

Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt

– vormal's Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere –

64. Jahrgang

Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt
– vormals Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere –

Hotelbauten im Alpenraum verschandeln nicht nur das Landschaftsbild
Foto: Ole Seidel



Schriftleitung:

Dr. Hans Smettan, Botanisches Institut – Universität Hohenheim

Garbenstraße 30, D-70593 Stuttgart

Für den Inhalt und die Form der Beiträge sind die Verfasser verantwortlich

– Alle Rechte vorbehalten –

Gesamtherstellung: Dengler & Rauner GmbH, Karl-Hammerschmidt-Str. 39, 85609 Dornach/Aschheim

– Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier –

Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt

– vormals Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere –

Schriftleitung:
Dr. Hans Smettan, Stuttgart

64. Jahrgang

Seit



1900

1999

Selbstverlag des Vereins

INHALT

Vorwort	11
Eichinger Marco: Umweltgefahren durch Massenskisport am Beispiel des bayerischen Alpenraumes	13
Köhler Ulrich, Dietmann Thomas, Lutz Gernot und Glänzer Ulrich: Landschaftsökologische Untersuchungen in den bayerischen Skigebieten (Skipistenuntersuchung Bayern) Zwischenauswertung nach der Untersuchung von 24 Skigebieten	39
Anonymus: Von dem Versuch, ein landschaftliches Kleinod im Tegenseer Tal zu retten	67
Röhle Heinz: Waldentwicklung und Verbißsituation auf der Sanierungsfläche Karlstein des Deutschen Alpenvereins (DAV) e.V. im Berchtesgädener Land – Ergebnisse 10jähriger Beobachtung	75
Springer Bernhard: Sanierung des Weges zur Stüdlhütte am Großglockner durch die Sektion Oberland des Deutschen Alpenvereins	95
Konnert Monika, Teisendorf, Ludwig Andreas, Teisendorf und Vendramin Giuseppe, Florenz: Über die „aufrechten Berg-Kiefern“ im Wimbachgries – Nationalpark Berchtesgaden	119
Smattan Hans W.: Die Felsen-Johannisbeere (<i>Ribes petraeum</i> WULFEN) in den Bayerischen Alpen	129
Pfeuffer Eberhard: Zur Ökologie des Alpenapollo (<i>Parnassius phoebus</i> Fabricius 1793)	137

Vorwort

von Dr. Peter Jürging, München

Verehrte Leserin, verehrter Leser,
liebe Vereinsmitglieder,

neben faszinierenden Aufsätzen zu den Naturschönheiten unserer Bergwelt nehmen wir in unserem Jahrbuch auch immer wieder Artikel zu aktuellen Problemen auf, in der Gewißheit, daß der Verein zum Schutz der Bergwelt damit einen Beitrag zur Erhaltung gefährdeter alpiner Landschaften leisten und Impulse für eine nachhaltige Entwicklung geben kann. Beides gelingt zwar nicht immer zur vollsten Zufriedenheit, aber eine Reihe von Erfolgen machen deutlich, daß wir auch weiterhin unsere Kräfte dafür einsetzen sollten. So veröffentlichten wir bereits im Jahrbuch 1990 zahlreiche Beiträge zum Lech in Tirol und faßten diese in einem 81 Seiten starken Heft als Sonderdruck mit dem Titel „Rettet den Tiroler Lech, die letzte Wildflußlandschaft in den Nordalpen“ zusammen. Diese Veröffentlichung sollte mithelfen, die Arbeitsgemeinschaft „Tiroler Lechtal“ in ihrem Bestreben zur Rettung des Oberen Lech fachlich zu unterstützen und somit zum Schutz und zur Erhaltung dieser Flußlandschaft von europäischem Range beizutragen. Nach gut zehnjährigem Widerstand gegen einen Ausbau des Lechs und seinen Nebengewässern zur Energiegewinnung hat nun die Tiroler Landesregierung, sicherlich zuletzt auf Druck der Europäischen Kommission, im Frühjahr dieses Jahres auf eine zusätzliche energiewirtschaftliche Nutzung verzichtet. Nun steht noch die Meldung des Lechtals als Vogelschutzgebiet für NATURA 2000 an. Dies zeigt, daß für eine derartig weitreichende Entscheidung die rechtzeitige Verbreitung naturschutzfachlich wichtiger Grundlagen, nicht zuletzt auch über unser Jahrbuch, sehr hilfreich ist.

Eine überraschend große Nachfrage war auch für den 130 Seiten starken Sonderdruck „Die Isar – Ein

Gebirgsfluß im Wandel der Zeiten“, den wir aus Artikeln des Jahrbuches 1998 zusammenstellten, zu verzeichnen. Diese Veröffentlichung stellt eine wesentliche Entscheidungsgrundlage dar und wird die Suche nach naturnahen Lösungen, sprich Rückbauten, dieses hochgradig zivilisatorisch in Anspruch genommenen Flusses unterstützen. Derartige, im Hinblick auf die Ziele des Vereines sehr wichtige Publikationen kosten natürlich Geld. Speziell das „Isarbüchlein“ hat in unsere Kasse ein beträchtliches Loch gerissen, so daß wir gezwungen waren das vorliegende Jahrbuch, wie Sie sicherlich schon bemerkt haben, etwas bescheidener auszustatten. Wir glauben aber, daß auch eine durchgehend nur schwarzweiß illustrierte „Notausgabe“ die fachlichen Inhalte nicht mindert.

Unser diesjähriges Jahrbuch bringt zunächst wieder Beiträge, die beispielhaft negative Entwicklungen in den Alpen aufzeigen, stellt weiters einige „Wiedergutmachungsversuche“ vor und beschreibt abschließend ausgewählte Aspekte zu Pflanzen und Tierarten in den Alpen.

Natürlich dürfen wir es auch nicht versäumen, uns bei allen Autoren sehr herzlich zu bedanken. Ohne ihre uneigennützte Arbeit wäre das vorliegende Jahrbuch nicht zustande gekommen. Bleibt entsprechend der Ziele des Vereines nur zu hoffen, daß das Gedankengut eine möglichst große Verbreitung findet und so die Schutzbestrebungen in unseren Bergwelten unterstützt.

Ihre Vorstandschaft
des Vereins zum Schutz der Bergwelt e.V.

Umweltgefahren durch Massenskisport im bayerischen Alpenraum

Von *Marco Eichinger*

Die intensive skitouristische Erschließung und Nutzung des Alpenraumes brachte nicht nur wirtschaftlichen Aufschwung, sondern auch ökologische und ästhetische Schäden. Durch Anlage und Betrieb von Skipisten und anderen Elementen der Wintersportinfrastruktur erfolgte die Umgestaltung oder Zerstörung der betroffenen Vegetationsgesellschaften; die Artenvielfalt nahm ab. In direkter Folge litt auch die Fauna unter den Belastungen, ihre Lebensräume wurden vielfach beschnitten. Die veränderten Vegetationsgesellschaften zeichnen sich außerdem durch eine geringere Durchwurzelungsintensität aus, wodurch es zu erhöhtem Oberflächenabfluß kommt.

Gleichzeitig nahmen mit der Ausweitung des Tourismus die baulichen und ästhetischen Sünden im Alpenraum zu. Infolge landschaftlich nicht angepaßter, seelenloser Zweckbauten litt der Naturgenuß.

Aus den Schäden entstehen Risiken für materielle und ideelle Werte. Die Zerstörungen im alpinen Bergwald machen kostspielige Schutzmaßnahmen in der Form von Lawinenverbauung und Schutzwaldsanierung notwendig. Durch den erhöhten Oberflächenabfluß kommt es zu Bodenerosion, Rutschungen treten auf, Murgänge können entstehen und die Hochwassergefährdung steigt ebenfalls an.

Das Ausmaß der Schäden und der durch sie entstehenden Gefahren im bayerischen Alpenraum stellen die zentralen Punkte der vorliegenden Arbeit dar. Der Autor versucht aufzuzeigen welche Fläche die vorhandenen Schäden einnehmen, und in wieweit sie vom Skisport verschuldet wurden.

Die Quantifizierung der vom Massenskisport verursachten Gefahren erfolgt auf der Grundlage des Ausmaßes der Schäden.

Der Autor kommt zu dem Schluß, daß sich die Gefährdung von Menschenleben oder als schützenswert empfundenen Gütern durch die Anlagen für den Massenskisport nur in ökologisch ungünstigen Gebieten erhöht hat. Der Einfluß von Wintersportanlagen ist generell zu gering um katastrophale Ereignisse auslösen zu können.

Damit soll jedoch nicht der ungehemmten Erschließung des Alpenraumes das Wort geredet werden. Vielmehr möchte der Aufsatz die Diskussionsgrundlage erweitern auf der eine ökologisch und ökonomisch orientierte Umstrukturierung des Massenskisports erörtern werden sollte. Denn erst wenn das Ausmaß der Schäden und der von ihnen verursachten Gefahren allgemein anerkannt ist kann ein Lösungsweg konzipiert werden, der sowohl von Ökonomen als auch von Ökologen getragen werden kann.

1 Massenskisport: Ein Problemfeld zwischen Ökologie und Ökonomie

Skifahren ist eine Wintersportart, deren größter Reiz darin besteht in einer verschneiten Berglandschaft Natur unmittelbar zu erleben. Durch massenhaftes Auftreten von Skifahrern verringert sich der Naturgenuß, es entstehen Probleme baulicher und landschaftsökologischer Art. Infolge der intensivierten touristischen Nutzung geraten Natur und Landschaft ins Hintertreffen, die Erholungssuchenden werden zur Umweltbelastung. Andererseits ist die Tourismusbranche aus zahlreichen Ortschaften im Alpenraum gar nicht mehr wegzudenken, ihr ist die Zunahme des Wohlstandes ganzer Alpentale direkt zu verdanken. Und vor dem Hintergrund, daß alleine in Deutschland etwa 5.8 Millionen Bürger alpinen Skisport betreiben (VDS, 1993, S.36) schießt eine Verteufelung des Skisports zu kurz. Es gilt vielmehr zu bedenken, daß die Landschaft nicht die Ware, sondern das Kapital der Tourismusbranche ist. Um langfristig auf dem Markt wettbewerbsfähig sein zu können muß der skitouristisch genutzte Raum ökologisch in Takt bleiben, ansonsten verliert er an landschaftlichem Reiz, und damit an Besuchern. Es ist klar, daß ein Ausgleich zwischen Ökologie und Ökonomie schwierig und konfliktreich ist. Da ihn aber sowohl Umweltaktivisten wie auch Tourismusökonomien zum Überleben brauchen, ist er nicht nur wünschenswert, sondern schlicht unabdingbar.

Der vorliegende Aufsatz versteht sich als erster Schritt hin zum Interessensausgleich. Bevor über Maßnahmen und Strategien zur Vermeidung von Umweltschäden nachgedacht werden soll, ist es notwendig das Ausmaß der Schäden darzustellen, sowie aufzuzeigen welche Gefahren für Mensch und Umwelt aus diesen Schäden resultieren können. Ziel dieses Aufsatzes ist es, vorurteilsfrei aber kritisch diese Punkte im Hinblick auf den bayerischen Alpenraum zu erörtern. Als Grundlage dient der Zwischenbericht der Bayerischen Skipistenuntersuchung, in dem die Ergebnisse der bislang untersuchten Skigebiete vorgestellt werden. In der vorliegenden Arbeit soll nicht die Umweltverträglichkeit jeder einzelnen Wintersportvariante besprochen werden. Es geht vielmehr darum aufzuzeigen welche allgemeine Risiken und Probleme dem Ökosystem Hochgebirge durch den Massenskisport entstehen.

Dabei wird auch berücksichtigt, daß Touristen in den Alpen nicht mit Winterurlaubern, und Winterurlauber nicht automatisch mit Skifahrern gleichzusetzen sind. Bei der Frage nach dem Verursacher verschiedener Schäden wird es deshalb schwierig, den Anteil des Skisports am Schaden genau anzugeben. Das Ausmaß der Schäden aber nicht nur qualitativ sondern auch quantitativ zu bestimmen ist eines der Hauptanliegen dieser Arbeit.

Die Schäden selbst, so unerfreulich sie sind, sind aber nicht das einzige ökologische Problem, das mit dem Skisport in Verbindung gebracht wird. Aus den Schäden können Gefahren resultieren, die nicht nur materielle und ideelle Werte zu bedrohen vermögen, sondern auch Menschenleben gefährden können. Diesen Gefahren ist der zweite Teil der Arbeit gewidmet, und auch hier wird kritisch hinterfragt, wie groß das Gefahrenpotential der Anlagen für den Massenskisport ist. Verschiedene Großereignisse der Natur, wie sie sich 1983 in Axams und 1987 entlang des Alpenhauptkammes ereigneten, werden im Rahmen dieses Kapitels Erwähnung finden. An ihnen soll aufgezeigt werden, in wieweit Anlagen für den Massenskisport die Umweltgefahren im Alpenraum erhöhen.

2 Schäden im Hochgebirge durch Massenskitourismus

Dieses Kapitel behandelt die vom Massenskisport verursachten Schäden im Hochgebirge. Dabei werden sowohl die negative Beeinträchtigungen des Ökosystems als auch landschaftsästhetische Fehlentwicklungen als Schäden verstanden. Die Schäden werden nicht nach der Art der Verursachung wie Anlage, Betrieb und Nutzung der Skianlage unterschieden, sondern alleine nach der Art des Schadens. Nach der Darstellung der einzelnen Schadenstypen wird kurz diskutiert, in wieweit diese Schäden ausschließlich dem Skisport anzulasten sind. Den letzten Punkt dieses Kapitels bildet die Darstellung des Schadensausmaßes. Auf das weite Problemfeld des Gletscherskisports wird nicht eingegangen, da dieser im Freistaat Bayern keine Rolle spielt.

2.1 Schäden am Bergwald

Durch Rodungen, die für die Anlage von Aufstiegs-
hilfen, Skipisten und Zufahrtswege im Bergwald

durchgeführt werden, wird der Waldbestand verringert. In der Folge können für talwärts gelegene Bereiche Gefahren entstehen. Der Großteil der Gefahren resultiert aus der Erhöhung des Oberflächenabflusses infolge fehlender Interzeption, Evapotranspiration und Vegetationsschutz (DIETMANN, 1985, S.119), und wird in Kapitel 3.2 behandelt.

Die Schäden am Bergwald beschränken sich jedoch nicht auf den gerodeten Bereich. Die Bäume, die an einer Rodungsschneise stehen, sind innerhalb eines geschlossenen Bestandes aufgewachsen und deshalb den am Waldrand herrschenden ökologischen Bedingungen nicht angepaßt. Ihnen fehlt eine gut ausgebildete Trauf, wodurch sie anfällig werden für Rindenbrand und Windwurf (SCHAUER, 1981, S.28). Durch zufließendes Oberflächenwasser kann es am Waldsaum zu Erosionsschäden kommen, die gepaart mit anderen mechanischen Einwirkungen das Überleben der randlich wachsenden Bäume gefährden können. Da auf die Rodung zumeist eine (teilweise) Planierung der Rodungsschneise folgt, treten am neu entstandenen Waldrand die Folgen verschiedener Eingriffe gemeinsam auf. Die mechanischen Schäden können von quasi-natürlichen, also vom Menschen verursachten, Phänomenen wie Steinschlägen und Hangrutschungen herrühren, die als Folge der Rodung entstehen. Durch Steindeponien und unsachgemäßen Umgang mit Pistenbearbeitungsmaschinen können die Bäume im Rahmen der Planierung erneut geschädigt werden (FELBER et al., 1991, S.28). Der Aufwuchs einer standortangepaßten Waldsaumgesellschaft wird durch die veränderten ökologischen Bedingungen bereits stark erschwert. Auch Skifahrer, die sich an die Pisten halten, verursachen Schäden an Baumwurzeln und der pistenbegrenzenden Vegetation. Letztere können eine Folge des Schneeschubes sein, können aber auch entstehen, wenn die Vegetation freigelegt wird. Die Pflanzen werden letztendlich anfälliger gegenüber Krankheiten und Pilzschäden (CERNUSCA, 1987, S.178f.).

Variantenskilfahrer, die im seitlichen Randbereich der Skipisten fahren, verletzen zudem die Jungbäume, wodurch sich die Standortbedingungen weiter verschlechtern (CERNUSCA, 1987, S.178f.). Sie schädigen den Bergwald aber auch indirekt dadurch, daß der ohnedies überstockte Wildbestand vor ihnen flieht

und sich auf pistenferne Einstände konzentriert. Hier steigen die Verbißschäden am Jungwuchs stark an. Als Folge kann die Waldverjüngung in einem Gebiet bedroht sein, das um ein Vielfaches größer als das Skigebiet selbst sein kann (KAUB & GABEL, 1992, S.3). Die Kombination von Verbißschäden und Schädigung des Jungwuchses durch Variantenskilfahrer kann nach MOSIMANN, 1986, S.304, zu einer ernsthaften Bedrohung des Ökosystems Bergwald beitragen. Vor dem Hintergrund, daß einer Studie im Jennerweingebiet (Berchtesgaden) zufolge etwa 80% aller Skifahrer die präparierten Pisten verlassen, und von diesen wieder 56% sich mehr als 400 Meter entfernen (MANGHABATI & AMMER, 1986, S.107), sollte man den Einfluß dieses Parameters auf die Schädigung des Bergwaldes nicht geringachten.

2.2 Zerstörung und Beschneidung von Biotopen und Habitaten

Durch die Errichtung skitouristischer Infrastruktur können neben dem Bergwald auch andere Biotope zerstört oder zumindest beeinträchtigt werden. Bei der Anlage von Planien sind davon in allen Höhenstufen oft Moore, Quellfluren, Magerwiesen und Felspaltengesellschaften betroffen. In der Zone der alpinen Rasen können auch noch Legföhren- und Zwergstrauchbestände Schädigungen erfahren (FELBER et al., 1991, S.28f; KAUB & GABEL, 1992, S.2). Die entstehenden Ersatzgesellschaften finden unter Punkt 2.4 eingehendere Betrachtung. Generell ist aber so gut wie ausgeschlossen, daß auf Planien wieder naturnahe Gesellschaften aufwachsen. (NASCHBERGER, 1987, S.13; SCHAUER, 1981, S.4f.).

Die alpine Tierwelt ist von den Anlagen für Skitourismus nicht minder betroffen als die Pflanzenwelt. Die Anlage von Planien zerstört kleinräumige Habitate von Reptilien, Käfern und Schnecken, wobei gerade Quellen, Mulden, Hangvernässungen und von Natur aus auch im Winter schneefreie Flächen überlebensnotwendige Futterplätze darstellen. Zudem gehen auf Planien auch die Populationen von Springschwänzen und Regenwürmern zurück, was die Bodenfruchtbarkeit verringern, und damit die Wiederbegrünung der Flächen erschweren dürfte. Durch künstliche Beschneidung erhöht sich generell das Wasserangebot auf

der Piste. Da Wasser in Gebirgsökosystem aber nur selten als Mangelfaktor wirkt und für Bodenflora und Bodenfauna eine mittlere Bodenfeuchte optimal ist, dürfte sich diese Zusatzbewässerung eher als wachstumshemmend denn als förderlich auswirken (CERNUSCA, 1989, S.10). Eine Störung des ökologischen Gleichgewichtes, die der VERBAND DEUTSCHER SEILBAHNEN (VDS) nicht anerkennt (VDS, 1997). Da die genannten Kleinlebewesen einen gewichtigen Teil in der Nahrungskette einnehmen, sind auch die Populationen größerer Tiere indirekt von der Zerstörung dieser Lebensräume betroffen. Direkte Schäden erfahren beispielsweise Murmeltiere durch den Verzehr schwermetallbelasteten Planiengrases, wobei die Schwermetalle in der Regel von als Dünger ausgebrachten Klärschlämmen stammen (FELBER et al., 1991, S.31f.). Andere Säugetierarten wie Gamsen, Rehe und Rotwild werden durch den Skibetrieb und der Zerschneidung ihrer Lebensräume in kleinräumigere Habitate abgedrängt. In ungestörten Gebieten lebt beispielsweise eine Teilpopulation der Gamsen das ganze Jahr über oberhalb der Waldgrenze (Berggams). Durch die Störungen, die diese Tiere erfahren, ziehen sie sich in den Bergwald zurück, wo sie die ohnedies bereits hohen Besatzdichten weiter steigern. Da das Rotwild im Winter gefüttert wird, hält es sich nun ebenfalls ganzjährig im Bergwald auf, wo es zum Teil erhebliche Schälsschäden an heranreifenden Bäumen verursacht. Im Winter sind aber auch die Gefahren für das Wild am höchsten. Werden die Tiere in ihren Ruheplätzen aufgeschreckt, wie dies zum Beispiel durch Tourengeher oder Variantenskiläufer geschehen kann, so benötigen sie aufgrund erhöhter Anstrengungen im Schnee etwa das Zehnfache an kalorischer Nahrung. Diese wird zumeist durch Verbiß junger Laubbäumen gedeckt, wodurch die Verjüngung des Bergwaldes eine weitere Beeinträchtigung erfährt. Ist eine Nahrungsaufnahme nicht möglich, so kann dies bei geschwächten Tieren bis hin zum Tod führen. Im Fall der Gamsen, deren Brunfrituale erst Ende November beginnen sind in der Folge oft auch die stärksten Rudelmitglieder durch die aufreibende Brunft stark geschwächt und somit bedroht (LAUTERWASSER, 1989, S.41-45).

