- 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) andererseits 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 Transektehebungen, mit deren Hilfe sowohl kleinstandörtlichen Unterschieden innerhalb der Bestände als auch der Verknüpfung mit den angrenzenden Kontaktgesellschaften nachgegangen wurde. Eine sinnvolle Platzierung 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 unver-

zichtbares, 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, Schuttfleuren etc. sich in der Regel bereits $10 - 25 \text{ m}^2$ als ausreichend erwiesen. Die Auswahl der Aufnahmeflächen erfolgte subjektiv, meist entlang von, durch die Geländemorphologie vorgegebenen, Standortketten. 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

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 m² - Flächen entspricht im wesentlichen dem der pflanzensoziologischen Aufnahmen, doch fand eine im unteren Bereich verfeinerte Schätzskala Verwendung (vgl. WILMANN 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 abgeleiteten 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 m²-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 m²-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-

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 Probestellen 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 PREUHLER ermittelt und als Horizontalprojektion parallel zum Bestandesaufriss abgebildet.

Zur Bestimmung des Bestandesalters erfolgten auf den Probestellen 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 (Digitalpositionimeter 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 LICOR 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 CaCl₂ und H₂O
- Organische Substanz, durch Verglühen bei 550° C
- Carbonatgehalt nach SCHEIBLER
- Organischer Kohlenstoff (C-org.) und Gesamtstickstoff (N-ges.)

Aufgrund der hohen Carbonatgehalte (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 schmal-kronigen Formen werden in der Kiefernrasenmonographie von RUBNER (1959) als "Alpenkiefer" bezeichnet, die breit-kronigeren dagegen als "Voralpenkiefer" und lediglich auf Rassenebene voneinander geschieden. Bei beiden

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 rauhborkeige, 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 aufrecht-monokormen 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*-Typen 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,

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 Phaentypen 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

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 Aufnahmeblättern 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 Kon-

taktbereich 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 Aufnahmeblättern 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 Unterscheidung beider Sippen bereitet 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 reliktschen und ausbreitungsuntüchtigen Amethystschwingels nachgezeichnet werden (Abb. 1). Zum einen handelt es sich dabei um das Werdenfeller Land und dessen weiteres Umfeld, insbesondere das obere Isar- und Loisachtal sowie das Walchenseegebiet und zum anderen um das Saalachtal zwischen Bad Reichenhall und Mellecksteinpaß mit den angrenzenden Bereichen der östlichen Chiemgauer und Berchtesgadener Alpen. Zwischen diesen beiden Verbreitungsschwerpunkten

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 Zimmermann (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)