßer wie *Daphne cneorum*, *Coronilla vaginalis* und *Thesium rostratum*, die in der Vergangenheit durch Beweidung eine deutliche Förderung erfahren haben. (Foto: M. Niedermeier)



Foto 18: Als aklonaler Zwergstrauch ist das extrem ausbreitungsträge Heideröschen (*Daphne cneorum*) auf eine regelmäßige Regeneration über Samen angewiesen, die nur bei entsprechend lückiger Vegetationsstruktur gelingt.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Foto 20: Haarpfriemengras-Trockenrasen als bezeichnende Kalkmagerrasen-Kontaktvegetation des Erico-Pinetum im Tiroler Oberinntal bei Roppen. Echte Volltrockenrasen fehlen im bayerischen Alpenraum aus klimatischen Gründen vollständig; sie werden dort ersetzt durch Halbtrockenrasen mit ausgesprochen mesophytischer Artengarnitur.



Foto 21: Kalkmagerrasen mit Molinion-Arten (*Gladiolus palustris*) in einer Lichtung des Calamagrostio-Pinetum am Heuberg zwischen Oberau und Farchant. In Unkenntnis ihrer besonderen naturschutzfachlichen Wertigkeit wurden viele offene Rasen - so auch der im Foto abgebildete Gladiolenbestand - in den letzten Jahren im Rahmen von Schutzwaldsanierungsmaßnahmen mit dichten Kiefernrotten bepflanzt.



Foto 22: Sowohl im Tiroler Oberinntal als auch in den Bayerischen Alpen sind thermophile Schuttfluren mit *Achnatherum calamagrostis* besonders bezeichnende Kontaktgesellschaften der Schneeheide-Kiefernwälder, Dolomitschutthalde bei Zams im Oberinntal.



Foto 23: Die Buntreitgras-Kiefernwälder der regenfeuchten Bayerischen Alpen sind häufig durchsetzt von kleinflächigen primären Kalkquellsümpfen (*Primulo-Schoenetum*), in denen so bemerkenswerte Arten wie der Langblättrige Sonnentau (*Drosera anglica*) auftreten, Heuberg zwischen Oberau und Farchant.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Foto 24: Rezent noch extensiv mit Rindern beweidete Buntreitgras-Kiefernwälder in warmer Unterhanglage wie hier am Ofenberg bei Griesen zeichnensich aufgrundihrer Strukturvielfalt durch einen besonderen Reichtum an seltenen und gefährdeten Arten aus. Gleichzeitig sind sie von besonderem landschaftsästhetischem Reiz und bilden letzte Anschauungsbeispiele vorindustrieller Hudewald-Landschaften. (Foto: M. Niedermeier)

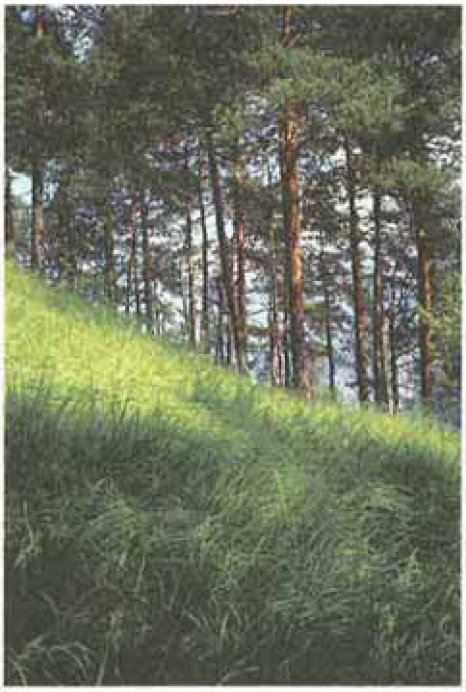


Foto 26: Nach Einstellung der Beweidung entwickeln sich auf etwas frischeren Standorten sehr rasch artenarme Hochgrasdominanzbestände, die eine Gehölzverjüngung sehr stark behindern und zudem ein hohes Waldbrandrisiko beinhalten, „Molinia-Wüste" am Grindberg bei Melleck/Steinpaß.



Foto 25: Durch eine extensive Beweidung werden insbesondere kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lückenbüßer wie die Scheidige Kronwicke (*Coronilla vaginalis*) gefördert, die auf etwas frischeren Standorten ansonsten von den Streudecken wuchskräftiger Hochgräser erstickt werden.



Foto 27: Fortgeschrittenes, laubholzreiches Abbaustadium eines sekundären Schneeheide-Kiefernwaldes im Tiroler Oberinntal bei Mötz. Die massive Unterwanderung des Kiefernbestandes durch die hochvitale Hasel (*Corylus avellana*) erinnert zwangsläufig an den Abbau der frühholozänen Kiefernwälder während des Boreals („Boreale Haselzeit").

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Foto 28: Dichter Aufwuchs von Kiefer, Mehlbeere, Faulbaum und Felsenbirne innerhalb einer Zäunungsfläche am Heuberg zwischen Oberau und Farchant. Im Gegensatz zum Tiroler Oberinntal spielen Gehölzsukzessionen beim Abbau von Sekundärbeständen in den Hanglagen der Bayerischen Alpen außerhalb von Zäunen derzeit kaum eine Rolle, da fast jegliche Gehölzregeneration seit über 130 Jahren großflächig am Wildverbiß scheitert.



Foto 29: Aurikel-Buntreitgras-Kiefernwald auf Wettersteinkalk mit ausgeprägter Objektschutzfunktion (hier Steinschlagschutz) oberhalb der Ortschaft Scharnitz. Landeskulturelle Funktionen stehen bei der Behandlung dieses Bestandes eindeutig im Vorderung (Aufrechterhaltung einer stammzahlreichen Bestockung).



Foto 30: Waldweidegeprägter sekundärer Buntreitgras-Kiefernwald/Kalkmagerrasen-Komplex auf einer talnahen Heimweide am Krepelschrofen oberhalb Wallgau im Isartal. Auch aus landeskulturellen Erwägungen spricht bei diesem Bestand nichts gegen eine Fortführung der zur Aufrechterhaltung des derzeitigen wertbestimmenden Zustands notwendigen traditionellen Nutzung (extensive Beweidung mit Rindern).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Anschrift des Verfassers:

Norbert Hölzel
Lehrbereich Geobotanik
Forstwiss. Fakultät der LMU
Hohenbachernstraße 22
85354 Freising-Weihenstephan
Telefon: 08161/71-4732
Telefax: 08161/71-4738

Laufener Forschungsbericht 3

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
ISSN: 0946-5006
ISBN: 3-931175-16-2

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL) und Marianne Zimmermmann (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: Marianne Zimmermann, ANL
Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)