Die Vogelwelt wird ebenfalls durch den Skibetrieb in Mitleidenschaft gezogen. Zum einen bieten die Pisten-

flächen Singvögeln bei der Gelegenlage zwar ausreichend Material zum Nestbau, bei der Aufzucht des Nachwuchses fehlt auf den Rasengesellschaften allerdings das reichhaltige Samenangebot. In der Folge weichen die erwachsenen Tiere auf andere Standorte aus, der Nachwuchs verhungert. Diesen Zusammenhang kann man sowohl bei Ringdrossel und Alpenbraunelle als auch beim Zitronengirlitz, einer endemischen Art der Hochgebirge Mittel- und Südwesteuropas, beobachten (SOTHMANN, 1996, S.42). Daneben sind aber auch die streng unter Artenschutz stehenden Rauhfußhühner (Auer- und Birkhuhn) von Störungen betroffen. Sie brechen bei Störungen ihre Balz ebenso ab wie die Bebrütung des Geleges. Somit kann zum einen die Befruchtung des Geleges unterbleiben, zum anderen die Bebrütung eines befruchteten Geleges abgebrochen werden. Als Folge überaltert die Population laufend, bis die Vermehrungsfähigkeit auf ein Maß abgenommen hat, daß der Bestand zusammenbricht (LAUTERWASSER, 1989, S.46; SOTHMANN in BERNADOTTE & BERNADOTTE, 1996, S. 9).

2.3 Veränderung der Bodenstruktur

Die Veränderungen der Struktur des Mineralbodens ergeben sich überwiegend durch die Anlage von Planien. Durch Pistenbearbeitung und Skibetrieb leidet der organische Auflagehorizont. Die scharfen Kufen der Ski beschädigen und zerschneiden die Humusdecke (Kantenrasur), von den bis zu zehn Zentimeter dicken Kettengliedern der Pistenbearbeitungsmaschinen werden ganze Bodenziegel ausgestochen (DIETMANN, 1985, S.127f.; RIES, 1996, S.30). Die entstehenden offenen Stellen in der Bodendecke sind oftmals Ansatzpunkte der Bodenerosion. Da mit zunehmender Höhe die Bodenbildung langsamer abläuft und folglich die Gebirgsböden nur eine geringe Mächtigkeit aufweisen, ist der Schaden um so größer je höher der Schadensort liegt. Die Humusaufgabe dient aufgrund des geringen Feinmaterialanteils der Böden als wesentlicher Wasser- und Nährstoffspeicher, aber auch als Puffer gegenüber Schadstoffen. Ist diese schützende Decke vom Mineralboden entfernt, sinkt die Bodenfruchtbarkeit ebenso wie das Wasserrückhaltevermögen des Bodens rapide (FELBER et al., 1991, S.22-27). Bei richtigem Management verursachen

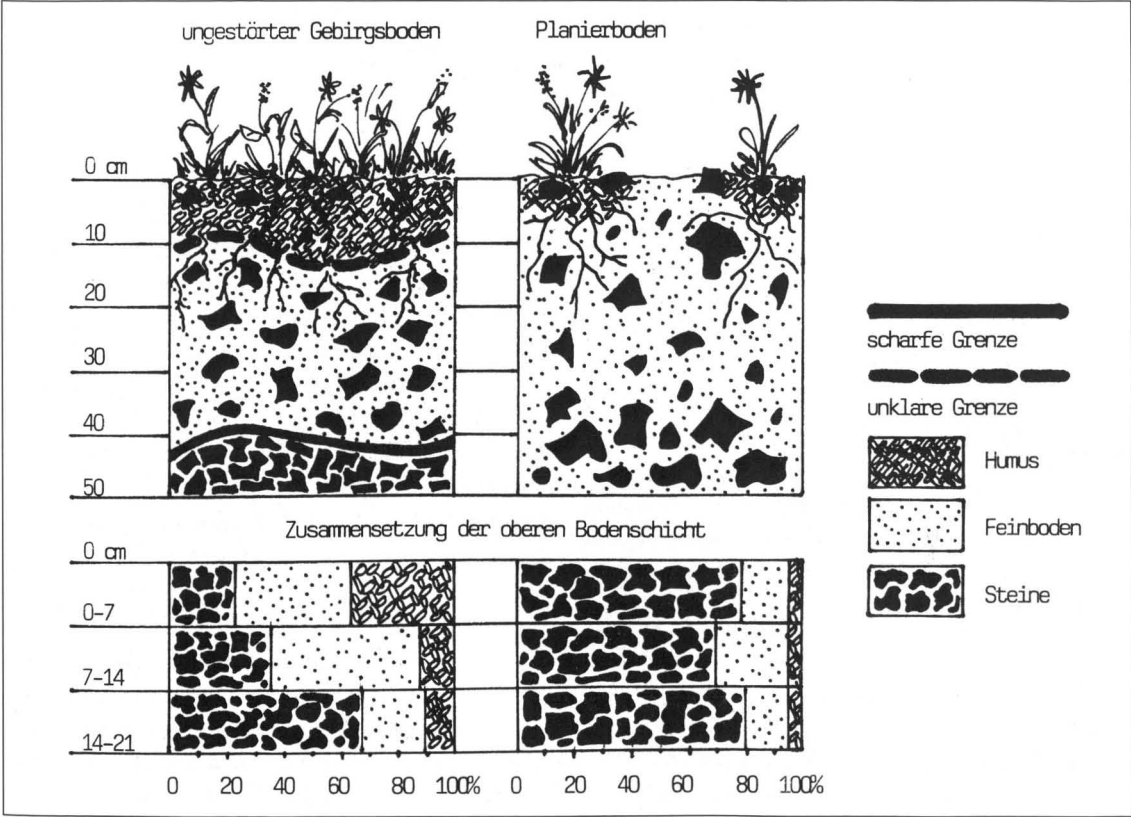
Pistenraupen jedoch keine Bodenverdichtung. Wegen der großen Oberfläche der Kettenglieder reduziert sich die von den tonnenschweren Maschinen aufgebrauchte Auflast auf etwa $35\text{--}42\text{gcm}^{-2}$ (BÄBLER in BERNADOTTE & BERNADOTTE, 1996, S.118; VDS, 1993, S.41). Die vom Skifahrer selbst ausgeübten Auflasten liegen sogar noch unter diesen Werten (VDS, 1993, S.41).

Planierungen erfolgen aus vielen Beweggründen. Zum einen sind wirtschaftliche Gründe des Skiliftbetreibers wie erleichterte Pistenpflege, Erweiterung des Pistenangebotes, Verlängerung bzw. vollständige Ausnutzung der Skisaison oder die Ausrichtung sportlicher Großveranstaltungen zu erwähnen. Zum anderen hat der Betreiber den Bedürfnissen des Volkssportes zu genügen. Aufgrund der Verkehrshaftungspflicht ist der Transportbetreiber dazu verpflichtet, die Abfahrten so sicher wie möglich zu gestalten (FELBER et al., 1991, S.6f, 13). In der Praxis des Pistenbetriebes führt das zu

Einzelkorrekturen wie der Entfernung von kleineren Felsblöcken oder Bäumen im Bereich der Piste, oder zu Teil- oder Vollplanierungen.

Die Anlage von Planien erfolgt traditionell dergestalt, daß eine Schubraupe die Oberflächenform soweit modelliert, bis sie der Wunschvorstellung des Liftbetreibers genügt. Durch diesen Eingriff wird entweder der ganze Mineralboden abgeschoben, oder zumindest große Teile von ihm. Die abgeschobenen Steine werden meist am Waldrand abgelagert, wo es zu den oben erwähnten Schäden am Waldsaum kommen kann. Auch wenn der abgeschobene Boden wieder aufgebracht wird, wird als Folge des fehlenden Zusammenhaltes des Bodens der Feinmaterialanteil der Aufschüttung rasch ausgewaschen und das Wasserhaltevermögen des Bodens nimmt weiter ab.

Infolge dessen verringert sich das Wasserspeichervermögen der Böden durch Verkürzung und Ver-



Zeichnung 1: Veränderungen der Bodenstruktur durch Planierung
[Zeichnung: K. Kolodzie; Quelle: MEISTERHANS, 1986, S.27]

dichtung um mindestens 100-180 Liter pro Quadratmeter (MOSIMANN, 1986, S.305). Die Böden werden ökologisch betrachtet trockener und wärmer. Auf vegetationslosen Standorten, wie sie die frischen Planien darstellen, können je nach Exposition im Hochgebirge Temperaturen von 60-80°C erreicht werden (SCHÖNTHALER, 1985, S.166). Durch den Eingriff verringert sich außerdem die mechanische Bodenstabilität, was der Bodenerosion Vorschub leistet (KAUB & GABEL, 1992, S.2).

Um das Ausmaß der Schäden auch nur grob quantifizieren zu können, muß man die Höhenlage betrachten in der der Eingriff erfolgt. Innerhalb der Stufe der alpinen Rasen und in der Krummholzstufe (1800-2400m ü. NN) sind die Auswirkungen der Planierung am größten. Unterhalb dieser Stufe ist eine Regeneration des Ökosystem einfacher möglich; oberhalb dieser Stufe im reinen Geröllbereich ist der Eingriff weniger bedenklich (LAUTERWASSER, 1989, S.70f.). Die Hauptgefahr der Planierungen ist der verstärkte Oberflächenabfluß. Er steht im Verdacht Hochwässer, Bodenerosion, Muren, gravitative Massenverlagerungen und Bergstürze auszulösen. Im Kapitel 3.2 werden diese Gefahren näher beleuchtet.

2. 4 Umgestaltung von Vegetationsgesellschaften

Vegetationsgesellschaften sind dynamische Gebilde, die sich mit der Nutzung ändern. Somit ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den Gesellschaften alpiner Rasen mit denen beweideter Almflächen oder auch von Skipisten. Wenn die Pisten neben der herkömmlichen Nutzung und der winterlichen Präparation noch Geländekorrekturen erfahren haben, ergibt sich wiederum eine andere Artenzusammensetzung der Ersatzgesellschaft, die in jedem Falle überwiegend vom verwendeten Saatgut bestimmt wird.

Auf nicht planierten, aber als Skiabfahrten genutzten, Almflächen können die Pflanzengesellschaften von Wirtschaftswiesen und Wirtschaftsweiden ganz erhalten bleiben, die feuchter oder nährstoffarmer Standorte in der Regel jedoch nicht (STMLU, 1997, S.4). Auf Almwiesen, die auch als Piste genutzt werden, nimmt die Anzahl der Arten nach Untersuchungen im Oberbayerischen Alpenraum nur geringfügig

von 30.9 auf 30.2 ab. Die Artenzusammensetzung ändert sich allerdings. Sobald die Piste aber planiert wird, geht selbst der Artenreichtum um fast die Hälfte auf durchschnittlich nur noch 16.4 Arten pro Ökotopt zurück (SCHAUER, 1981, S.152f, 163). Die Planierung führt zur „*Trivialisierung der Vegetation*“ (STMLU, 1997, S.56).

Eine Ursache ist darin zu sehen, daß auf Planien eine möglichst rasche Wiederbegrünung erwünscht ist. Das verwendete Saatgut ist aber zumeist keine standortoptimierte Gräsermischung und dient nicht der Renaturierung, sondern lediglich der Stabilisierung der neuen Hänge. Zumeist werden handelsübliche Klee- und Grassorten eingesät, denen einige Ackerunkräuter, Ruderal- und Pionierpflanzen zugemischt sind (SCHAUER, 1981, S.150). Ebenso werden strapazierfähige Sportrasengesellschaften angesät, die weder ein naturnahes Artenspektrum beinhalten, noch für die jeweilige Höhenstufe gezüchtet wurden (DIETMANN, 1985, S.136). Damit entspricht die Zusammensetzung der Vegetation auf Planien vor allem mit zunehmender Höhe immer weniger der natürlichen oder zumindest naturnahen Vegetation (SCHAUER, 1981, S.154). Der Zuchtgarten der LANDESANSTALT FÜR PFLANZENZUCHT UND SAMENPRÜFUNG in Rinn (Tirol) arbeitet jedoch an Sämereien für die Begrünung ausgewählter alpiner Ökotypen. Die konzipierten Samenmischungen sollen allerdings nicht das komplette Artenspektrum beinhalten, sondern nur solche, denen im jeweiligen Ökotopt auch eine „*Funktion*“ zukommt (HOHLAUS & KÖCK, 1993, S.43). Zwar wandern Arten in die Pistenvegetation ein, es handelt sich dabei aber nicht um Arten aus den Gesellschaften der umliegenden Bergwiesen, sondern um Vertreter der Rohbödenengesellschaften, was die Standortungunst der Planien aufzeigt (SCHAUER, 1981, S.4; HOLAUS & KÖCK, 1993, S.46). Die Standortungunst liegt zum Großteil in der oben beschriebenen veränderten Bodenstruktur, die unter anderem aus einem gänzlich veränderten Wasserhaushalt resultiert. Daneben herrscht auf planierten Flächen ein anderes Mikroklima und, verbunden mit der veränderten Bodenstruktur, Erosion. Infolge der mechanischen Beanspruchung der Vegetation durch Skifahrer und Pistenarbeiten wird die Schneestruktur verändert, der

Schnee wird kompaktiert. Dadurch apert die Piste später aus und die folgende Vegetationsperiode verkürzt sich. Nach CERNUSCA, 1987, S.177 ist die Verkürzung der Vegetationsperiode um einen Tag mit einer Verringerung der Produktion von 3% gleichzusetzen. Sobald Pisten präpariert werden, erhöht sich die Standortungunst noch weiter. Aufgrund der Veränderungen in der Schneestruktur bewegen sich die Bodentemperaturen nun immer um den Gefrierpunkt. Es herrscht ein ständiger Wechsel von Frost und Auftauen, was im Boden hohe Zugspannungen auslösen und die Wurzeln der jungen Sämlinge abreißen kann (CERNUSCA, 1987, S.178). Die Zunahme des Standortstresses spiegelt sich in einer anderen Vegetationszusammensetzung wider. Mit zunehmender Höhe verringert sich zudem die Wuchsleistung der Pflanzen. Außerdem überwiegt mit der Höhe die vegetative Vermehrung, wodurch sich kurzfristig kaum größere Erfolge bei der Wiederbegrünung erzielen lassen. Unter diesen Voraussetzungen können Verbißschäden verheerende Auswirkungen nach sich ziehen (KAUB & GABEL, 1992, S.3).

Die chemische Pistenpräparation ist, ökologisch betrachtet, ebenfalls bedenklich. Die Anwendung verschiedener Düngemittel zur Präparation einer härteren Schneedecke wird als problematisch hinsichtlich der Erhaltung standorttypischer Nährstoffverhältnisse gesehen. Besonders auf Magerstandorten sollen diese Mittel die Zusammensetzung der Vegetation verändern (LAUTERWASSER, 1989, S.75-77). Auch die Applikation von Thomasmehl als Schwärzmittel zur Beschleunigung des Auftauvorganges steigert die Phosphatversorgung der Piste und kann dadurch naturnahe Magerstandorte schädigen (CIPRA, 1988, S.9).

Andere Schäden sind bei anthropogener Beschneigung zu erwarten. Der Wasseranteil im Kunstschnee liegt durchschnittlich um 30-100% höher als bei natürlichem Schnee. Dadurch ergeben sich für die beschneiten Flächen erhebliche Änderungen hinsichtlich der ökologischen Verhältnisse. Kunstschnee kompaktiert schneller als Naturschnee, oft bildet sich zwischen Erdoberfläche und Schneekörper eine Eisschicht aus, die den Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre unterbindet. Ist bereits generell aufgrund der Pistenbearbeitung die Tendenz zu Erstickungserscheinungen

der Vegetation auf Pistenflächen erhöht, so nimmt sie bei künstlicher Beschneigung noch zu. Denn die kompaktierten Schneeflächen schmelzen fünf bis fünfundzwanzig Tage später ab (WITTY, 1993, S.21), die Bodentemperaturen haben sich aber aufgrund der angestiegenen Einstrahlungswerte schon deutlich erhöht. Analog zur Steigerung der Bodentemperatur nimmt auch die biologische Aktivität, und folglich die Produktion von Kohlendioxid im Boden zu, der Gehalt an Sauerstoff hingegen ab. Im Extremfall können im Boden Kohlendioxidkonzentrationen von 40-44%, und Sauerstoffkonzentrationen von nur noch 3-5% gemessen werden. Unter solchen Verhältnissen können giftige Endprodukte gebildet werden, die aus Erstickungsvorgängen resultieren, die nur wenige Pflanzenarten überstehen können (CERNUSCA, 1989, S.1-12). Generell nimmt für die Pflanzen auch die Gefahr zu, daß sie von Schneeschimmel befallen werden und partiell verwesen (*Fusariose*) (HOFER, 1981, S.57). Die Schneiwässer enthalten als Oberflächenwässer auch mehr Mineralstoffe als Regenwasser, wodurch sie die Magerstandorte umgestalten können (WITTY, 1994, S.9). Durch die anthropogene Beschneigung kann sich die Vegetationszusammensetzung folglich verändern. Davon unbeindruckt stuft der VDS Beschneiungsanlagen dennoch als „ökologisch völlig unbedenklich“ ein (VDS, 1997).

Zusammengefaßt läßt sich sagen, daß sich mit skisportlicher Nutzung einer Fläche ihre Artenzusammensetzung generell ändert. Die Artenanzahl bleibt bei der Nutzung von Almwiesen als Skipisten noch in etwa gleich hoch. Infolge von Planierungen verringert sich die Artenzahl auf etwa die Hälfte der naturnahen Gesellschaften, das Artenspektrum wird von den Sämereien bedingt. Die ökologischen Standortbedingungen werden infolge von Planierung und erst recht anthropogener Beschneigung zunehmend unwirtlicher, was sich in Artenzahl und Artenspektrum niederschlägt.

2.5 Beeinträchtigung des Landschaftsgenusses

Das Landschaftsbild ist sowohl im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes (BNATSCHG §1(1)) als auch des Bayerischen Naturschutzgesetzes (BAYNATSCHG Art.1(1)) als schützenswertes Gut anerkannt.

Da es sich bei der Analyse des Landschaftsbildes allerdings überwiegend um subjektive Empfindungen handelt, gibt es bislang kein Instrumentarium zur Erfassung dieses schützenswerten Gutes. Vergleicht man die Anstrengungen, die im Arten- und Biotopschutz angestellt werden mit denen, die hinsichtlich des Landschaftsbildes erfolgen, so klafft zwischen beiden eine große Lücke, obwohl sie rechtlich den gleichen Rang einnehmen (LEICHT, 1991, S.214, 217, 221f.).

Landschaftsästhetische Fehlentwicklungen lassen sich in zwei Gruppen unterscheiden. Zum einen in die in der Landschaft entstehenden Fremdkörper, und zum anderen in vom Menschen verursachte Elemente, deren Form unangepaßt ist, oder die Schädigungen des Ökosystems offenbaren. Beide verringern den ästhetischen Reiz der Landschaft. Bei der Wahrnehmung können neben optischen auch akustische Beeinträchtigungen unterschieden werden. Zu den akustischen Störungen zählen zum Beispiel Beschneiungsanlagen. Trotz laufender technischer Verbesserungen erreichen Niederdruckanlagen noch immer einen Lärmpegel von bis zu 80dB. Die Emissionen der Hochdruckvariante liegen mit etwa 115dB deutlich über dem Geräuschpegel von Preßlufthämmern (100dB) und können dementsprechend, vor allem nachts, noch in einer Entfernung von 1000 Metern als störend empfunden werden (SCHATZ, 1993, S.6; WITTY, 1994, S.11; WITTY, 1993, S.19).

Die Beeinträchtigung können im Jahresgang ganz unterschiedliche Bewertung erfahren. So erscheint beispielsweise eine schneebedeckte Skipiste im Winter weniger störend als eine nur spärlich bewachsene Rodungsfläche im Sommer (LEICHT, 1991, S.217). Die *Banalisierung des Landschaftsbildes* zählt ebenfalls zu den Schäden, die durch den Massenskitourismus im Hochgebirge (mit-)verursacht werden. Da viele Touristen eine gewisse Erwartungshaltung hinsichtlich der Gebäudeformen in sich tragen, reagierte man vielerorts mit der Imitation als typisch empfundener Hausformen, so daß man heute von der „*Tirolisierung der Alpen*“ sprechen kann. Bei den Siedlungselementen wirken zudem grelle Werbetafeln und farbliche Kontraste besonders im Winter störend. Ein weiteres Problemfeld besteht im Sommer in der Form von Tristes- ausstrahlenden Schleppliftanlagen (FELBER et al.,

1991, S.32f.; KAUB & GABEL, 1992, S.2). Störend wirkt sich auch das Fehlen eines Übergangssaumes zwischen touristisch genutzten Flächen und Kulturlandschaft aus. Die Konzentration der skisportlichen Nutzung ist ebenso ein Gebot des Naturschutzes wie die schonende Behandlung der verbleibenden Kulturlandschaft. Damit besteht hinsichtlich der ästhetischen Beurteilung ein Zielkonflikt zwischen Landschaftsbild und Naturschutz. Außerdem müssen zur adäquaten Nutzung einige Anlagen per se an optisch empfindlichen Bereichen (zum Beispiel Uferbereich von Bergseen, Gipfelbereich) angelegt werden (LEICHT, 1991, S.211-219). Diese Entschuldigung besitzt allerdings keinerlei Gültigkeit für Schäden die sich in der Gestalt von Werbetafeln, Fäulnissschäden, Erosionsschäden oder Ablagerungen von Schrott, Baumaterial im Umfeld von Tourismuszentren finden.

Durch landschaftsästhetische Irritationen nimmt die Erholungsfunktion der Landschaft ab (SPEER, 1983, S.7; DIETMANN, 1985, S.128), womit diese Entgleisungen ein großes Schadenspotential bergen.

2.6 Kausalitätsproblematik

Die oben erläuterten Schäden gehen zumeist auf mehrere Verursacher zurück. Im folgenden wird der Versuch unternommen, den Anteil zu ermitteln, der einzig vom Massenskitourismus verursacht wird.

