

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 langfristige 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 langfristige 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 Föhninfluß, sind diese deutlich als Trockenstandorte zu identifizieren. Daneben sind unter Schneeheide-Kiefernwäldern aber auch verbreitete 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-

rigkeiten bestehen hinsichtlich *Pinus cembra* vorwiegend in Bezug auf das Spätglazial. Dagegen ist, angesichts der Seltenheit und strengen Bindung an wenige, hochaufragende Gebirgstöcke 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 subalpiner 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 Pollenprozentanteile 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 Hochmoores (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 Konkurrenzkräften in der montanen Stufe gegenüber der Waldkiefer zumindest sehr wahrscheinlich. In den Initialphasen 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

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-Phytozöosen 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 Paralleltäten 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-Phytozöosen unterscheiden 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 entsprechen 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

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 hö-

heren 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 Leremoos 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

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 Alpentale, aufgrund ihrer Klimagunst eine wesentlich frühere und stärkere Inkultur 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, wohingegen 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 Weidemaßnahmen 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-

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 anspruchsvolleren 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 Gemeinde- 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 Gemeinewäldern von Zirl nur noch in futterreicheren höheren Lagen oberhalb 1.000 m N. N. statt.

Ähnlich wie im Bereich der Gemeinde 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-

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 Saalachtals 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 Streunutzung in Schneeheide-Kiefernwäldern früher auch in anderen besonders Pfeifengras-reichen Beständen wie am Fahrenberg oberhalb Walchensee oder im Vorderen Loischachtal (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-

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 Kahlfäche 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 Weidpflfegemaßnahmen 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 Holz mangels 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 Weidpflfegemaßnahme 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 Wiederaustrrieb 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-

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 Griesberg westlich von Garmisch verbreitet anzutreffen sind. Die rauhborrigen 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 Landschaftsbild beobachten. Am auffallendsten sind dabei zweifelsohne sogenannte "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 Rotwildichten 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 Gesamtschalenwildichte 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 Winterinstandsgebiete 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 randalpinen Hangbestände. Am deutlichsten wird dies sichtbar im vollständigen Ausfall einer Strauchschicht, die normalerweise in Schneeheide-Kiefernwäldern sehr reich entwickelt wäre (Foto 16).

Tabelle 13

## Xerotherm-Flora im Tiroler Oberinntal

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

\* sehr selten oder lokal auch in den Randalpen

Durch den übermäßigen Wildverbiß scheidet 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 Florengographische Aspekte

#### 5.1.1 Das Florenggefälle von den Bayerischen Alpen zum Tiroler Oberinntal

Das ausgeprägte klimatische Gefälle von den Bayerischen Alpen zum Tiroler Oberinntal wird durch die stark voneinander abweichende Florenausrüstung in beiden Gebieten auf sehr eindrucksvolle Art und Weise nachgezeichnet. Im warm-trockenen Kli-

ma 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 Florenggefälle 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-

**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)