Man muß sich generell vor Augen führen, daß der *Anteil des Wintertourismus* in den Alpen nur etwa 40% des Tourismus ausmacht (ZIMMERMANN, 1995, S.32). Zu diesem Problemkreis gehört auch die Tatsache, daß viele Schäden, die auf Pistenflächen auftreten, nicht unbedingt durch die skifahrerische Nutzung verursacht sein müssen. Mehrfachnutzung von Pisten durch Beweidung, Sommerrodeln und Grasski aber auch als Wanderwege belasten diese Flächen zusätzlich. Die durch Mehrfachnutzung entstehenden Schäden können je nach Skigebiet die nutzungsbedingten Schäden durch den Skibetrieb übertreffen. Vom Weidevieh verursachte Trittschäden und Überdüngung nährstoffarmer Standorte sind hinsichtlich ihres Schadenspotentials besonders hervorzuheben. Allgemein betrachtet treten von Fahrzeugen, Wandern und Mountain-Bikern verursachte Schäden da-

hinter deutlich zurück (MANGHABATI & AMMER, 1986, S.107; STMLU, 1997, S.44f).

Der *alpine Schutzwald* ist einer Vielzahl von Beeinträchtigungen unterworfen. Zu ihnen zählt neben dem allgemeinen Waldsterben noch Steinschlag, Schneeschub, Waldweide, Schälsschäden und Wildverbiß. In Österreich wird ein Fünftel des alpinen Schutzwaldes, oder 56.000ha, als „*vom Zerfall bedroht*“ eingestuft. Diese Schäden gehen jedoch ursächlich nicht auf die touristische Nutzung, sondern auf überhöhte Populationsdichten beim Wild und Verfehlungen in Forst- und Jagdpolitik zurück (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, 1996, S.148-150, 175). Des weiteren beeinträchtigt die mangelhafte Pflege und die ungünstige Struktur des Waldes seine Schutzfunktion (AMMER, 1988, S.46). In der Bundesrepublik Deutschland dürfte dieser Zusammenhang nicht grundsätzlich anders sein (LAUTERWASSER, 1989, S.40f.). Die zur Errichtung von Seilbahnen und Zufahrtsstraßen erfolgten Rodungen lassen sich auch nicht vollständig auf den winterlichen Massenski-tourismus zurückführen, da die Straßen sowie die Mehrzahl der Aufstiegshilfen zu jeder Jahreszeit benutzt werden, und auch im Winter nicht ausschließlich von Skifahrern. Das selbe gilt prinzipiell auch für die landschaftsästhetischen Schäden, die durch andere Anlagen der touristischen Infrastruktur verursacht werden.

Was die *Zerstörung von Biotopen und Habitaten* anbelangt ist zu erwähnen, daß der Rückgang der Populationen von Rauhfußhühnern als eine Folge des Wandels der Kulturlandschaft oder der zunehmenden Verbreitung von Schwarzwild interpretiert werden kann. Da beispielsweise ein Auerhuhn ein Jahresstreifgebiet von 200-500ha benötigt, kann die Zerstörungen dieser Habitate nicht hauptsächlich mit der Anlage von Skipisten erklärt werden. Diese Thesen stützen sich zwar auf Untersuchungen aus dem Schwarzwald und der Hohen Rhön, dürften aber allgemein auch im Alpenraum Geltung besitzen (VOLK, ROTH & AMMER in BERNADOTTE & BERNADOTTE, 1996, S.77ff; BERNADOTTE & BERNADOTTE, 1996, S.130). Der Einfluß der landwirtschaftlichen Inwertsetzung veränderte die alpinen Habitate und Biotope beträchtlich. Für die almwirtschaftliche Nutzung wur-

den nicht nur große Rodungen im Bergwald vollzogen (LAUTERWASSER, 1989, S.38), das Weidevieh verändert durch selektiven Verbiß bevorzugter Futterpflanzen auch die Vegetationsgesellschaften der Almflächen. Der Einfluß der Beweidung auf die Vegetation ist mindestens so groß wie der des Winter- und Sommertourismus (STMLU, 1997, S.57f).

Der Themenbereich „Schäden am Ökosystem Hochgebirge“ ist sehr komplex. In ihn gehen neben der touristischen Inanspruchnahme die land-, forst- und jagdwirtschaftliche Nutzung ebenso ein wie die generellen Umweltprobleme Mitteleuropas. Die Konstruktion monokausaler Erklärungsansätze ist auf wissenschaftlicher Basis nicht möglich.

2.7 Ausmaß der Schäden

Eine Analyse der im Hochgebirge vom Massenski-sport verursachten Schäden muß ohne die Angabe des Schadensausmaßes unbefriedigend ausfallen. Die Quantifizierung und Zuweisung der Schäden auf den alleinigen Verursacher ist allerdings zum Teil mit großen Schwierigkeiten verbunden. Es soll aber zumindest der Versuch unternommen werden, das Ausmaß der Schäden grob abzustecken. Eine Kosten-Nutzen-Analyse des Massenskisports wäre die mit Abstand befriedigendste Lösung. Da die Ausübung von Sport aber zum aller größten Teil selbstverwirklichender, ideologischer Natur ist, kann der Nutzen nicht quantifiziert werden. Ebenso wenig ist es möglich die ökologischen Gemeinkosten gegen den Erholungswert von Skipisten zu verrechnen (SCHAEFER & AMMER in BERNADOTTE & BERNADOTTE, 1996, S.70-72). Damit bleibt als Alternative nur die Feststellung des Schadensausmaßes.

Das *Ausmaß der veränderten Gebiete* ist ein gewichtiger Faktor für die Bestimmung des Ausmaßes der verursachten Schäden. Bei den ausschließlich für den Massenskisport veränderten Gebieten handelt es sich um die Pisten, deren Anzahl und Fläche in der Literatur immer wieder Anlaß virtuoser Diskussion ist. Über die Pisten im Alpenraum des Freistaates Bayern gibt es jedoch sehr genaue Angaben. In 60 Skigebieten werden hier auf einer Fläche von 37km² etwa 0.6% der bayerischen Alpenfläche als Piste genutzt (STMLU,

1997, S.8). Alpenweit dürfte der Anteil der Pistenfläche an der Alpenfläche mit 920km² Piste bei etwas mehr als 0.4% liegen (vgl. BRAUN, 1985; S.15; GREENPEACE, 1991, S.2; CERNUSCA, 1992, S.157; KAUB & GABEL, 1992, S.2; VDS,1993; ULMRICH, 1993, VDS, 1997; STMLU, 1997, S.5). Diese Fläche ist äquivalent mit der anderthalbfachen Fläche des Genfer Sees. In Bayern wurde zur Erschließung der bisher untersuchten Skigebiete 158ha Wald gerodet. Das entspricht einem Anteil an der Pistenfläche von etwa 8.3% (STMLU, 1997, S.32). Die rodungsbedingten Schäden am Bergwald sind im überregionalem Zusammenhang zu vernachlässigen, da im Alpenraum eine größere Fläche aufgeforstet wird bzw. sich natürlich bewaldet als durch touristische Nutzung verbraucht wird (AMMER in BERNADOTTE & BERNADOTTE, 1996, S.81; CERNUSCA, 1992, S.158). Durch Variantenskifahrer, Langläufer, Biathleten und Tourengerher wird indes eine weitaus größere Fläche beeinflusst als diese 920km². Die räumliche Erstreckung dieser Aktivitäten läßt sich aber nicht ohne weiteres angeben. Auch sind – mit Ausnahme des Variantenskifahrens – die Auswirkungen alternativer Wintersportarten nicht mit denen des Abfahrtsskilaufes gleichzusetzen. Die alternativen Wintersportarten benötigen kaum skifahrerische Infrastruktur und bedingen damit keine großflächigen Geländemodellierungen.

Die *Schäden auf den Pisten* selbst stellen sich zu meist durch schütterere oder mangelnde Vegetationsbedeckung dar. Der aktuelle Zwischenbericht der bayerischen „Skipistenuntersuchung“ spricht davon, daß 12.5% der 6630 untersuchten Flächen durch skitouristische Nutzung geschädigt sind. Schwere Schädigungen konnten an 2.5% aller Flächen ausgemacht werden. Ein ähnliches Schadensausmaß fand DIETMANN im Skigebiet Fellhorn im Allgäu (DIETMANN, 1985, S.138). Gegenüber den geringen Schäden durch Skitourismus weisen 19% aller Flächen Trittschäden durch Weidevieh auf, 2.9% aller Flächen sind dadurch schwer geschädigt. Auf der Basis dieses Kriteriums ist die almwirtschaftliche Nutzung weniger vertretbar als die Nutzung der Flächen für Alpinski-sport. Betrachtet man den Bedeckungsgrad der Vegetation, so fällt auf, daß er bis einschließlich der subal-

pinen Stufe einen Wert von durchschnittlich 70% erreicht. In der alpinen Stufe sinken die Werte auf etwa 20%. Die sprunghafte Abnahme des Deckungsgrades kann auch darin bestehen, daß diese Gebiete über 2000m liegen und auch natürlich vegetationslos sein können. Zu beachten ist auch, daß drei Viertel der untersuchten Flächen nicht baulich verändert wurden (STMLU, 1997, S.44f., 40, 4). Dadurch erklärt sich zum einen der geringe Anteil an beschädigten Flächen, zum anderen kann man davon ausgehen, daß die Böden kaum verändert wurden und die Vegetationsgesellschaften noch ein hohes Artenspektrum aufweisen.

Andere Untersuchungen zeigen allerdings ganz andere Ergebnisse. In der Schweiz wiesen 10-50% aller untersuchter Planien Schwemm- oder Erosionsschäden auf (FELBER et al., 1991, S.26). Ein Grund für die großen Unterschiede in der Darstellung dürfte darin bestehen, daß die Auswirkungen in verschiedenen Höhenstufen unkommentiert miteinander verglichen werden. Generell ist davon auszugehen, daß bei Beachtung der naturräumlichen Gegebenheiten bis in 2200m Höhe erfolgreich wiederbegrünt werden kann (MOSIMANN, 1986, S.308f.; FELBER et al., 1991, S.29). Die Verwendung verschiedener neuer Techniken erhöht die Aussicht der erfolgreichen Begrünung zusätzlich (NASCHBERGER, 1987, S.10; FELBER et al., 1991, S.55-74). Zudem entstehen auf planierten Flächen nicht selten im Sinne der Naturschutzgesetzgebung schützenswerte Vegetationsgesellschaften. Ein knappes Drittel der Vegetationsgesellschaften bayerischer Skipisten haben Schutzcharakter. Dabei kommen vor allem Gesellschaften nasser und feuchter Standorte, aber auch alpine Rasen und Borstgrasrasen vor (STMLU, 1997, S.41). Es soll aber bereits an dieser Stelle eindringlich darauf hingewiesen werden, daß ein hoher Bedeckungsgrad wenig über die Qualität der Vegetation aussagt und keine direkten Schlüsse hinsichtlich Oberflächenabfluß oder Erosionsstabilität zuläßt (FELBER et al., 1991, S.30).

Die chemische Pistenpräparation steht im Verdacht, durch die ausgebrachten Düngestoffe die Vegetationsgesellschaften zu verändern. Allerdings ist die Piste mit diesen Mitteln nur einmal für etwa 24 Stunden zu verfestigen, danach wird der Schnee für die sportliche Nutzung zu weich. Das Verfahren selbst ist als manuel-

le Bearbeitung sehr arbeitsaufwendig und wird deshalb überwiegend im Vorfeld von Wettkämpfen angewandt. In ganz Deutschland werden jährlich etwa 55 Tonnen Düngesalze für die Pistenpräparation eingesetzt, was weniger als 1.6‰ des gesamten Düngeraustrages von 3.5 Mio. Tonnen ist (LAUTERWASSER, 1989, S.75-79; BECK/dtv, 1995, S.142). Aufgrund der geringen Masse und der eher seltenen Anwendung sollte der Einfluß von Mitteln der Pistenpräparation auf die Umwelt nicht überbewertet werden.

Durch die Anlage von Skipisten werden die *Habitats* der Fauna beschnitten, wobei es den größeren Tierarten möglich ist auf andere Standorte auszuweichen. Der Schaden der dadurch entsteht, daß aufgeschrecktes Schalenwild an Ermattung stirbt, dürfte im Vergleich zu den von ihm verursachten Schaden am Schutzwald vergleichsweise gering sein. Der schweizer Philosoph Hermann LÜBBE bemerkt in diesem Zusammenhang wohl nicht ganz zu unrecht:

„die pure Sorge um Populationen von Tieren ist ein ganz spätes, kulturell zum Phänomen der Dekadenz gehörendes Sorgephänomen hochmoderner, hoch empfindlicher Luxusgesellschaften“

(LÜBBE in BERNADOTTE & BERNADOTTE, 1996, S.112).

Anders verhält es sich hierbei mit den Populationen der vom Aussterben bedrohten Rauhfußhühner. Als bedrohte Spezies gebührt ihnen nach Gesetz und Ethik jeder vertretbare Schutz. Wie die vorgestellten Beispiele aus deutschen Mittelgebirgsräumen zeigen, ist es allerdings nicht unumstritten, daß die skitouristische Nutzung den Bestand dieser Tiere bedroht. Bei Rodungen entstehen durch die Öffnung von Waldflächen auch Randvegetationsgesellschaften, die zum Beispiel als Heidelbeerflächen diesen Vögeln als zusätzliche Nahrungsquelle dienen können (LAUTERWASSER in BERNADOTTE & BERNADOTTE, 1996, S.81). Bislang fehlt der Nachweis, inwieweit sich der Rückgang der Populationen von Auer- und Birkhuhn auf den Massenskitourismus zurückführen läßt.

Das Ausmaß der *landschaftsästhetischen Schädigungen* ist im Vergleich dazu einfacher festzustellen. Nach dem Zwischenbericht der vom BAYERISCHEN

LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ in Auftrag gegebenen Skipistenuntersuchung finden sich in fast allen Skigebieten derartige Schädigungen (STMLU, 1997, S.5), wenngleich einige Seilbahnbetreiber sich bemühen diese Schäden zu korrigieren (VDS, 1992, S.6). Landschaftsästhetische Störungen können sich auch durch die Hydranten, Leitungen, Stauseen und Schneekanonen, aber auch durch die von der Beschneigung verursachte akustische Umweltverschmutzung ergeben (RODEWALD, 1995, S.26). Um das Störungspotential der Beschneiungsanlagen beurteilen zu können, muß man sich wiederum das Ausmaß dieses Eingriffes vor Augen halten. Im Freistaat Bayern sind nur 125ha zur Beschneigung zugelassen, was einem Anteil von 3.7% an der gesamten Pistenfläche entspricht (WENZEL, 1997, S.94). Der Betrieb der Anlagen ist zudem mit zeitlichen Limitierungen verbunden, die die Beschneigung in der Regel nur an zehn bis siebzehn Tagen zulassen (WENZEL, 1997, S.93f; CIPRA, 1988, S.4). Aufgrund der hohen Investitions- und Beschneigungskosten ist ein Ausbau der Beschneiungsanlagen zur Zeit unwahrscheinlich. Andererseits tragen sich aufgrund der momentan angespannten Konjunktur verschiedene Skizentren mit dem Gedanken nachzurüsten (OEAV, 1997). Eine Tendenz zur Reglementierung der Beschneigung ist von der CIPRA nicht zu erkennen (CIPRA, 1997), andererseits sind diese Anlagen genehmigungspflichtig (WITTY, 1994, S.13). Ein besonders eindringliches Beispiel hinsichtlich der Ausbreitung von Beschneiungsanlagen bietet der Antrag des Ökomodell-Ortes Hindelang im Allgäu, knapp ein Drittel seiner Pisten beschneien zu lassen (LOPPOW, 1997). Betrachtet man die Diskussion um Schaden und Nutzen von Beschneiungsanlagen vorurteilsfrei, so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß die Verurteilung dieser Anlagen weniger von rationellen denn von ideologischen Beweggründen geleitet ist.

Im bayerischen Alpenraum werden weniger als 1% der Gesamtfläche durch den alpinen Massenskisport genutzt. Die Schäden, die auf diesen Flächen verursacht werden, variieren stark, was auf Höhenlage, Bodenbeschaffenheit und andere naturräumliche Eigenschaften zurückzuführen ist. Ohne die angesprochenen Schäden bagatellisieren zu wollen, ist zu beachten,

daß Mehrfachnutzung der Pisten, almwirtschaftliche Nutzung und besonders der überhöhte Bestand an Schalenwild dem Ökosystem Alpen größere Schäden zuzufügen vermögen als die skitouristische Nutzung.

3 Durch Massenskitourismus verursachte Gefahren

Schäden werden zu Gefahren, wenn sie direkt Menschen oder vom Menschen als schützenswert erachtete Objekte bedrohen. Basierend auf den oben beschriebenen Schäden werden in diesem Kapitel die von den Schäden verursachten Gefahren diskutiert. Dabei wird zunächst auf den Rückgang der Schutzfunktionen im Ökosystem Hochgebirge eingegangen. Anschließend wird der von den Schäden hervorgerufene erhöhte Oberflächenabfluß und sein Gefahrenpotential dargestellt. In diesem Zusammenhang werden die entstehenden Gefahren diskutiert, ohne letztlich den genauen Anteil des Massenskisports an der Gefährdung exakt angeben zu können. Soweit erforderlich, wird bei den jeweiligen Gefahren versucht, die Frage nach dem Verursacher zu klären, wobei der Einfluß des Massenskisportes größere Beachtung findet als andere Faktoren. Es geht nicht darum monokausal zu urteilen. Vielmehr ist in einem ökologisch wenig stabilen Gebiet wie dem alpinen Raum jede Form der Belastung kritisch zu hinterfragen. Die durch landschaftsästhetische Fehlentwicklungen verursachten Schäden bergen kein Gefahrenpotential im Sinne dieser Arbeit und finden keine weitere Darstellung. Den Abschluß des Kapitels bildet die Darstellung des Gefahrenaussesmaßes wie es sich in den bayerischen Alpen zeigt. Es gilt hier im allgemeinen die selbe Kausalitätsproblematik wie unter Kapitel 2.6 beschrieben, da die Gefahren auf den oben diskutierten Schäden beruhen.

3.1 Rückgang der Schutzfunktion des alpinen Bergwaldes

Durch den Massenskisport werden sensible Bereiche des alpinen Ökosystems beeinträchtigt. Diese Schäden verursachen einen Rückgang der Schutzfunktionen des alpinen Bergwaldes, was menschliches Handeln unterhalb dieser Gebiete, vor allem in den engen Tälern, gefährden kann. Allgemein betrachtet leidet auch der Trinkwasserschutz durch skitouristische Erschließung von Gletschergebieten. Da in Bayern keine

Gletscherskigebiete betrieben werden, findet dieser Punkt im folgenden jedoch keine weitere Betrachtung.

Durch die erfahrenen Schädigungen ist die Schutzfunktion des *Bergwaldes* verringert. Seine für tiefer liegenden Siedlungen wohl wichtigste Schutzfunktion ist der Schutz vor Lawinen. Dabei lenkt, bremst oder gar stoppt der Bergwald als mechanische Barriere nicht nur von oberhalb der Waldgrenze abgehende Lawinen. Das Kronendach fängt auch Schnee, der anschließend zur Bildung von Lawinen fehlt. Daneben verhindert die Oberflächenrauigkeit des Waldes Schneeverlagerungen und eine homogene Schichtung des Schnees, was der Bildung von Schneebrettern und Lockerschneelawinen entgegenwirkt. Die lawinenverbauende Wirkung des natürlichen Bergwaldes geht soweit, daß bei einer Bestandesdichte von 1000 bis 5000 Einzelbäumen pro Hektar selbst innerhalb des Spannungsfeldes einer Lawine und in Steilhängen keine Lawine abgehen kann (SPEER, 1983, S.5). Des weiteren schützt der Bergwald den Boden vor Erosion. Das dichte Kronendach verringert die Energie der aufprallenden Regentropfen erheblich, weshalb der Waldboden kaum mechanische Störungen erfährt. Das Kronendach hält zudem einen großen Teil des Niederschlagswassers entweder direkt fest, oder leitet es über die Baumstämme ab. Dadurch verringert sich der Oberflächenabfluß in entscheidendem Maße. Beide Effekte zusammen bewirken, daß es im Wald kaum zu Bodenabtrag kommt. Zudem halten die Wurzeln der Bäume den Boden fest, womit sie ebenso der Bodenerosion entgegenwirken. Insgesamt gelangt das Regenwasser langsam in den Boden, wo es in einem engmaschig verwobenen Geflecht von Wurzeln allmählich versickert. Während der Versickerung wird das Niederschlagswasser gefiltert und eventuell noch mit Mineralstoffen angereichert ehe es als Quellwasser wieder zutage tritt. Eine vergleichbare Filterwirkung besitzt der Bergwald hinsichtlich seines Vermögens, die Luft zu reinigen (LAUTERWASSER, 1989, S.38). Der mechanische Windschutz ist in diesem Zusammenhang eine weitere Funktion des Bergwaldes für den Menschen (LAUTERWASSER, 1989, S.39). Da zahlreiche Tier- und Pflanzenspezies auf den Wald als Lebensraum angewiesen sind, dient der Bergwald auch dem Artenschutz (SPEER, 1983, S.1-5).

Der Rückgang der Schutzfunktion des Bergwaldes wurde erstmals in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts offenkundig, als in Tirol aufgrund Brandrodung der Waldanteil großflächig abnahm. In der Folge kam es zu Muren, Steinlawinen, Überschwemmungen, Erdbeben und Bodenerosion. Die Lawinentätigkeit erhöhte sich dramatisch und es ist erwiesen, daß etwa 70% der abgehenden Lawinen unterhalb der potentiellen Waldgrenze ihren Anfang nahmen. Tirol war aufgrund hunderter solcher Ereignisse bereits zu dieser Zeit ein klassisches Beispiel für vom Menschen verursachte „Natur“katastrophen. Aufgrund der baulichen Erschließung gefährdeter Talbereiche hat sich das Gefährdungspotential heute massiv erhöht (JOBST, 1986, S.12f.; CERNUSCA, 1987, S.176). Durch die lokale Abnahme des Bergwaldes hat sich unter anderem der Oberflächenabfluß erhöht, was das Ausmaß an Überschwemmungen vergrößert (AMMER, 1988, S.46).

3.2 Erhöhung des Oberflächenabflusses

3.2.1 Ursachen

Beregnungsversuche ergaben, daß durch Rodung, Planierung und ungenügende Begrünung der Oberflächenabfluß auf Skipisten erheblich ansteigt.

Vergleicht man den Oberflächenabfluß verschiedener Vegetationsgesellschaften des Hochgebirges bei Starkregenereignissen, so zeigt sich eindrucksvoll der Einfluß der Nutzung. Beispielsweise fließt in Waldrandgesellschaften 4.9% des Regens direkt ab (Abflußbeiwert), auf nicht skisportlich genutzten Almweiden aber bereits 30.6%. Erfolgt auf den Almflächen auch Skibetrieb, so steigt der Oberflächenabfluß auf 43.2% an. Planierte, wiederbegrünte Flächen weisen dagegen einen Abflußbeiwert von etwa 66% auf (SCHAUER, 1981, S.163f.). Der Oberflächenabfluß gerodeter Flächen beträgt folglich das 13-fache des Waldrandes. Im naturnahen Zwergstrauchgesellschaften liegen bei Starkniederschlagsereignissen die mittleren Abflußbeiwerte bei nur 10%. Sie steigen im Wald auf 15% an (LÖHMANNSTRÖBEN & CERNUSCA, 1990). Aufgrund intensiver Waldweide kann die Struktur des Bergwaldes aber so stark in Mitleidenschaft gezogen sein, daß bis zu 38% des Regens oberflächlich abfließen (RAMSKÖGLER, 1987, S.6f.). Auf Wiesen fließt bereits 43% des Niederschlages oberflächlich ab, auf Wei-

den 52%. Die künstlich angesäten Flächen besitzen Abflußbeiwerte von 64%, auf vegetationsfreien Flächen liegt der Wert bei 85%. Der Grund für die starken Unterschiede der Abflußbeiwerte liegt im Versickerungsvermögen der jeweiligen Böden. Während beispielsweise ein Quadratmeter Wald pro Minute etwa 12,1 Liter Wasser aufnehmen kann, können angesäte Rasengesellschaften auf Pisten oft nur noch etwa 0,02 Liter aufnehmen (LÖHMANNSTRÖBEN & CERNUSCA, 1990).

Allgemein kann man sagen, daß sich der Oberflächenabfluß erhöht, wenn die betrachtete Fläche intensiver genutzt wird, und zwar zunächst unabhängig davon, ob die Nutzung landwirtschaftlicher oder skifahrerischer Natur ist. Das Ausmaß der Zunahme des Oberflächenabflusses hängt stark davon ab welche Vegetation oder Nutzung vorher herrschte. Der jeweils verwendete Vergleichsmaßstab relativiert die Auswirkung der Pistennutzung beträchtlich. Der Oberflächenabfluß einer planierten Fläche mag das dreizehnfache einer Waldgesellschaft betragen, er beträgt aber nur knapp das Doppelte einer Almweide (SCHAUER, 1981, S.164). Es sei hier auch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Parameter Bodenbedeckung und Grünmasse der Pisten keine Qualitätsmerkmale hinsichtlich des Oberflächenabflusses darstellen. Für die Verringerung des Oberflächenabflusses ist eine tiefreichende Durchwurzelung und damit eine hohe Wurzelmasse erforderlich. Diese kann von den Ersatzgesellschaften vor allem auf Planen nicht geschaffen werden, da zum einen die Bodenmächtigkeit dies nicht mehr zuläßt. Zum anderen erfolgt mit der Ansaat eine Düngung, die das Längenwachstum überproportional zum Wurzelwachstum fördert (FELBER et al., 1991, S.30; SCHAUER, 1981, S.165-167). Da auch der humose Oberboden überwiegend fehlt und der Boden nur noch selten Grobporen aufweist, ist die Wasserspeicherfähigkeit drastisch verringert, was den Oberflächenabfluß zusätzlich verstärkt (LÖHMANNSTRÖBEN & CERNUSCA, 1990; CERNUSCA, 1992, S.158). In der Folge ergibt sich ein erhöhter Oberflächenabfluß.

3.2.2 Bodenerosion

Der Bodenabtrag wird durch den Oberflächenabfluß entscheidend beeinflusst. Andere gewichtige *Ein-*

flußfaktoren sind der Bedeckungsgrad und die Relief- lage der untersuchten Fläche (MOSIMANN, 1985, S.19-22). Der Bodenabtrag erreicht nach SCHAUER, 1981, S.164f. unter Wald nur rund 0.06kg/100m², steigt bei Almweiden auf 0.2kg/100m² bzw. 0.6kg/ 100m² (ohne/mit Skibetrieb) und erreicht auf planier- ten, wiederbegrüntem Flächen Werte von 3.1kg/ 100m². Damit steigt der Bodenabtrag auf unplanier- ten Pisten im Vergleich zu Wald auf das Zehnfache, im Vergleich zu Almwiesen auf das Dreifache. Auf plan- nierten, wiederbegrüntem Pisten steigt der Bodenab- trag im Vergleich zu Wald um den Faktor 52, im Ver- gleich zu Almwiesen um das 16-fache, und im Ver- gleich zu unplanierten Pisten auf das Fünffache an. Zu beachten ist ferner, daß Pflanzengesellschaften, deren Wurzeln nicht tiefer als zwanzig Zentimeter reichen, eine deutlich höhere Anfälligkeit zur Bildung von Blai- ken besitzen als tiefer wurzelnde Vegetationseinheiten (SCHAUER, 1981, S.16-18). Auch aus diesem Grund steigt die Gefahr der Bodenerosion bei geringmäch- tigen Böden bzw. bei Ersatzgesellschaften. Die Ero- sionstätigkeit auf Pisten erhöht sich bei Mehrfachbelas- tung durch Beweidung oder Wanderbetrieb (DIET- MANN, KOHLER & LEICHT, 1993, S.151).

Die entstehenden *Erosionsformen* sind abhängig von der Länge der Piste, der Wassergängigkeit des Un- tergrundes, der Hangform und Hangneigung sowie der Größe des Einzugsgebietes, das zur Piste hin ent- wässert. Es bildet sich dabei ein großer Formenschatz aus, der von Erosionsrinnen über Erosionsgräben hin zur Zerrachelung der Flächen führen kann. Es ist auch möglich, daß am Rand der Planie Massenversatz durch Sackungen, Bodenfließen oder auch Rutschungen er- folgen. Am Oberhang kann es auch zu flächenhaftem

Bodenabtrag kommen. Alle diese Gefahren potenzie- ren sich, wenn Planien im Bereich von Hangquellen oder gar in rutschungsgefährdeten Gebieten angelegt werden (MOSIMANN, 1986, S.307). Zu beachten ist ferner, daß Bodenerosion ein dynamischer, selbst ver- stärkender Prozeß ist, der sich je nach Standortgege- benheiten rasch in benachbarte Flächen hinein aus- breiten kann (MOSIMANN, 1985, S.11; DIET- MANN, 1985, S.120). Gerade in den steilen Lagen der Hochgebirge ist Bodenerosion nur sehr schwer zu kontrollieren, weshalb bereits existierende Erosions- flächen für das angrenzende Gelände eine große Ge- fahr darstellen. Dennoch ist zu beachten, daß selbst große Planien mit nur spärlichem Bewuchs stabil ge- genüber Erosion sein können (MOSIMANN, 1985, S.38). Den allgemeinen Zusammenhang zwischen Vegetationsform, Oberflächenabfluß, Ausmaß der Erosion und Wurzelmasse Tabelle 1 wieder.

3.2.3 Rutschungen und Murgänge

Durch den Anstieg des Oberflächenabflusses wer- den Rutschungen, aber auch Muren ausgelöst. Diese Naturereignisse können nicht nur Schäden an der In- frastruktur, sondern auch Personenschäden verursa- chen. Letztlich werden diese Ereignisse von starken Niederschlägen verursacht, die aber erst aufgrund der Veränderungen der Bodenstruktur und der Vegeta- tionszusammensetzung gefährliche Dimensionen an- nehmen können. Durch den Massenskisport bedingte Rutschungen finden sich in fast allen bislang unter- suchten bayerischen Skigebieten, Murgänge hingegen noch keine. In Österreich kam es infolge der skitouri- stischen Nutzung in der Vergangenheit allerdings zu teilweise verheerenden Murgängen. Der bayerische

Tab. 1: Zusammenhang zwischen Nutzung und Erosionsgefährdung

Nutzung	Oberflächen abfluß ¹⁾	Erosion (kgm ⁻²)	Wurzelmasse (gm ⁻²)
Planierte und begrünte Skipiste	60-90%	3.1	300-500
Almweide mit Piste	30-60%	0.6	1000-1500
Almweide ohne Piste	30%	0.2	k. A.
Wald ²⁾ (Krautschicht)	0-5%	0.06	2000-3000

¹⁾ % der künstlichen Beregnung
²⁾ mehrschichtig aufgebauter Mischwald

(vgl. FELBER et al., 1991, S.26)

Alpenraum unterscheidet sich hinsichtlich der Gefährdung durch Murgänge nicht wesentlich von dem österreichischen. Es ist deshalb notwendig sich die Entstehung von Murgängen und ihre zerstörerische Kraft vor Augen zu halten.

Bei vollständiger Durchfeuchtung kann ein unverfestigter, instabiler Hang mit übersteiltem Böschungswinkel schlagartig als Mure abgehen. Aufgrund des sehr hohen Wassergehaltes bewegt sich die abgehende Masse sehr schnell und suspensionsartig, was sie von der langsameren Rutschung unterscheidet, die zudem auch einen geringeren Wassergehalt aufweist. Durch die eiszeitlichen Akkumulationen bedingt ist in den Alpen in weiten Bereichen unverfestigtes Material an der Oberfläche vorhanden. Unter diesen können lokal je nach geologischer Situation diverse wasserstauende Gesteine anstehen, was die Versickerung behindert. Infolge der Erhöhung des Wassergehaltes kann das unverfestigte Material entweder langsam abrutschen, oder schlagartig abfließen. Die hohe Reliefenergie des Raumes bedingt naturgemäß übersteilte Hänge; Klima- und Reliefverhältnisse verursachen immer wieder katastrophale Starkniederschläge. Durch diese Rahmenbedingungen sind die Alpen für Murgänge und Rutschungen geradezu prädestiniert (s.a. KERSCHNER, 1995, S.46). Anlagen der skitouristischen Infrastruktur haben die Anfälligkeit des Raumes gegenüber diesen Erscheinungen noch vergrößert. So sind verschiedene Murabgänge in Österreich, zum Beispiel im Gasteiner Tal und im Skigebiet Zell am See eindeutig auf den Skisport zurückzuführen (LÖHMANNSRÖBEN & CERNUSCA, 1990; CERNUSCA, 1992, S.162; CERNUSCA, 1987, S.176). Auch der Murgang vom 4. Juli 1983 in Axams (Tirol) kann mit der skisportlicher Nutzung begründet werden.

3.2.4 Hochwasserereignisse und Wildbäche

Da auf Skipisten der Oberflächenabfluß stark erhöht ist, ist in erster Linie mit vermehrten Hochwässern zu rechnen. Sofern die Pisten im Einzugsgebiet von Wildbächen liegen ist zu erwarten, daß deren Tätigkeit zunimmt. Diese Gefahren steigern sich noch für den Fall, daß die Pisten beschneit werden, da Schneischnee mindestens ein Drittel mehr Wasser enthält (FELBER et al., 1991, S.25) als Naturschnee.

Die Simulation eines Starkniederschlagsereignisses wie es durchschnittlich alle hundert Jahre vorkommt, bestätigt diese Vermutung. Der Anteil des in den Vorfluter fließenden Wassers aus Pistengebieten ist $2\frac{1}{2}$ -mal so groß wie der Flächenanteil der Pisten am gesamten Einzugsgebiet (LÖHMANNSRÖBEN & CERNUSCA, 1990). Folglich wird die Überschwemmungsgefahr mit der Zunahme des Pistenanteils am Einzugsbereich des Vorfluters immer größer. Aufgrund dieses Zusammenhanges ist es möglich, daß Hochwasserspitzen wie sie statistisch nur alle 45 Jahre vorkommen sich infolge der skitouristischen Erschließung alle 20 Jahre ereignen, vorausgesetzt das Einzugsgebiet weist eine ungünstige Struktur auf (CERNUSCA, 1992, S.160f.).

Die Gefahr, daß sich das zerstörerische Wirken von *Wildbächen* aufgrund von Skipisten erhöht, ist nicht von der Hand zu weisen. Wildbäche sind in der Lage binnen kürzester Zeit große Erosionsschäden anzurichten, wodurch Infrastruktureinrichtungen aber auch Menschenleben gefährdet werden können. Ebenso können sie durch Hangunterschneidung Erdbeben oder auch Murgänge auslösen. Zu beachten ist auch, daß das Bett von Wildbächen im Winter als Gleitbahn für Lawinen wirken kann (KOCH, 1986, S.946). Wildbäche, die sich durch verstärkte sommerliche Aktivität ein breiteres Bett geschaffen haben, können so indirekt auch noch im Winter als Gefahr wirken.

Nach CERNUSCA, 1987, S.174, führt der Bau und Betrieb einer Skipiste generell zu erhöhter Wildbachgefährdung. Bei der Diskussion um die Ursachen der Wildbachaktivität sollte aber auch nicht vergessen werden, daß die Wildbachgefährdung auch ursächlich mit den für die Almwirtschaft erfolgten Rodungen verbunden ist (SCHÖNTHALER, 1985, S.155).

3.3 Ausmaß der Gefahren

Wie bereits erwähnt umfassen die Schäden, die durch den Massenskitourismus entstehen, nur maximal ein Prozent der bayerischen Alpenfläche. Von den vorhandenen Pisten wurden etwa 17 Prozent planiert (STMLU, 1997, S.31), wodurch sich das Ausmaß des zusätzlichen Oberflächenabflusses weiter verringert.

Hinsichtlich der Gefahren, die von diesen Schäden ausgehen, ist eine flächenmäßige Gleichsetzung nicht ohne weiteres möglich, da es den beschriebenen Gefahren zu eigen ist, sich auf angrenzende Flächen ausbreiten zu können. In der Folge können sich mit den Gefahren die Schäden auf Bereiche ausdehnen, die jenseits der unter Kap.2.7 beschriebenen Fläche liegen. Auch handelt es sich hier um Gefahren die selbst bei punktuellm Auftreten noch hohe Schadenssummen verursachen können. Nachfolgend soll das Ausmaß der vom Massenskiport verursachten Gefahren dargestellt werden. Anhand der im Sommer 1987 im Alpenraum verursachten Desaster wird der Einfluß des Massenskiports an derartigen Naturkatastrophen beispielhaft dargelegt.

Die Gefahren, die durch die Schädigung der *Schutzfunktionen* von Bergwald entstehen, sind derzeit noch nicht quantifizierbar. Die staatlichen Ausgaben zur Schutzwaldsanierung belaufen sich aber alleine im Freistaat Bayern auf jährlich etwa 5.5-7Mio DM. Diese Ausgaben sollen sich durch Schadensvermeidung bezahlt machen (AMMER in BERNADOTTE & BERNADOTTE, 1996, S.72).

Die von der *Bodenerosion* ausgelösten Gefahren bestehen in aller erster Linie in Ertragsausfällen der Landwirtschaft und in zusätzlichen Kosten für die erneute Planierung oder Begrünung. Die Ertragsausfälle liegen zwischen einigen wenigen bis siebenzig Prozent (HOLAUS & KÖCK, 1993, S.50) und werden in aller Regel dem Landwirt vom Liftbetreiber direkt rückerstattet. Die dem Liftbetreiber entstehenden Kosten werden als selbst verschuldete Schäden in diesem Zusammenhang nicht als Gefahren im Sinne des Autors anerkannt. Das Ausmaß der Gefahren selbst läßt sich wiederum nur schwer angeben. Die Bayerische Skipistenuntersuchung hat auf 3.9% der Flächen Erosionsschäden und auf einem Prozent der Flächen Akkumulationsschäden erkannt (STMLU, 1997, S.49f.). Im sehr detailliert untersuchten Skigebiet Fellhorn (Allgäu) fanden sich auf einer Fläche von 48.5ha 144 Fälle von Bodenerosion und 33 Akkumulation, wobei die Formen bis zu 1.60m tief und 175m lang sind (DIETMANN, 1985, S.134, 136). Im allgemeinen liegt der von der Bodenerosion verursachte Formenschatz im

Bereich von zehn bis hundert Metern womit diese Erscheinungen zu den Kleinformen zählen (KERSCHNER, 1995, S.49). Von der Bodenerosion geht insgesamt betrachtet aufgrund der geringen räumlichen Erstreckung des Formenschatzes generell nur eine geringe und zudem rein finanzielle Gefährdung aus.

Ähnlich stellt sich das Ausmaß der Gefährdung durch vom Massenskitourismus ausgelösten *Rutschungen und Muren* dar. Ein bekanntes Beispiel für einen vom Winterskiport verursachten Murgang ist das Mureignis von Axams (Tirol). Hier ging am 4. Juli 1983 ein Mure aus dem Olympiaskigebiet von 1964 und 1976 ab, und verursachte im Zentrum der Ortschaft Axams einen Schaden von damals umgerechnet etwa fünf Millionen DM. Zwar läßt sich die Ursache dieses Ereignisses zweifelsfrei auf die skitouristische Übernutzung des Raumes zurückführen, vergleichbare Schäden finden sich allgemein aber sehr selten. In Bayern wurden nur auf 1.1% der bislang untersuchten 6630 Einzelflächen Rutschungsschäden nachgewiesen (STMLU, 1997, S.1,50), Mureignisse wurden keine beobachtet. Grundsätzlich ist die Gefährdung durch diese Ereignisse gering. In geologisch bedingt labilen Gebieten, in denen über einer wasserstauenden Schicht leicht wassergängiges Material lagert (vgl. LÖHMANNSRÖBEN & CERNUSCA, 1990), ist jedoch eine kleinräumlichere Analyse notwendig.

Die aktuelle Gefährdung durch *Hochwässer und Wildbachereignisse* durch Anlagen für den Massenskitourismus reduziert sich auf die Frage wie stark die Wasserführung aufgrund dieser Anlagen zunimmt. Da der Anteil des Oberflächenabflusses stark von der jeweiligen Vegetationsgesellschaft bestimmt wird, ist für die Hochwassergefährdung ausschlaggebend, welche Vegetation durch die Anlagen ersetzt wurde und wie groß das Teileinzugsgebiet Piste am Gesamteinzugsgebiet des Vorfluters ist (CERNUSCA, 1987, S.176). Durch die in jedem Fall deutlich erhöhten Abflußbeiwerte resultiert ein gesteigerter Oberflächenabfluß, wodurch der Spitzenabfluß am Einzugsgebiet stark zunimmt. Betrachtet man allerdings den tatsächlichen Anteil der Pistenfläche am Gesamteinzugsgebiet des Vorfluters, so bietet sich ein anderes Bild. Durch die flächenmäßig kleine Erstreckung der Skipisten erhöht

sich der Spitzenabfluß im Gesamteinzugsgebiet nur geringfügig, selbst wenn im Teileinzugsgebiet Piste stark erhöhte Abflußwerte erreicht werden (RAMS-KOGLER, 1987, S.6). Der Anstieg des Spitzenabflusses im Gesamtgebiet liegt selbst unter widrigsten Umständen bei nicht mehr als 2-20%, die Abflußwerte steigen um nicht mehr als $0.5-4\text{m}^3\text{s}^{-1}$ an. Der Einfluß der Skipisten ist also viel zu gering um als Katastrophenauslöser in Frage zu kommen (KERSCHNER, 1995, S.50).

Die oben getroffenen Aussagen werden durch eine Analyse der *Unwetterkatastrophen des Sommers 1987* im Alpenraum, bei denen 14 Tote zu beklagen waren, belegt. An zwei Ereignisfällen, dem 18./19. Juli und dem 24./25. August 1987 trafen nach mehreren Föhn-tagen über dem Alpenhauptkamm warme, feuchte Mittelmeerluft mit kalter Luft aufeinander. In der Folge kam es zu Starkniederschlägen, wie sie sich selbst in den Alpen nur äußerst selten ereignen. Da die Schneegrenze zu beiden Terminen sehr hoch lag, fielen die Niederschläge als Regen. Die Böden waren jedoch bereits wassergesättigt. In der Folge war der fallende Niederschlag sofort abflußwirksam, wodurch sich Abflußspitzen von $400-700\text{m}^3\text{s}^{-1}$ bei Andermatt bzw. Sölden ergaben. Das leicht erodierbare eiszeitliche Moränenmaterial wurde von den Vorflutern fortgerissen, es kam zu Rutschungen und Vermurungen. Der Einfluß der Pistenflächen fiel bei diesen Gegebenheiten nicht ins Gewicht, was auch dadurch belegt werden kann, daß die Zerstörungen in skitouristisch nicht erschlossenen Gebieten nicht geringer ausfielen als in den betroffenen Hochburgen des Wintersports. Lokal kann das Unwettergeschehen zwar dennoch durch die Wintersporteinrichtungen verstärkt worden sein, das Ausmaß der Verwüstungen läßt sich aber nicht mit dem Einfluß der Skigebiete erklären. Der Grund der Schäden liegt zweifellos in einem Naturereignis wie es sich alle 50-100 Jahre im Alpenraum ereignet, und nicht in der skitouristischen Erschließung (AMMER, 1987).

4 Zusammenfassung

Die Errichtung von Pisten und vor allem von Planen verursacht erhöhte Abflußwerte und erhöhte Abflußspitzen; sie vergrößern den Oberflächenabtrag

und verringern das Wasserrückhaltevermögen der Böden. Diese Gegebenheiten leiten sich weniger aus der mangelhaften Bodenbedeckung als von veränderten Bodenparametern und verringerter Durchwurzelungsintensität her.

Die Einzugsgebiete dieser Flächen sind indes meistens zu gering um über den kleinräumlichen Maßstab hinaus ernsthafte Schäden anrichten zu können. Die extremen Naturereignisse sind klimatologisch vorprogrammiert und nicht vom Menschen verursacht. Damit erhöht sich das Gefährdungspotential durch Anlagen für den Massenskisport höchstens lokal.

In einem wenig stabilen Raum, wie ihn die Alpen darstellen, muß aber nichtsdestotrotz versucht werden, jeden Risikoparameter zu minimieren. Die Verringerung der vorhandenen Gefahren kann durch landesplanerische Maßnahmen ebenso von statten gehen, wie durch Auflagen für die Nutzung und den Betrieb von Skigebieten. Letztlich können auch im Rahmen von ingenieurtechnischen Sanierungen bereits vorhandene Schäden korrigiert werden. Unter Zuhilfenahme all dieser verschiedenen Maßnahmen sollte es möglich sein ein Zielkonzept zu entwerfen, das über das vom Bayerischen STMLU konzipierte Modell des *Umweltverträglichen Skiortes* noch hinaus geht (STMLU, 1997, S.63).

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Geogr. Marco Eichinger
Michael-Burgau-Str.12
93049 REGENSBURG

Literaturverzeichnis

- AMMER, U. (1987): Bericht zu den Untersuchungen über einen möglichen Zusammenhang zwischen Wintersportanlagen und den Umweltkatastrophen des Jahres 1987 im Alpenraum. Weilheim.
- BECK/dtv (1995): Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland. 11. Ausgabe 1996. München.
- BERNADOTTE, S. & L. BERNADOTTE (Hg.) (1996): Sport und Umwelt – Ist Partnerschaft möglich? Das Beispiel Skisport. Mainau.

- BAYNATSCHG – Bayerisches Naturschutzgesetz in der Fassung vom 28. April 1995.
- BNATSCHG – Bundesnaturschutzgesetz in der Fassung vom 12. März 1987, geändert 1993.
- BRAUN, H. (1985): Pisten zerschneiden die Alpen. wirtsch. und umw., Heft 4.: 14-16.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT (Hg.) (1996): Umweltsituation in Österreich. Vierter Umweltkontrollbericht des Bundesministers für Umwelt an den Nationalrat. Teil A. Wien.
- CERNUSCA, A. (1987): Wintersporterschließung und Naturschutz – Ergebnisse einer Studie im Auftrag des Europarates. Verhand. Gesell. Ökologie (Graz 1985), Band 15.: 173-181.
- CERNUSCA, A. (1989): Zur Schneestruktur beschneiter Flächen – Einflußfaktoren und ökologische Auswirkungen auf Vegetation und Boden im Pistenbereich. unveröffentlichtes Manuskript.
- CERNUSCA, A. (1992): Zur Hydrologie von Wintersporterschließungen. In: Umwelt und Tourismus. Hg: E. GNAIGER & J. KAUTZKY: 157-167. Innsbruck.
- CIPRA (Hg.) (1988): Beschneigungsanlagen im Widerstreit der Interessen. Entwurf der CIPRA – Geschäftsstelle vom 05.08. 1988.
- CIPRA (1997): Schriftliche Mitteilungen vom 09-12-97.
- DIETMANN, T. (1985): Ökologische Schäden durch Massenskisport. Entwicklung und Veränderung des Skigebietes am Fellhorn bei Oberstdorf/Allgäu von 1952 – 1982 durch seine Erschließung für den Massenskisport. Jahrbuch des Ver. zum Schutz der Bergwelt e. V. 50. Jg.: 107-159.
- DIETMANN, T., K. KOHLER & H. LEICHT (1993): Landschaftsökologische Untersuchungen in Skigebieten des bayerischen Alpenraumes. Darstellung der Methodik.- In: Jahrbuch des Ver. zum Schutz der Bergwelt e. V. 58. Jg.: 147-195.
- FELBER, H., M. HIRSCH & P. WALTHER (1991): Landschaftseingriffe für den Skisport. Wegleitung zur Berücksichtigung des Natur- und Landschaftsschutzes. Bern.
- FLORINETH, F. (1995): Erosionsschutz im Alpenraum. Geographische Rundschau, 47. Jahrgang, 700-705.
- GALL, H. (1947/1985): Bodenerosion und Bodenerhaltung im Gebirgsland am besonderen Beispiel Nordtirols. Kufstein.
- GREENPEACE (Hg.) (1991): Skitourismus. Ein Beitrag zur Zerstörung der Bergwelt. Hamburg.
- HOFER, H. (1981): Skipisten verändern die alpine Grasheide.- UB. 5. Jg.: 55-62.
- HOLAUS, K. & A. KÖCK (1993): Schipisten und Ökologie. – sb – sportstättenbau und bäderanlagen, Heft 1.: 42-50.
- JOBST, E. (1986): Unabwendbare Naturkatastrophen in den Alpen – schon immer? Jahrbuch des Ver. zum Schutz der Bergwelt e. V. 51. Jg.: 11-16.
- KAUB R. & G. GABEL (1992): Ski Heil – Natur kaputt? BUNDargumente. Bonn.
- KERSCHNER, H. (1995): Naturereignisse – Naturgefahren. Hochwasser und Wildbäche im alpinen Lebensraum. GR. 47. Jg.: 46-51.
- KOCH, G. (1986): Ski-Sport belastet die Bergwelt. Allg. Forstzeitung, 38. Jg.: 946-947.
- LAUTERWASSER, E. (1989): Skisport und Umwelt. Ein Leitfaden zu den Auswirkungen des Skisports auf Natur und Landschaft. Weilheim.
- LEICHT, H. (1991): Freizeit, Erholung und Wintersport – aus der Sicht einer beurteilenden Naturschutzbehörde. In: BFANL (Hrsg.): Landschaftsbild – Eingriff – Ausgleich. 211-228. Bonn – Bad Godesberg.
- LÖHMANNROBEN, R. & A. CERNUSCA (1990): Bodenverhältnisse, Oberflächenabfluß und Erosionsgefährdung im Skigebiet am Stubnerkogel. unveröffentlichtes Manuskript.
- LOPPOW, B. (1997): Ökostreit um Hindelang. Die Zeit. 52/52. 51.
- MANGHABATI A. & U. AMMER (1986): Auswirkungen des Tourismus auf den Bergwald. Jahrbuch des Ver. zum Schutz der Bergwelt e. V. 51. Jg.: 107-114.
- MEISTERHANS, E. (1986): Entwicklungsmöglichkeiten für Vegetation und Boden auf Skipistenplanierungen. In: VOLZ, R. (1986): Ökologische Auswirkungen des Skitourismus. Eine Zusammenfassung der im Rahmen des MAB-Programmes durchgeführten Untersuchungen. 26-28, Bern.
- MOSIMANN, T. (1985): Landschaftsökologischer Einfluss von Anlagen für den Massenskisport. Teil III – Ökologische Entwicklung von Pistenflächen. Entwicklungstendenzen im Erosionsgeschehen und beim Wiederbewuchs planierter Pisten im Skigebiet Crap Sogn Gion/Laax, GR. Basel.
- MOSIMANN, T. (1986): Skitourismus und Umweltbelastung im Hochgebirge.- GR. 38. Jg.: 303-311.
- NASCHBERGER, S. (1987): Hoffnung für Skipisten. Österreichische Forstzeitung.: 10-13.
- OEAV (1997): Schriftliche Mitteilungen vom 06-10-97.
- RAMSKOGLER, K. (1987): Schierschließungen – Auswirkung auf Boden und Bestand am Beispiel des Schigroßraumes Gasteinertal. Österreichische Forstzeitung.: 5-8.
- RIES, J. (1996): Landscape Damage by Skiing at the Schauinsland in the Black Forest, Germany. In: Mountain Research and Development. 16. Jg. 27-40.
- RODEWALD, R. (1995): Schneekanonen – auf Knopfdruck Winter. natur + mensh.: 26-29.

SCHATZ, H. (1993): Auswirkungen des Wintertourismus auf Natur und Umwelt, insbesondere der Beschneigungsanlagen auf Flora und Fauna. Vortrag gehalten bei der Fortbildungsveranstaltung „Skisport und Ökologie“ am 25. 08. 1993 in Berlin.

SCHAUER, T. (1981): Vegetationsänderung und Florenverlust auf Skipisten in den bayerischen Alpen. Jahrbuch des Ver. zum Schutz der Bergwelt e. V., 48. Jg.: 149-181.

SCHÖNTHALER, K. (1985): Auswirkungen der Anlagen für den Massenschisport auf die Landschaft. 1. Teil. – Die Bodenkultur – Journal für landwirtschaftliche Forschung. 36. Jg.: 155-174.

SOTHMANN, L. (1996): Arterhaltung contra Freizeitdruck. Ist nachhaltige Nutzung naturbetonter Landschaftsräume durch Skisport möglich? In: BERNADOTTE, S. & L. BERNADOTTE (Hg.) (1996): Sport und Umwelt – Ist Partnerschaft möglich? Das Beispiel Skisport.- 33-44, Mainau.

SPEER, F. (1983): Auswirkungen von Pistenerschließungen im Waldbereich.- Vortrag gehalten am 19. 02. 1983 anlässlich der Schutzgemeinschaft Alpen-Veranstaltung „Olympiareife – „Preis „ für verschandelte Alpenwelt?“. unveröffentlichtes Manuskript.

STMLU (Hg.) (1997): Landschaftsökologische Untersuchungen in den bayerischen Skigebieten – Skipistenuntersuchung-. Zwischenauswertung nach 24 Skigebieten. München.

ULMRICH, E. (1993): Den Falschmünzern das Handwerk legen – neue Daten zur Umweltsituation im Skisport. sb – sportstättenbau und bäderanlagen.: 57-60.

VERBAND DEUTSCHER SEILBAHNEN (Hg.) (1992): Handeln für Freizeit und Natur. Beispielhafte Maßnahmen des VDS für Natur- und Umweltschutz. Aalen.

VERBAND DEUTSCHER SEILBAHNEN (Hg.) (1993): Zahlen. Daten. Fakten. Aalen.

VERBAND DEUTSCHER SEILBAHNEN (1997): Beschneigungsanlagen in deutschen Skigebieten. Schriftliche Stellungnahme vom 04-11-97.

WENZEL, J. (1997): Die Angst kein Skiort mehr zu sein. Freizeitstar Garmisch – Partenkirchen. Bergsteiger & Bergwanderer.: 92-96.

WITTY, S. (1993): Beschneigungsanlagen. Ökologisches Teufelszeug oder technische Notwendigkeit?. Naturschutz – Info.: 17-21.

WITTY, S. (1994): Beschneigungsanlagen. Naturschutz – Info.: 7-15.

ZIMMERMANN, F. (1996): Tourismus in Österreich. Instabilität der Nachfrage und Innovationszwang des Angebots. GR. 48. Jg.: 30-37.

Abbildungen und Quellennachweis

Abb. 1: Infolge eines Starkregenereignisses unterlag die unzureichend drainierte Akkumulationszone einer Skipiste am Oberjoch einem stark erhöhtem Bodenabtrag. Werden im Pistenmanagement die ökologischen Bedingungen nicht ausreichend berücksichtigt, so können auch in Aufschüttungszonen deutliche Umweltschäden entstehen.

Quelle: DIETMANN et al., 1993, S.188

Abb. 2: Werden Pisten nach ihrer Anlage nicht unverzüglich, massiv und langfristig gepflegt, so ergeben sich Erosionsschäden, die nur unter sehr günstigen Umständen noch behoben werden können. Die Aufnahme stammt aus der geologisch sehr labilen Region um Meran, die Begrünung der Piste erfolgte erst zwanzig Jahre nach ihrer Anlage und ist dementsprechend sehr schütter.

Quelle: FLORINETH, 1995, S.702

Abb. 3: Lineare Bodenerosionsserscheinungen im Olympiaskigebiet am Axamer Lizum bei Innsbruck. Die Wölbung der Piste führt zusammen mit ihrer unzureichenden Entwässerung zur Kanalisation des Oberflächenabflusses. Am Fuß der Piste entstehen Schäden durch Überlagerung der Fläche mit Bodenabtrag. Die steilen Böschungen sind bislang kaum begrünt. Aufnahmedatum: Juli 1983.

Quelle: GALL, 1947/1985, Teil 2, S.63

Abb. 4: Eine Detailaufnahme der Szene von Bild 3 zeigt die Dimension die der grabenartige Bodenabtrag erreichen kann.

Quelle: GALL, 1947/1985, Teil 2, S.64

Abb. 5: Auf dem geologisch labilen Buntsandstein können sich Muren ausbilden. Ihre Genese wird durch Skipisten gefördert, da auf Pisten die verankernd wirkende Vegetation weitgehend fehlt.

Quelle: GALL, 1947/1985, Teil 2, S.54

Abb. 6: Durch die künstliche Beschneigung von Skipisten verkürzt sich die Vegetationsperiode. Die umgebende Vegetation ist der Pistenvvegetation um mehrere Wochen voraus. Es entstehen zum einen visuelle Schäden, zum anderen fehlt die Vegetation als Schutz vor Bodenabtrag und hohem Oberflächenabfluß.

Quelle: GALL, 1947/1985, Teil 2, S.53

Abb. 7: Eine planierte und nur nachlässig begrünzte Piste zeigt auch zum Ende des Frühjahres noch kaum Pflanzenbewuchs. Durch den sommerlichen Wandertourismus kommt es zu einer weiteren Belastung der Fläche, die Schadensursache läßt sich nicht mehr auf nur eine Verursachergruppe zurückführen.

Quelle: GALL, 1947/1985, Teil 2, S.59

Abb. 8: Schneekanonen erzeugen akustische Belästigungen für Mensch und Tier. Der Schneischnee trägt zur verspäteten Ausaperung der Pisten bei, er kann aber auch die empfindliche Bodendecke vor mechanischen Schäden schützen.

Foto: Ole Seidel

Abb. 9: Nachtskifahren läßt die Wildbestände in der Umgebung der Pisten nicht zur Ruhe kommen. In der Folge ergeben sich erhöhte Verbißschäden an pistenfernen Einständen im Bergwald, wo sich das Wild konzentriert. Die Schutzfunktionen des Bergwaldes können dabei stark beeinträchtigt werden.

Foto: Ole Seidel

Abb. 10: Die wenigsten Hotelbauten fügen sich in ihrer Gebäudeform und Farbgebung harmonisch in die Alpenlandschaft ein. Es kommt zu landschaftsästhetischen Schäden, die im Sinne der Naturschutzgesetzgebung zu vermeiden sind.

Foto: Ole Seidel

Abb. 11: Durch die Pistenbearbeitung bei unzureichender Schneedecke wird der Oberboden aufgerissen. Im Frühling sammelt sich in diesen Rillen das Abfließwasser und linearer Bodenabtrag setzt ein.

Quelle: AGL in LAUTERWASSER, 1989, S.12



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6



Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9



Abb. 10



Abb. 11

Landschaftsökologische Untersuchungen in den bayerischen Skigebieten (Skipistenuntersuchung Bayern)

Zwischenauswertung nach der Untersuchung von 24 Skigebieten

Von *Ulrich Kohler, Thomas Dietmann, Gernot Lutz und Ulrich Glänzer*

Seit dem Jahre 1990 führt das Bayerische Landesamt für Umweltschutz im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen in den größeren alpinen bayerischen Skigebieten landschaftsökologische Untersuchungen durch. Diese umfassen eine detaillierte Bestandsaufnahme der Infrastruktur und des landschaftlichen Zustands nach einheitlichen Kriterien.

Die Ergebnisse werden aus ökologischer, naturschutzfachlicher und landschaftsästhetischer Sicht bewertet, konkrete Empfehlungen zur Verbesserung, Wiederherstellung bzw. Erhaltung von Natur und Landschaft für das jeweilige Skigebiet abgeleitet. So entsteht ein „Umweltkataster“, das als Grundlage für konkrete Maßnahmen und für Langzeitbeobachtungen der ökologischen Situation in den Skigebieten dient.

Die angesprochenen Zielgruppen sind Behörden und Betreiber. Diesen sollen die Bestandsaufnahmen als Grundlage für Entscheidungen, z.B. bei Modernisierungs-, Umbau- und Sanierungsmaßnahmen in bestehenden Skigebieten dienen. Die Ergebnisse dieser Fachkartierung sind nicht rechtsverbindlich.

Nach der Untersuchung von 24 Skigebieten ¹⁾ in den Landkreisen Oberallgäu, Garmisch-Partenkirchen, Bad Tölz-Wolfratshausen, Miesbach und Traunstein mit einer Gesamtfläche von 1904 ha wird

nun eine Zwischenbilanz gezogen (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN 1997).

Die vorliegenden Ergebnisse lassen Aussagen über regelmäßig auftretende Belastungsmuster und Konfliktsituationen zu. Maßnahmen zur Vermeidung und Sanierung können daraus abgeleitet werden.

Wesentliche Ergebnisse sind:

- Planierte und aufgeschüttete Pistenflächen sind deutlich instabiler als unveränderte Flächen. Sie erfordern überproportional viel Pflege- und Unterhaltsmaßnahmen.
- Der Biotopwert baulich veränderter Flächen ist in der Regel geringer, als der unveränderter Flächen.
- Begrünungserfolge sind bei entsprechender Pflege, ausreichender Sorgfalt beim Bau und bei günstigen Standortbedingungen bis in die subalpine Stufe möglich.
- Die Beeinträchtigungen und Schäden, die beim Pistenbau oder der Erstellung der Aufzugsanlagen entstanden sind, überwiegen in der Regel die Nutzungsschäden, die der Skisport verursacht.
- Die durch die Weidewirtschaft verursachten Schäden erreichen z.T. Ausmaße, die die nutzungsbedingten Schäden durch den Skibetrieb übertreffen.
- Wanderwege stellen fallweise Erosionsherde dar.

1) In der Zwischenzeit wurden 10 weitere Skigebiete untersucht (Stand 1999).

- Die Abwasserentsorgung der Infrastruktureinrichtungen ist insbesondere in kleineren Skigebieten noch unbefriedigend gelöst.
- Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch Infrastruktureinrichtungen oder großflächige Parkplätze treten in fast allen Skigebieten auf.
- Bei der Steuerung des Besucherverkehrs im Gelände (Winter und Sommer) zeigt sich in vielen Skigebieten ein erhebliches Defizit.

Kriterien zur Reduzierung von Umweltbelastungen in den Skigebieten sind:

Themenkomplex Pistenbaumaßnahmen

- Geländeänderungen sollen – wenn überhaupt notwendig – grundsätzlich nur in Höhenstufen erfolgen, in denen ausreichende klimatische und standörtliche Voraussetzungen gegeben sind, die eine Begrünung innerhalb kurzer Zeit garantieren (in der Regel unterhalb von 1.400 – 1.600 m NN). Oberhalb 1.800 m NN sollen keine großflächigen Vollplanien durchgeführt werden.
- Keine großflächige Erschließung von Gelände mit hoher Oberflächenrauigkeit.
- Möglichst keine Planierungen in hangwasserführendem Gelände.
- Keine Geländeänderungen in rutschgefährdetem Gelände.
- Ordnungsgemäße Rekultivierung von Geländeingriffen (Begrünung, Drainage) und Pflege der Flächen.
- Bei allen Baumaßnahmen, z.B. auch bei der Einrichtung von Beschneiungsanlagen ist mit großer Sorgfalt vorzugehen.

Themenkomplex Winterbetrieb

- Skibetrieb und Einsatz von Pistenraupen grundsätzlich nur bei genügender Schneebedeckung, um eine mechanische Belastung und Schädigung der Boden- und Pflanzendecke zu vermeiden.
- Kleinräumiges Pistenmanagement und Teilsperren frühzeitig ausapernder Pistenflächen.

- Steuerung des Variantenbetriebs abseits der präparierten Pisten.
- Gezielte Schulung der Pistenraupenfahrer und Markierung von empfindlichen Flächen (z.B. Flächen mit Zwergstrauchheiden und Latschengebüsch), die nicht mit der Pistenraupe befahren werden sollen.
- Vermeidung des „Schneesammelns“ außerhalb der Piste.

Themenkomplex Pistenpflege Sommer

- Wiederbegrünung größerer Schadflächen mit standortgerechtem, heimischem Saatgut.
- Jährliche Sanierung von Erosionsschäden in der Piste.
- Verzicht auf Düngung (Ausnahme: nach Begrünung und Einsaat frisch umgestalteter Flächen) natürlich „magerer“ Standorte.
- Möglichst extensive Pflege der Pistenflächen (Mahd oder Mulchen).
- Vermeidung einer Überweidung der Pistenflächen.
- Trennung von Wanderwegen und baulich veränderten Pistenflächen.
- „Kleinräumige“ Lösungsvorschläge zur Schonung besonders belasteter Flächen.

Themenkomplex Steuerung des Besucherverkehrs

- Information der Besucher verbessern und sie für Probleme sensibilisieren.
- Lenkungs- und ggf. Absperrrmaßnahmen verbessern.

Themenkomplex Modernisierungsmaßnahmen

- Verbesserte Einbindung bestehender und erneuerter Infrastruktur in die Umgebung.
- Möglicherweise Rückbau ehemaliger Geländeänderungen (z.B. bei der in der Regel erfolgenden Umstellung von Schleppliftbetrieb auf Sesselbahnen).

Die vorliegende Veröffentlichung knüpft an die von den Autoren DIETMANN, KOHLER und LEICHT im Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt 1993 veröffentlichte Arbeit „Landschaftsökologische Untersuchungen in Skigebieten des bayerischen Alpenraumes – Darstellung der Methodik“ (Jahrbuch 58. Jahrgang, Seiten 147-196) an.

1 Einführung

Der Skitourismus ist für den Alpenraum von besonderer Bedeutung. So gibt es allein im bayerischen Alpenraum ca. 60 Skigebiete mit einer Pistenfläche von ungefähr 3700 ha (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1992). In Bayern werden 992 Seilbahnen, 2 Zahnradbahnen und mehr als 800 Schleplifte betrieben (VDS 1999).

Der Bau und der Betrieb dieser Einrichtungen, die mit Ausnahme der Schleplifte meist sowohl im Winter wie auch im Sommer genutzt werden, belasten das Ökosystem „Alpen“ auf vielfältige Weise.

Um den mit dem Massenskiport verbundenen Problemen in Zukunft örtlich und konkret entgegenwirken zu können, führt das Bayerische Landesamt für Umweltschutz im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen seit 1990 landschaftsökologische Untersuchungen in den Skigebieten des bayerischen Alpenraums durch.

Ziel und Inhalt der Untersuchungen ist eine **nach einheitlichen Kriterien** durchgeführte Bestandsaufnahme des landschaftlichen Zustands und der Infrastruktur der größeren bayerischen Skigebiete sowie eine Bewertung aus ökologischer und landschaftsästhetischer Sicht. Dabei werden sowohl für das gesamte Skigebiet als auch für einzelne Gebietsabschnitte (in der Regel Skipisten) Daten erhoben und bewertet. Auf der Basis dieser Bestandsaufnahme werden konkrete Empfehlungen zur Verbesserung, Wiederherstellung bzw. Erhaltung von Natur und Landschaft für das jeweilige Skigebiet abgeleitet. So entsteht ein „Umweltkataster“, das als Grundlage für konkrete Maßnahmen und für Langzeitbeobachtungen der ökologischen Situation in den Skigebieten dient. Es können negative bzw. positive Landschaftsveränderungen dokumentiert werden.

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahmen stehen Behörden und Betreibern zur Verfügung und können als Grundlage für Entscheidungen z.B. zu Modernisierungs-, Umbau- und Sanierungsmaßnahmen in bestehenden Skigebieten herangezogen werden. Die Ergebnisse dieser Fachkartierung sind nicht rechtsverbindlich.

Nach der Bearbeitung von insgesamt 24 Skigebieten liegt neben der Darstellung der erarbeiteten Ergebnisse in Form von Text und Karten umfangreiches Datenmaterial über diese Skigebiete vor. Im Einzelnen handelt es sich um über 6.600 Datensätze zu Einzelflächen innerhalb der Skigebiete und um ca. 12.000 zugehörige Merkmalsätze. Diese sind in einer projektinternen Datenbank abgelegt.

Nach statistischer Auswertung dieses Datenmaterials werden Aussagen zu folgenden Themen bzw. -komplexen gemacht:

- Naturräumliche Ausstattung der Skigebiete.
- Vegetation auf den Pistenflächen.
- Art und Umfang der Geländeeingriffe (Planierung, Rodung) sowie Zusammenhänge zwischen diesen Geländeeingriffen, der Nutzung, auftretenden Belastungen und Schäden.
- Anteil naturnaher, schützenswerter Pflanzengesellschaften.
- Verteilung und Häufigkeit von Belastungen und Schäden sowie Zusammenhänge zwischen diesen Schäden und der Lage im Relief.
- Ausgesprochene Empfehlungen für die Skigebiete.
- Regenerationsfähigkeit unterschiedlicher Standorttypen nach Geländeeingriffen.

Der Themenkomplex „Auswirkungen der Beschneigung von Pistenflächen“ wird bei dieser Zwischenauswertung nicht behandelt, da nur in einem der untersuchten Gebiete eine Beschneiungsanlage installiert war.

Aufgrund dieser Auswertungen werden Aussagen abgeleitet über:

- bestimmte Gesetzmäßigkeiten innerhalb einzelner Skigebiete,
- gebietsübergreifende „Gesetzmäßigkeiten“,
- regelmäßig auftretende Belastungsmuster,
- regelmäßig auftretende Konfliktsituationen,
- Maßnahmen zur Verbesserung der Situation.

2) Jede Sektion einer Bahn oder eines Schleplifts zählt für sich.

2 Methode

Im Rahmen dieser Untersuchung werden nur alpine Skigebiete mit mehreren, durch Abfahrtspisten verbundenen Aufzugsanlagen, deren Schwerpunkt oberhalb 1.000 m NN liegt, bearbeitet.

Die Skigebietsflächen ³⁾ werden detailliert und flächendeckend kartiert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und der Darstellbarkeit wird die gesamte Fläche eines Skigebiets bei der Auswertung der Geländeerhebung in mehrere **Gebietsabschnitte** unterteilt. Diese orientieren sich an bekannten Abfahrtspisten, sinnvoll räumlich abgrenzbaren Einheiten und Erfahrungswerten aus der Geländebeobachtung.

Innerhalb der Pistenflächen ⁴⁾ werden sogenannte **Hauptabfahrtsflächen (HAF)** ⁵⁾ und **regelmäßige Variantenbereiche (RV)** ⁶⁾ abgegrenzt.

Die **Einhänge**, die als angrenzende Flächen in engem ökologischen Zusammenhang zu den Pistenflächen stehen, werden übersichtsmäßig beschrieben.

Die bei der Geländeaufnahme erhobenen Daten werden mit dem raumbezogenen Informationssystem SICAD open (SIemens Computer Aided Design) weiterverarbeitet. Parallel zur grafischen Verarbeitung (Digitalisierung) der Flächenabgrenzungen werden die Flächeninformationen in einer eigenen Datenbank (SICAD GDB) abgespeichert. Auf der Basis dieser Daten werden thematische Karten erzeugt. Die Größen der einzelnen Flächen werden ermittelt und stehen für die Text- und Tabellenauswertung zur Verfügung.

Als Ergebnis der ökologischen Bestandsaufnahmen liegt für jedes Skigebiet eine flächenscharfe Darstellung der Skiinfrastruktur, der Pflanzengesellschaften sowie der Belastungen und Schäden vor. Die Ergeb-

nisse werden in standardisierter Textform (Gebietsordner) und kartografisch dargestellt.

Die Untersuchungsmethode wurde 1993 im Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt vorgestellt (DIETMANN, KOHLER, LEICHT 1993).

Die statistische Auswertung und die tabellarische und grafische Darstellung der Ergebnisse im Rahmen der Zwischenauswertung erfolgen am PC, wobei die Projektdatenbank als Datenquelle dient. Es wird dabei auch auf die aufbereiteten Daten der einzelnen Gebietsordner zurückgegriffen, insbesondere um eine Typisierung der Skigebiete durchzuführen. Die thematischen Karten werden visuell interpretiert. Sie ermöglichen den Überblick über ein Skigebiet, lassen Zusammenhänge erkennen und lassen sich zur Kontrolle bei der Überprüfung der Ergebnisse heranziehen.

3 Ergebnisse

3.1 Typisierung der Skigebiete

Die *ältesten* durch Aufzugsanlagen erschlossenen *Gebiete* sind der Wendelstein (MB05), die Zugspitze (GAP05) und das Nebelhorn (OA18) mit ersten Bahnen ab der Jahrhundertwende bzw. ab dem Jahr 1930. In der Zeit zwischen 1960 und 1975 wurden dann die meisten anderen Skigebiete erschlossen.

In fast allen untersuchten Skigebieten (20) findet *anlagengestützter* (Zahnrad-, Kabinen- und teilweise Sesselbahnen) sommerlicher Besucherverkehr statt. Dabei konzentriert sich der sommerliche Wanderbetrieb auf die Hauptwanderwege und Aussichtspunkte. Hauptwanderwege verbinden in der Regel die Bergstation mit dem Tal, mit einem Gipfel (Aussichtspunkt), mit Einkehrmöglichkeiten oder mit einer anderen Bahnstation. Die Wanderwege verlaufen oft über die Pistenflächen.

Auf insgesamt 21 ausgewiesenen Startplätzen in 12 Skigebieten findet *Drachen- und Gleitschirmbetrieb* statt. Auch eine *Rodelbahn* wird betrieben.

Jedes Skigebiet hat einen oder mehrere meist großflächige *Parkplätze* (800 bis 1.300 PKW-Stellplätze). Immerhin 13 Skigebiete liegen ortsnah, 20 Skigebiete sind auch mit *öffentlichen Verkehrsmitteln* (Bahn, Bus oder Bahn und Bus) erreichbar.

3) Die kartierten Skigebietsflächen umfassen die Hauptabfahrtsflächen (s.u.), die regelmäßigen Variantenbereiche, die während des Skibetriebs regelmäßig genutzten Randflächen der Pisten und die Infrastrukturf lächen.

4) Pistenflächen sind die waldfreien, theoretisch mit der Pistenraupe pflegbaren Flächen, die von einem Skifahrer mit durchschnittlichen Fähigkeiten befahren werden können, mit dem Ziel, wieder eine Aufstiegshilfe zu erreichen.

5) Hauptabfahrtsflächen sind die Pistenflächen, die immer durch Pistenraupen gepflegt werden.

6) Nicht maschinell präparierte Abfahrtsflächen, die bei normalem Winterbetrieb immer von Skifahrern intensiv befahren werden.

Tabelle 1: Auflistung der im Rahmen der Geländeaufnahme erhobenen Merkmale.

Angaben zur Fläche:
Flächennummer (z.B. GAP01/001)
Name des Skigebiets (z.B. Nebelhorn)
Gebietsabschnitt (z.B. BGL01P05)
Aufnahmedatum (z.B. 08/92)
Flurkartennummer (z.B. NO15-22)
Größe der Fläche (qm)
Höhe über NN (m)
Exposition
Neigung (Grad)
Feuchte
Relief
Bemerkung (freier Text)
Flächenmerkmale:
(Flächennummer)
Infrastruktur (z.B. Betriebsgebäude)
Umgestaltung (z.B. Planierung, Rodung)
Nutzung (z.B. Viehweide, Skipiste, Variantenabfahrt)
Vegetation (z.B. Braunseggensumpf, Polsterseggenrasen)
Vegetationskomplex (z.B. mit Feuchtezeigern)
Deckungsgrad (%)
Erosionsschaden (z.B. Tiefenerosion, Rutschung)
Größe des Erosionsschadens (qm/m ³)
Anzahl der Erosionsschäden
Nutzungsschäden (z.B. Mechanische Schäden an der Grasnarbe)
Intensität (Skala 1 - 5)
Anzahl Nutzungsschäden
Empfehlung (Vorschläge für zu ergreifende Maßnahme)

Einkehrmöglichkeiten haben alle Skigebiete. Die *Abwasserentsorgung* ist in den meisten Gebieten noch nicht befriedigend gelöst. Nur 9 Skigebiete sind an das Kanalnetz angeschlossen, die restlichen Gebiete verfügen nur über Versitz- bzw. 3-Kammer-Klärgruben.

Hinsichtlich der *Ausdehnung der Pistenflächen* (Hauptabfahrtsflächen und regelmäßig genutzte Varianten) (Tabelle 3) sind die Mehrheit der untersuchten Gebiete (13 Skigebiete) als mittelgroß (30 bis 60 ha) anzusprechen. Große Skigebiete mit über 100 ha Pistenfläche stellen im bayerischen Alpenraum eine

Minderheit (4 Skigebiete) dar. Die restlichen 5 Skigebiete der Zwischenauswertung sind klein mit weniger als 20 ha Pistenfläche.

Hinsichtlich der Lage, der Ausstattung mit Aufzugsanlagen und des *Pistensystems* lassen sich drei Gruppen bilden:

Zur ersten Gruppe zählen die *großen, hochgelegenen*, von Zahnrad- oder Kabinenbahnen erschlossenen Gebiete (3 Skigebiete). Sieben weitere ähneln ihnen hinsichtlich Lage, Aufbau des Pistensystems und Infra-

strukturausstattung. Sie sind jedoch flächenmäßig deutlich kleiner und niedriger gelegen.

Die zweite Gruppe bildet der Typ des *talnäheren* Skigebiets (9 Skigebiete). Der überwiegende Anteil der Lifte und Pisten grenzt an Dauersiedlungen an. Weiteres Kennzeichen ist die geringere Höhenlage.

Die restlichen Gebiete nehmen eine *Zwischenstellung* ein.

Die *durchschnittliche* Höhe der aufgenommenen Pistenflächen liegt bei 1.410 m NN. Die Verteilung der Flächen in den ökologischen Höhenstufen (OZENDA 1988) zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle 2: Verteilung der Skigebietsflächen in den ökologischen Höhenstufen.

Höhenstufe	Fläche in ha	% der Gesamtfläche
Submontan (bis 800 m NN)	25,5	1,3
Montan (bis 1.000 m NN)	141,6	7,4
Hochmontan (bis 1300 m NN)	614,6	32,3
Subalpin (bis 1800 m NN)	780,8	41,0
Hochsubalpin (bis 2000 m NN)	87,7	4,6
Alpin und subnival (über 2000 m NN)	253,3	13,4
Gesamt	1903,5	100

Die mittlere *Steilheit* der Flächen beträgt 16°, dabei sind 75% aller Flächen 20° und weniger geneigt.

Eine eher *geringe* bis *mittlere Steilheit*, verbunden mit überwiegend leichten Abfahrten, ist für 4 Gebiete typisch. *Steil* sind 11 Gebiete, in denen mehr als 25% der Fläche über 20° und mehr als die Hälfte der Fläche über 15° Hangneigung aufweisen. Die Abfahrten dieser Gebiete werden zumeist als mittel bis schwer eingestuft.

Nach O oder SO ist die Mehrzahl der Pistenflächen exponiert. Allerdings ändert sich die bevorzugte Exposition mit der Höhenlage: So weisen die Flächen in den unteren Lagen häufiger N- bis NW-, in den oberen Lagen dagegen vermehrt SO- bis S-Exposition auf.

Nur in 10 Gebieten überwiegen Kalkgesteine, die Böden sind meist flachgründig, die Standortverhältnisse eher trocken. Die Gesteine der anderen Gebiete verwittern dagegen zu tiefgründigen, tonig-lehmigen Böden. Feuchte bis nasse Standorte nehmen hier über 20%, in einzelnen Fällen über 50% der Fläche ein.

Die meisten Gebiete liegen in der Zone A des Alpenplans 7). Ausnahmen sind 5 Gebiete, die der Zone B angehören. Nur ein Gebiet grenzt im Randbereich an die Zone C.

13 der 24 untersuchten Skigebiete liegen teilweise oder ganz in *Landschaftsschutzgebieten*, 2 Gebiete teilweise in *Naturschutzgebieten*.

3.2 Zustandsbeschreibung

3.2.1 Baulich veränderte Flächen

323,49 ha sind durch Baumaßnahmen wie Planierung, Felssprengung oder Aufschüttung verändert, weitere 83,36 ha wurden vor der Baumaßnahme gerodet. Insgesamt wurde damit 406,85 ha kartierte Skigebietsfläche baulich verändert. Bezogen auf die gesamte kartierte Fläche sind dies 21,4%, bezogen auf die Hauptabfahrtsfläche (HAF) und den regelmäßigen Variantenbereich (RV) 8) 36,6%.

Unter den Baumaßnahmen überwiegen *Vollplanien* mit einem Anteil von rund 88 %. Reine *Aufschüttungen* (5% oder 20,3 ha) und *Felssprengungen* (1,4% oder

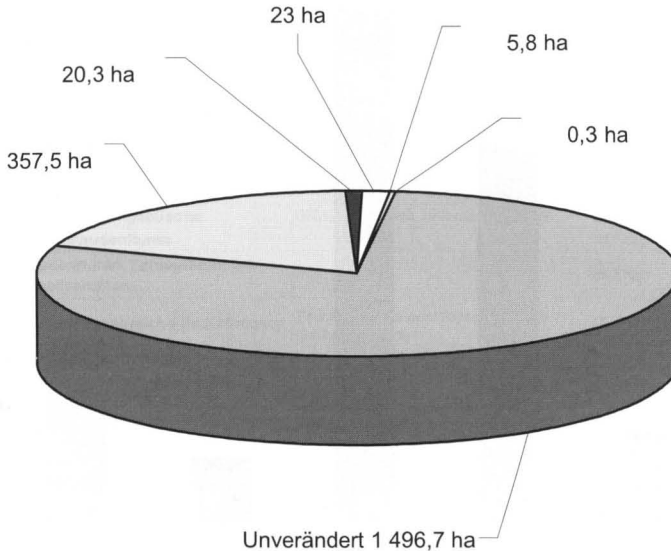
7) Laut Alpenplan sind in der Zone A Vorhaben (Bergbahnen, Skiabfahrten u.ä.) landesplanerisch unbedenklich. In der Zone B sind Vorhaben landesplanerisch nur dann zulässig, wenn sie im Einzelfall den Erfordernissen der Raumordnung nicht widersprechen. In der Zone C sind Vorhaben landesplanerisch unzulässig (LEP 1994: Karte Erholungslandschaft Alpen).

8) Die HAF- und RV-Flächen umfassen aus naheliegenden Gründen sämtliche baulich veränderte Pistenflächen eines Gebiets. Ein Flächenvergleich ist somit zulässig.

Abbildung 1:

Skipistenuntersuchung Bayern Baulich veränderte Flächen in 24 Skigebieten

Gesamt: 406,9ha (=21,4% der ausgewerteten Skigebietsfläche)



Überwiegend in den baulich veränderten
Flächen enthalten:

- 498 Hanganschnitte
- 417 Drainagegräben
- 133 Bachverrohrungen

**In den baulich veränderten Flächen sind
73,42 ha Rodungen enthalten.**

5,8 ha) treten dagegen deutlich zurück. Die Sonderform des *ausgebauten Skiwegs* ist mit 23,0 ha (= 5,7%) bei den veränderten Flächen der Skigebiete vertreten. Ein Bachbett wurde mit Hilfe einer *Steinschüttung* ausgebaut, um als Abfahrtspiste genutzt zu werden.

Nur *gerodet*, aber nicht baulich verändert ⁹⁾ wurden 73,4 ha der kartierten Pistenflächen. Zusammen mit den gerodeten **und** baulich veränderten Flächen sind dies 156,8 ha Rodungsfläche oder 8,2% der kartierten Skigebietsfläche bzw. 14,1% HAF/RV. Lineare Einzel-

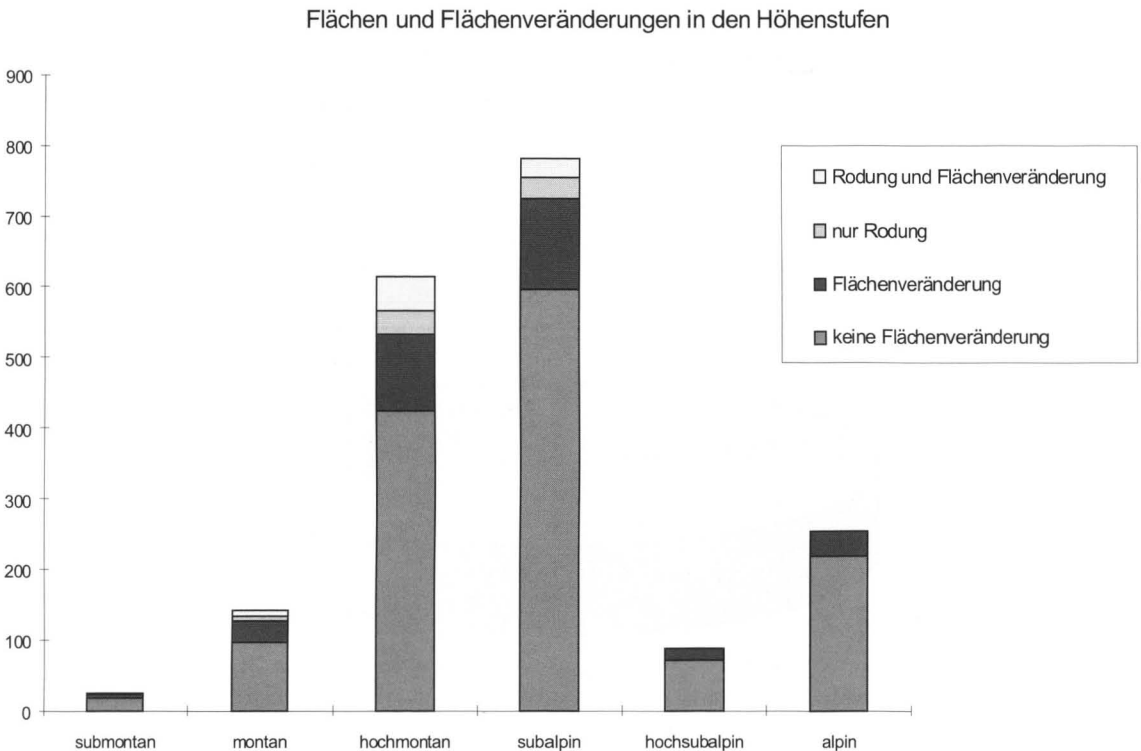
formen der Flächenveränderung sind *Hanganschnitte* (auf 17,9% aller veränderten Flächen), *Drainagegräben* (auf 15,0%) und *Bachverdoblungen* (auf 5,0%). *Offene Gräben* für Steuer- und Energieversorgungskabel der Aufzugsanlagen sind auf ein Skigebiet beschränkt.

Die Verteilung der Flächenveränderungen über die Höhenstufen ist in der Abbildung 3 dargestellt.

Die Höhenverteilung der Flächenveränderungen zeigt, dass diese in der montanen und hochmontanen Zone überdurchschnittlich häufig sind. Insbesondere in der hochmontanen Stufe übertrifft die Rodungsfläche mit 13,4% weit den Durchschnitt.

⁹⁾ Die Entfernung der Wurzelstöcke wurde dabei nicht als Gelände-
veränderung gewertet.

Abbildung 2:



3.2.2 Vegetation

3.2.2.1 Pflanzengesellschaften

Die Verteilung der Vegetationstypen ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Tabelle 3 listet die Vegetationstypen und die darin zusammengefassten, auskartierten Gesellschaften auf.

Unterschiedliche Rasengesellschaften dominieren das Bild der Pistenflächen.

Weiderasen stellen den größten Anteil (Gesamtfläche 713,9 ha). *Kammgrasweidegesellschaften* herrschen vor, ein großer Flächenanteil entfällt dabei auch auf Begrünungsflächen von Pistenplanien (Wirtschaftsgrünland auf Planierungen). In der hochmontanen und subalpinen Stufe werden Kammgrasweiden von Milchkrautweiden abgelöst. Bevorzugte Standorte dieser Gesellschaften sind schwach bis mittel geneigt und weisen eine gute Wasserversorgung auf, d.h. sie sind weder vernässt noch zu trocken. Magere, versauerte Weiden werden von Borstgrasrasen oder Borstgrasgesellschaften ¹⁰⁾ besiedelt.

An zweiter Stelle stehen die alpinen Rasen und verwandte Gesellschaften, insbesondere *Blaugrasrasen* und *Rostseggenhalden*, gefolgt von *alpigenen Kalkmagerweiden*. Überwiegend sind Gesellschaften dieses Typs in der subalpinen bis alpinen Stufe auf basenreichen Gesteinen zu finden, Rostseggenrasen und alpine Kalkmagerweiden sowie von alpinen Arten aufgebaute Magerrasengesellschaften auf veränderten Flächen reichen bis in die hochmontane Stufe. Bevorzugt werden steilere, eher trockene Hangflächen besiedelt.

Mähwiesen, deren Verbreitung in der hochmontanen Stufe endet, erreichen in den tieferen Gebietsabschnitten hohe Flächenanteile. Sie treten bevorzugt auf schwach bis mittel geneigten, N- bis O-exponierten Hängen mit durchschnittlicher Wasserversorgung auf.

10) Die Borstgrasrasen werden in der Aufstellung der Vegetationstypen getrennt aufgelistet, da es sich dabei um geschützte Gesellschaften nach Art. 13d(1) BayNatschG handelt. Borstgrasgesellschaften dagegen sind von Borstgras (*Nardus stricta*) dominierte Weiden von geringem naturschutzfachlichen Wert.

Übergangsmoore, Kleinseggenstümpfe, Streu- und seggen- und binsenreiche Feuchtwiesen sowie verwandte Gesellschaften wie Weiderasen und Staudenfluren auf stark vernässten Standorten sind entsprechend den geologischen Gegebenheiten und dem niederschlagsreichen Klima am Nordalpenrand häufig. Insbesondere in den Gebieten über Flysch, Allgäuschichten, Lias-Fleckenmergel, Kössener- und Raibler-Schichten nehmen diese Gesellschaften auf den schwach bis mittel

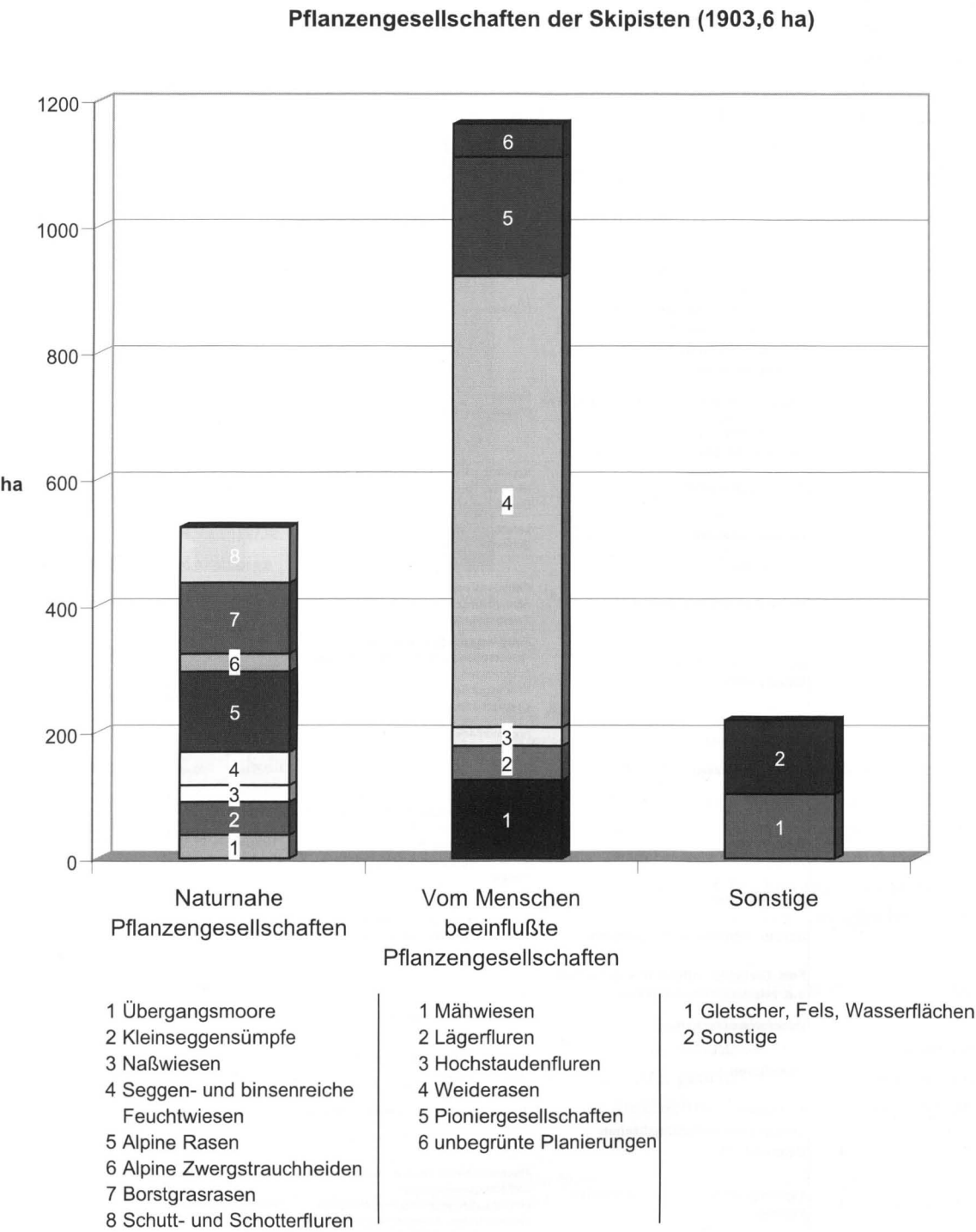
geneigten Hangabschnitten einen hohen Anteil der kartierten Skigebietsfläche ein.

Lägerfluren, Trittfluren und Ruderalgesellschaften bedecken rund 4,2% der kartierten Pistenfläche. Überwiegend handelt es sich dabei um die typischen Lägerfluren der Alm-/Alpweiden. Ruderalgesellschaften im Umfeld von Bauten oder Trittfluren auf und am Rand von Wegen nehmen nur unbedeutende Flächenanteile ein.

Tabelle 3: Aufstellung der zu Vegetationstypen zusammengefassten Vegetationseinheiten.

Vegetationstyp	kartierte Gesellschaften	Fläche	%-Anteil
Gebüsche und Waldflächen		6,2 ha	0,3%
Latschengebüsche		15,6 ha	0,8%
alpine Hochstaudengebüsche	Grünerlengebüsch, Knieweidengebüsch	12,5 ha	0,7%
alpine Hochstaudenfluren		16,7 ha	0,9%
Hochstaudenfluren, Schlagfluren und Saumgesellschaften		29,7 ha	1,6%
Seggen- und binsenreiche Feuchtwiesen	Feucht- und Nasswiesengesellschaften, Großseggenriede	52,7 ha	2,8%
Streuwiesen		7,9 ha	0,4%
Nasswiesen, nasse Staudenfluren		26,4 ha	1,4%
Kleinseggenstümpfe	Kopfwollgrassumpf, Braunseggenmoore, Herzblatt-Braunseggenumpf und Davallseggen-Quellmoore.	51,9 ha	2,7%
Übergangsmoore	Latschen-Filze, Rasenbinsenmoore und Schlenken-Gesellschaften	37,1 ha	1,9%
Quellfluren		0,9 ha	0,0%
alpine Zwergstrauchheiden	Rostalpenrosengebüsch, Schneeheide-Alpenrosengebüsch, andere Zwergstrauchgesellschaften	28,6 ha	1,5%
alpine Rasen und verwandte Gesellschaften	Polsterseggenrasen, Blaugras-Horstseggen-halde, Rostseggenhalden, Lahnerrasen, alpigene Kalkmagerweiden, Magerrasengesellschaften auf veränderten Flächen	126,9 ha	6,7%
Borstgrasrasen	hochmontane und subalpine Borstgrasrasen	112,0 ha	5,9%
Halbtrockenrasen		7,5 ha	0,4%
Mähwiesen		123,8 ha	6,5%
Weiderasen	montane Fettweiden (Kammgrasweiden), Milchkrautweiden, Borstgrasgesellschaften und Wirtschaftsgrünland auf veränderten Flächen	713,9 ha	37,5%
Schneetälchen		13,6 ha	0,7%
Schutt-, Schotter- u. Mergelhalden:	Feinschutthaldegeseellschaft, Alpine Steinschutgesellschaften, Schuttfluren auf veränderten Flächen	88,1 ha	4,6%
Fels, Gletscher, offene Wasserflächen u.a. vegetationsfreie Flächen		102,0 ha	5,4%
Ruderalgesellschaften	Gesellschaft des Guten Heinrich und andere Ruderafluren	12,0 ha	0,6%
Lägerfluren	typische Lägerflur, Alpenkratzdistel-Gesellschaft und Rasenschmielengesellschaft	53,8 ha	2,8%
Trittfluren	Bergspitzgraspfad und andere Trittfluren	13,2 ha	0,7%
unbegrünte Planierungsflächen		52,4 ha	2,8%
Begrünungen		9,7 ha	0,5%
Pioniergesellschaften auf planierten Flächen	Rasenschmielen-Gesellschaften, Feucht- und Nassgesellschaften, Hochstaudengesellschaften, Nitrophile Gesellschaften, Moosflächen, Hufatlich-Pestwurzfluren, Trittfluren	188,6 ha	9,9%
		1903,7 ha	100,0%

Abbildung 3:



Die geschützten Pflanzengesellschaften im Sinne des Art.13d(1) BayNatschG und §20c des BNatSchG werden in der Tabelle 4 aufgeführt:

Diese Gesellschaften nehmen 571,1 ha od. 30% der kartierten Fläche ein. Gesellschaften feuchter und nasser Standorte (*Kleinseggensümpfe*, *Übergangsmoore*, *Feucht- und Streuwiesen*) sind dabei nach Anzahl und Ausdehnung am häufigsten, gefolgt von alpigen Rasen- und Borstgrasrasen.

Unterdurchschnittlich sind schützenswerte Pflanzengesellschaften in und unterhalb der hochmontanen Stufe vertreten. In der hochsubalpinen bis alpinen Stufe liegt ihr Flächenanteil über dem anderer Gesellschaften. Standortlicher Schwerpunkt der Verbreitung sind stark geneigte bis steile, feuchte oder eher trockene SO-S-SW-Hänge.

3.2.2.2 Pioniervegetation baulich veränderter Flächen

Der Deckungsgrad (71%) dieser Vegetation liegt im Durchschnitt 10% – 14% ¹¹⁾ unter dem nicht veränderter oder nur gerodeter Flächen (84%). Mit zuneh-

mender Höhe wird der Abstand zwischen dem auf veränderten und unveränderten Flächen erreichten Deckungsgrad größer.

Auf den baulich veränderten Pistenflächen werden 13 Vegetationstypen unterschieden (s. Abbildung 4). Die Spanne reicht von Pflanzengemeinschaften, die in Artbestand und Struktur den Kammgrasweiden entsprechen (Wirtschaftsgrünland) bis zu fast unbewachsenen Planierungsflächen. In Kalkgebieten haben sich auf Planierungsflächen stellenweise initiale Blaugrasrasen (Magerrasen) entwickelt.

Die Verteilung der Gesellschaften bezüglich Höhenlage, Exposition, Feuchte und Steilheit weisen jeweils signifikante Trends auf. Allerdings sind die statistischen Zusammenhänge zwischen den Faktoren und Gesellschaften schwach. Die stärkste Korrelation herrscht zwischen Feuchte und Vegetationstyp, die schwächste zwischen Steilheit und Vegetationstyp

Mit 139,6 ha kartierter Fläche (= 34% der veränderten Fläche) ist das *Wirtschaftsgrünland* der häufigste Typ.

Tabelle 4: Flächen der nach BayNatSchG Art. 13d(1) und BNatSchG §20c geschützten Pflanzengesellschaften

Gesellschaften	13d(1)/20c
Alpine Rasen u. verwandte Ges. (13d(1))	126,9 ha
Borstgrasrasen (13d(1))	112,0 ha
Schutt-, Schotter-, Mergelhalden (13d(1))	88,1 ha
Seggen- u. binsenreiche Feuchtwiesen (13d(1))	52,7 ha
Kleinseggensümpfe (13d(1))	51,9 ha
Übergangsmoore (13d(1))	37,1 ha
Alpine Zwergstrauchheiden (13d(1))	28,6 ha
Alpine Hochstaudenfluren (20c)	16,7 ha
Latschengebüsch (20c)	15,6 ha
Schneetälchen (20c)	13,6 ha
Alpine Hochstaudengebüsche (20c)	12,5 ha
Streuwiesen (13d(1))	7,9 ha
Halbtrockenrasen (13d(1))	7,5 ha
	571,1 ha

11) Signifikanter Mittelwertsunterschied mit p<0,01.

Überdurchschnittlich häufig ist er bis zur hochmontanen Stufe verbreitet, darüber tritt er jedoch deutlich zurück. Bevorzugte Standorte sind mittel bis stark geneigte NO- bis SO-exponierte Hänge und durchschnittliche Wasserversorgung.

Pionierrasen nehmen eine Fläche von 94,6 ha (= 23%) ein. Sie sind bevorzugt auf steinigem, feinerdearmen und eher trockenen Standorten zu finden. Dieser Vegetationstyp wird mit zunehmender Höhenlage häufiger (signifikant überproportional repräsentiert in der subalpinen und hochsubalpinen Stufe). In Kalkgebieten haben sich diese Pionierrasen durch das Einwandern von Blaugrassrasen-Arten zu alpinen Magerrasen (7,8 ha) entwickelt.

Nicht oder nur gering bewachsene veränderte Flächen sind in tieferen Lagen auf ausgebaute Skiwege und neu

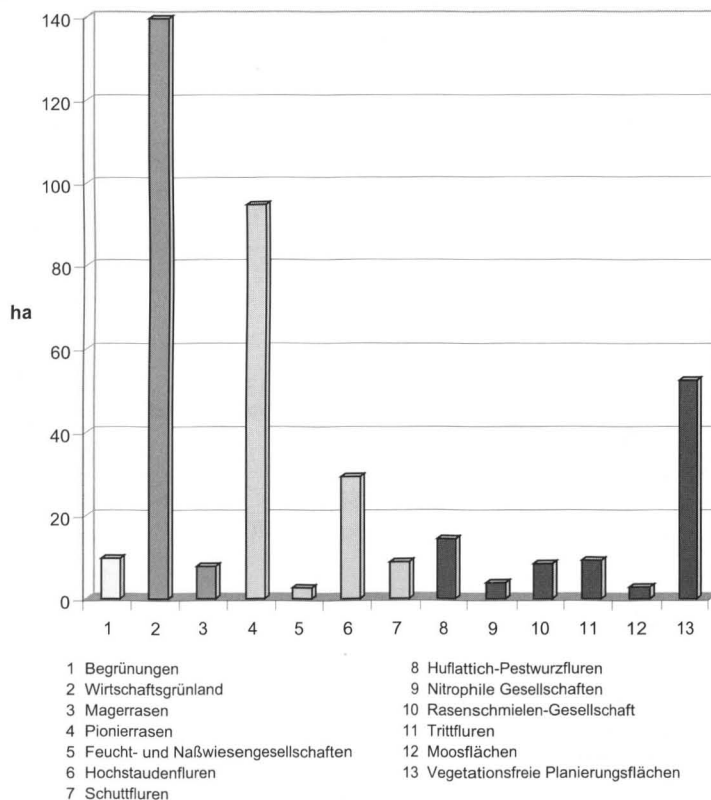
angelegte Abfahrtsflächen beschränkt. In der hochsubalpinen und alpinen Stufe sind auch ältere veränderte Flächen ohne oder mit nur geringem Bewuchs. Teilweise sind *Kalkschuttbesiedler* in diese Flächen eingewandert. Auf 8,8 ha haben sich *Kalkschuttgesellschaften* gebildet.

Vegetationstypen tiefgründigerer, nährstoffreicherer und/oder nasser Standorte, wie *Rasenschmielengesellschaften*, *Hochstaudengesellschaften*, *Gesellschaften mit dominierenden Feuchtezeigern* sind auf 63,7 ha (15,7%) veränderter Fläche entwickelt.

*Huflattich-Pestwurzfluren*¹²⁾ und *Moosflächen* charakterisieren die besonders belasteten Pistenabschnitte. Sie nehmen 14,3 ha (= 3,5%) bzw. 2,8 ha (= 0,7%) und damit nur einen geringen Teil der veränderten Pistenflächen ein.

Abbildung 4:

Pflanzengesellschaften auf baulich veränderten Flächen (406,9 ha)



12) Dominierende Arten dieser Gesellschaft sind die Schnee-Pestwurz oder der Huflattich, die ansonsten charakteristisch für Mergelrutsche u.ä. Standorte sind. Sie besiedeln häufig Schadstellen. Moosflächen treten insbesondere in Walddurchfahrten auf kalkarmen, sauren Standorten auf.

3.2.3 Belastungen und Schäden

3.2.3.1 Nutzungsschäden

Pistenbetrieb (Skifahrer und Pistenpflegemaßnahmen), Wanderbetrieb sowie die Beweidung können unter Umständen Schäden an Pflanzendecke und Boden verursachen (BUNZA et al. 1996, DIETMANN, KOHLER, LEICHT 1993, PRÖBSTL 1990, RINGLER 1983).

Nutzungsschäden durch den Skibetrieb

830 (= 12,5%) Flächen weisen *Schäden an Grasnarbe und Humusdecke* auf, die vom Skibetrieb verursacht wurden. 504 dieser Schäden wurden als geringfügig (Schadensintensität 1 und 2), 174 (2,6%) als mittel und 152 (2,3 %) als schwerwiegend (Intensität 4 und 5) eingestuft. Auf weiteren 113 Flächen wurden *Fahrspuren durch Pistenraupen* registriert.

Eine Schadenshäufung ist auf steileren Hängen, insbesondere auf konvexen Reliefformen in der subalpinen Stufe zu beobachten.

Schützenswerte Pflanzengesellschaften, insbesondere alpine Zwergstrauchgesellschaften, Borstgrasrasen und Übergangsmoorgesellschaften, sind signifikant häufiger durch Schäden belastet, als andere Gesellschaften. Dies gilt sowohl für geringfügige als auch für schwerwiegende Schäden.

Schäden an Zwergsträuchern (v.a. Alpenrose) und Gehölzen (Latsche oder Grünerle) sind auf wenige Vegetationstypen (alp. Zwergstrauchheiden, Latschengebüsche und Komplexe von alpinen Rasen und Latschen- bzw. Grünerlengebüschen sowie alpine Hochstaudengebüschen) konzentriert. Die absolute Anzahl dieser Schadflächen ist gering. Schäden an Zwergsträuchern treten auf insgesamt 101 Flächen (davon 20 Schäden mittlerer und 12 hoher Intensität), Schäden an Gehölzen auf 149 Flächen (davon auf 23 mittlerer und 18 hoher Intensität) auf. Allerdings weisen 38% der kartierten alpinen Zwergstrauchheiden, 35% der Latschengebüsche und 20% der alpinen Hochstaudengebüsche Schäden auf.

Nutzungsschäden durch den Sommerbetrieb

Trittschäden durch Wanderer sind auf 83 Flächen registriert worden, wobei jeweils 15 von mittlerer und

hoher Intensität waren. Auf weiteren 98 Flächen ¹³⁾ wurden erodierende Wanderwegabschnitte gefunden.

Die Schäden liegen dabei überwiegend in Weiderasen auf steilen Hängen in der subalpinen Stufe. Der geologische Untergrund bzw. die vorhandenen Bodentypen sind ausschlaggebend (BUNZA et al. 1996), wie die Verteilung dieses Schadenstyps in den Skigebieten zeigt.

Fahrspuren von Mountain-Bikes traten nur auf 10 Flächen auf.

Trittschäden durch Weidevieh

Der häufigste Schadenstyp überhaupt ist der vom *Weidevieh verursachte Trittschaden*. Insgesamt wurden auf 1258 Flächen (19%) Schäden dieses Typs festgestellt. Dabei wurden 804 Flächen (12,1% der Gesamtfläche) als geringfügig (Schadensstufen 1 und 2), 261 (3,9%) als mittel (Schadensstufe 3) und 193 (2,9%) als schwerwiegend (Schadensstufe 4 und 5) geschädigt eingestuft.

Diese Schäden häufen sich auf den steileren Hängen der subalpinen Stufe und belasten überproportional häufig Weiderasen, Borstgrasrasen, Kleinseggen Sümpfe, seggen- und binsenreiche Feuchtwiesen. Mittlere und schwere Schäden liegen dabei signifikant häufiger in Flächen mit geschützten Pflanzengesellschaften, geringfügige sind dagegen überdurchschnittlich in den nicht geschützten Gesellschaften zu finden.

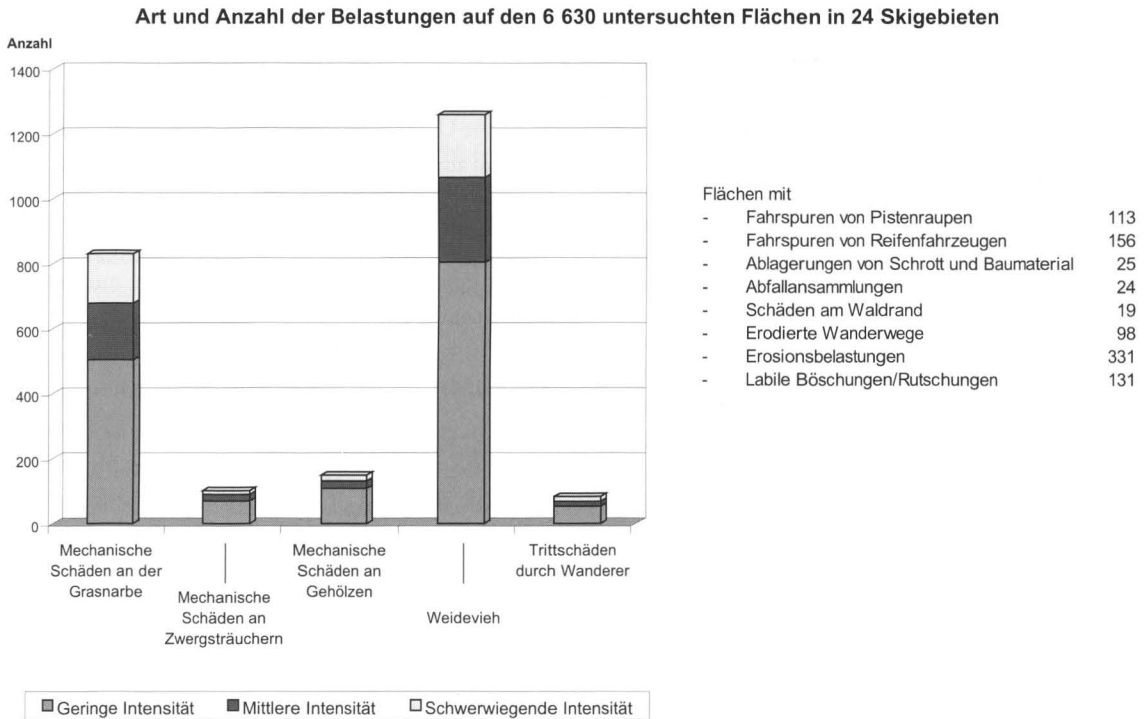
Sonstige Belastungen

Im Zuge von Bau- oder Instandhaltungsmaßnahmen oder bei der Bewirtschaftung der Flächen sind auf insgesamt 156 Flächen *Fahrspuren von Reifenfahrzeugen* entstanden.

Schäden am Waldrand betreffen nur eine geringe Anzahl der Rodungsflächen. Es wurden nur 19 Flächen angetroffen, bei denen ein Zusammenhang zwischen Rodung und/oder Baumaßnahme bei der Erstellung der Abfahrt und geschädigten Bäumen (zumeist Fichte) zu erkennen war.

¹³⁾ Dieser Schadenstyp wurde in der Pilotphase nicht erfasst. Im Gegensatz zu den anderen Schadenstypen wurden hier nur 20 Gebiete berücksichtigt.

Abbildung 5:



Müll- und Schrottablagerungen wurden auf 49 Flächen (Müll auf 24, Schrott auf 25 Flächen) gefunden. In ungefähr der Hälfte aller untersuchten Skigebiete wurden keine entsprechenden Belastungen festgestellt.

3.2.3.2 Erosionsschäden

Ausschlaggebend für die Erosionsgefährdung eines Gebietes (BUNZA et al. 1996) sind Bodenfaktoren, die in engem Zusammenhang mit der Geologie des Gebietes stehen. Mit Ausnahme von Schneeschurfschäden und labilen Hanganschnitten treten Erosionsschäden (einschließlich erodierter Wanderwege) überwiegend in Gebieten über tonig-mergelig schluffigen Fest- und Lockergesteinen (Flysch, Lias-Fleckenmergel, Kössener Schichten, Raibler Schichten) auf.

Flächenhafte oder lineare Erosion, verursacht durch Oberflächenabfluss, ist die häufigste Erosionsform. So wurden auf 82 Flächen *Flächenspülung*, auf 88 Flächen *Rinnen-* und auf 92 Flächen *Grabenerosion* festgestellt. Baulich veränderte Flächen sind signifikant häufiger

betroffen als unveränderte Flächen. Besonders gefährdet sind steilere Flächen der subalpinen Stufe.

Insgesamt wurden 72 *Rutschungen* kartiert, wobei veränderte und unveränderte Flächen in ungefähr gleicher Weise betroffen sind. Die Rutschflächen liegen häufig auf stark geneigten bis steilen, eher feuchten Hangabschnitten.

Akkumulationen von erodiertem Material wurden auf 69 Flächen gefunden. Es handelt sich dabei entweder um den Rutschkörper jüngerer Rutschungen oder um größere Mengen abgelagerten Erosionsmaterials (auch ausgespülten Kies der Fahrwege).

Labile Hanganschnitte treten ausschließlich im Zusammenhang mit Baumaßnahmen beim Wegebau, beim Bau der Infrastruktureinrichtungen und bei der Anlage von Abfahrten und Liftrassen auf. Die überwiegende Anzahl, nämlich 47 von insgesamt 59 labilen Böschungsabschnitten liegt im Randbereich von Liftrassen und Abfahrten.

Zugrisse (auf 7 Flächen) und *Schneesurf* (auf 11 Flächen) sind selten auftretende Erosionsformen.

Tabelle 5: Verteilung der Erosionsschäden

Erosions- schäden	Geländeeingriff			
	keiner	Flächen- veränderung	Rodung und Flächen-	Rodung
Materialakkumulation	37	20	9	6
Schneeschurf	11	0	0	0
Flächenspülung	31	38	10	3
Grabenerosion	39	39	10	4
Rinnenerosion	21	53	11	3
Labile Böschung	12	37	10	0
Rutschung	39	27	6	0
Zugriß	5	2	0	0
Summe Erosionsschäden	195	216	56	16

3.3 Empfehlungen

Im Laufe der Untersuchungen wurde ein Katalog an Empfehlungen erarbeitet (siehe auch DIETMANN, KOHLER, LEICHT 1993). Eine Analyse der in den 24 Skigebieten ausgesprochenen Empfehlungen ergibt folgendes Bild:

Die am häufigsten ausgesprochenen Empfehlungen betreffen die **Pflege- bzw. Unterhaltsmaßnahmen insbesondere der veränderten Pistenflächen**: Für 391 Flächen wurde die Empfehlung *begrünen bzw. Begrünung pflegen*, für 143 Flächen die Empfehlung *Erosionsfläche sanieren* ausgesprochen. Weitere Empfehlungen sind *Fläche mähen* (40 Nennungen), *Böschung ingenieurtechnisch befestigen* (29 Nennungen) oder *Böschung bepflanzen* (74 Nennungen).

Die Empfehlung *Drainage verbessern* (98 Nennungen) bezieht sich ausschließlich auf baulich veränderte Flächen, in denen das natürliche Entwässerungsnetz stark gestört ist oder Bodenverdichtung und Staunässe auftritt, die die Begrünung erschwert oder erhöhten Oberflächenabfluss verursacht. In der Folge führt insbesondere nach Starkniederschlägen oder zur Schneeschmelze ein hoher Anteil an oberflächlich abfließendem Wasser zu Erosionsproblemen (s. Tabelle 6).

Dies bestätigt, dass veränderte Flächen zu den instabilsten und betreuungsintensivsten Flächen innerhalb eines Skigebietes zählen.

Wanderweg sanieren taucht mit 125 Nennungen, *Wanderweg verlegen* (bei ungünstiger Linienführung oder Konflikten mit der Skipiste) mit 24 Nennungen auf. Beide weisen auf den **Problembereich sommerliche Nutzung** hin.

Mit Gehölzen bepflanzen (36 Nennungen) bzw. *Gebäude in Umgebung einbinden* (5 Nennungen) fällt mit in die Kategorie landschaftsgerecht gestalten (34 Nennungen). Folgende **Maßnahmen dienen zur Minderung der nutzungsbedingten Schäden auf Pisten**. Bei *geringer Schneehöhe sperren*, *kleinräumiges Pistenmanagement bei geringer Schneebedeckung* wurde für 148 Flächen empfohlen. Bei der Empfehlung *Fläche für den Pistenbetrieb sperren* (80 Nennungen) handelt es sich um meist kleine Teilflächen, vorwiegend an exponierten und daher schneearmen bzw. früh ausapernden Stellen innerhalb des Pistensystems.

Die Empfehlung *Einschränkung des Pistenbetriebs in Teilbereichen* ¹⁴⁾, die 23 mal genannt wird, betrifft

14) Ein Teil der bisher genutzten Pistenfläche soll aus dem Pistenbetrieb genommen werden.

prinzipiell die durch andere Nutzungsformen wie z.B. Alm/Alpwirtschaft stark belastete oder aus der Sicht des Naturschutzes besonders wertvolle Flächen. Diese sind in der Regel für den Skibetrieb ungeeignet und innerhalb des Pistensystems verzichtbar.

Die Empfehlung *Variantenabfahrt sperren* (21 Nennungen) dient dem Schutz sowohl empfindlicher „Inselflächen“ (Wildtierhabitate, Flächen mit Gehölzwuchs) innerhalb des Pistensystems als auch der Variantenabfahrten am Rande der Pisten. Die Empfehlungen *Informationstafeln aufstellen* (75 Nennungen) und *Skifahrer/Besucherlenkung* (8 Nennungen) verdeutlichen, daß der Bereich Information/Besucherlenkung in vielen Skigebieten verbesserungsbedürftig ist.

Auf die häufig auftretende **Mehrfachbelastung** der Pistenflächen **durch Wintersport und alm- bzw. alpwirtschaftliche Nutzung** weisen die Empfehlungen Einstellung bzw. Verringerung der Beweidung (mit

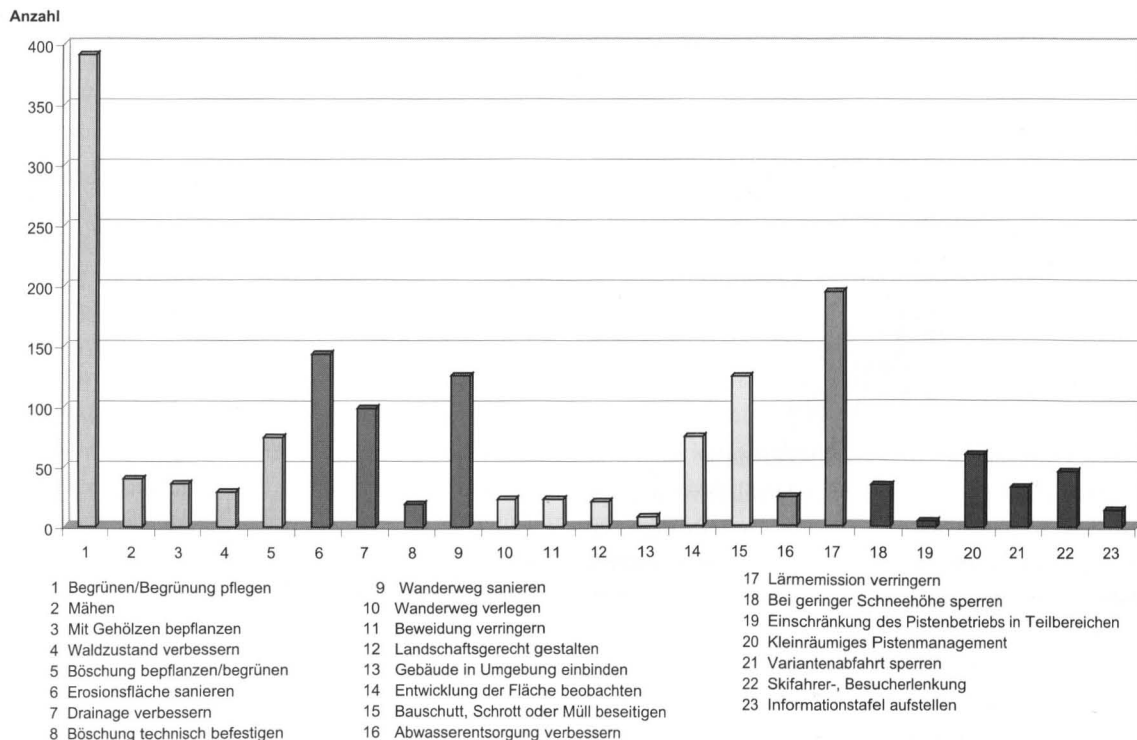
195 die zweithäufigste Nennung überhaupt) und *gezielte Beweidung bei geeigneten Bedingungen* (10 Nennungen) hin. Letztere betrifft besonders empfindliche, ökologisch hochwertige Flächen, die meist aufgrund der starken Hangneigung oder der hohen Feuchtigkeit nur bei trockenen Bedingungen beweidet werden sollen, um eine Schädigung durch Viehtritt zu vermeiden.

Die Empfehlung *Lärmemission verringern* (14 Nennungen) bezieht sich in der Regel auf den übertriebenen Betrieb von Musikgeräten, in Einzelfällen auf störende Motorgeräusche der Aufzugsanlagen.

Die Empfehlung *Entwicklung der Fläche beobachten* (60 Nennungen) wird zum einen für Flächen ausgesprochen, in denen Erosionsansätze erkennbar, aber noch nicht gravierend entwickelt sind, zum anderen für Flächen, in denen die Entwicklung der Pflanzendecke beobachtet werden soll. Prinzipiell handelt es

Abbildung 6:

Empfehlungen Maßnahmenkatalog zur Verbesserung der ökologischen Situation in den Skigebieten



sich um Flächen innerhalb des Pistensystems, auf denen Probleme zu erwarten sind und deren Entwicklung in den nächsten Jahren Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

Ähnliche Empfehlungen wurden auch für **größere Bereiche (veränderte Darstellung in der Karte)** ausgesprochen:

- Variantenabfahrten in diesem Bereich sperren (45 Nennungen),
- Skifahrer-/Besucherlenkung in diesem Bereich (20 Nennungen),
- Waldbestand in diesem Bereich verbessern (5 Nennungen),
- keine Befahrung mit Pistenraupen in diesem Bereich (12 Nennungen),
- kleinräumiges Pistenmanagement bei geringer Schneebedeckung (23 Nennungen),
- gezielte Beweidung bei geeigneten Bedingungen in diesem Bereich (10 Nennungen).

4 Analyse und Diskussion

4.1 Einleitung

Anhand der dargelegten Ergebnisse können typische Belastungsmuster und Konfliktfelder aufgezeigt werden, die Hinweise zur Stabilisierung der ökologischen Situation in den Skigebieten und zum umweltverträglichen Betrieb eines Skigebiets geben. Wie das breite, individuelle Spektrum der Verhältnisse in den bisher untersuchten Skigebieten zeigt, kann eine Übertragung dieser Ergebnisse auf andere Gebiete nur bedingt geschehen. Der individuellen Ausprägung jedes einzelnen Skigebiets muß Rechnung getragen werden.

4.2 Typische Konflikt- und Belastungsmuster

4.2.1 Flächenveränderungen/Baumaßnahmen

Flächenveränderungen sind, bei entsprechenden geologischen Gegebenheiten, die wesentliche Ursache von Abtragungsvorgängen. Insbesondere ausgedehnte Planierungsflächen in tonig-schluffigen Substraten

Tabelle 6: Verteilung der Empfehlungen für veränderte und nicht veränderte Flächen

Empfehlung	keine	Flächen- veränderung	Rodung und Flächen- veränderung	Rodung	Summe Empfehlungen
Begrünen bzw. Begrünung pflegen	35 9%	294 75%	55 14%	7 2%	391 100%
Mähen	9 23%	7 18%	17 43%	7 18%	40 100%
Drainage verbessern	19 19%	50 51%	27 28%	2 2%	98 100%
Erosionsfläche sanieren	54 38%	65 45%	18 13%	6 4%	143 100%
Pistenzustand verbessern	1 20%	2 40%	2 40%	0 0%	5 100%
Böschung technisch befestigen	3 10%	24 83%	2 7%	0 0%	29 100%
Böschung bepflanzen oder begrünen	12 16%	49 66%	12 16%	1 1%	74 100%
Mit Gehölzen bepflanzen	17 47%	16 44%	2 6%	1 3%	36 100%
Wanderweg verlegen	9 38%	13 54%	2 8%	0 0%	24 100%
Wanderweg sanieren	70 56%	45 36%	7 6%	3 2%	125 100%
Beweidung verringern oder einstellen	101 52%	51 26%	37 19%	6 3%	195 100%
Entwicklung der Fläche beobachten	44 73%	10 17%	6 10%	0 0%	60 100%
Landschaftsgerecht gestalten	11 32%	20 59%	2 6%	1 3%	34 100%
Anzahl	385 31%	646 52%	189 15%	34 3%	1254 100%

weisen einen hohen Oberflächenabfluss auf. Diese Standorte sind auch anfällig für Linearerosion und Rutschungen. Falsch angelegte Drainagegräben und übersteilte Hanganschnitte verschärfen zusätzlich die Erosionsprobleme.

Diese Erosionsschäden auf Planierungen stellen aber nur lokale Belastungen, keine großräumige Gefährdung der Landschaft, dar.

Geländeveränderungen verursachen Biotopverluste. Bis ungefähr in Höhenlagen von 1.500 bis 1.700 m NN wird bei Wiederbegrünung in der Regel ein befriedigender bis guter Dichtschluss der Vegetation erreicht. Auf den dicht begrüneten Planierungsflächen überwiegen Wirtschaftsgrünlandgesellschaften mit „trivialen“ Arten und Hochstaudenfluren. Beide Gesellschaften weisen nur einen geringen Biotopwert auf. Aus naturschutzfachlicher Sicht hochwertige Arten besiedeln bevorzugt Begrünungen, bei denen das Ziel eines optimalen Dichtschlusses nicht erreicht wurde, d.h. Flächen, die im Rahmen der Skipistenuntersuchung als Pionierrasen, Moosgesellschaft oder günstigstenfalls Kalkmagerrasen kartiert wurden. So haben sich in Kalkgebieten (alpigene) Kalkmagerrasen-Arten angesiedelt, in Flyschgebieten mit sauren Substraten initiale hochmontane Borstgrasrasen (KOHLER 1998).

Der Verlust hochwertiger Biotopflächen durch Pistenbau ist in Gebieten mit größeren Flächenanteilen an Kleinseggenrieden und Übergangsmooren am auffälligsten. Moosgesellschaften regenerieren sich nach einem Eingriff innerhalb der bisherigen Betriebszeiträume nicht. Ehemalige Moorstandorte werden mit Gesellschaften der Nass- und Feuchtwiesen besiedelt.

4.2.2 Skibetrieb

Der Skibetrieb führt in den meisten Gebieten zu charakteristischen Vegetations- und Bodenschäden. Schadenshäufungen liegen insbesondere an Hangkanten, auf Kuppen (Abschwingstellen), in stark reliefiertem Gelände, an Sonnhängen, aber auch an Waldrändern und anderen Flächen, auf denen die Schneeablagerung durch die lokalen Windverhältnisse gering ist, vor. Schäden entstehen auch in den Randbereichen der

Abfahrten durch das Sammeln von Schnee mit Pistenraupen.

Diese Nutzungsschäden bilden lokale Störungen der betroffenen Gesellschaften, ohne dass größere Erosionsgefährdung besteht, auch wenn lokal Rinnenerosion und Flächenspülung auftreten. Die Schäden verändern aber den Artbestand und die Struktur insbesondere der überdurchschnittlich häufig betroffenen schützenswerten Pflanzengesellschaften. Stellenweise können eine Degradierung und damit ein Biotopverlust beobachtet werden ¹⁵⁾.

Inwieweit die mit der Pistenpräparation verbundene verzögerte Ausaperung und der Sauerstoffmangel unter einer verdichteten Schneedecke zu erheblichen Veränderungen von Pflanzengesellschaften führt, kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht abgeklärt werden. Neuere Untersuchungen im Zusammenhang mit der hier vorgestellten Skipistenuntersuchung zeigen, dass einzelne Arten tendenziell gefördert werden, schwerwiegende Verschiebungen im Artbestand aber nicht zu beobachten sind (KOHLER 1998).

4.2.3 Sommertourismus

Der Sommertourismus verursacht Schäden im Wesentlichen durch die Erosion auf Wanderwegen, die vom Bodentyp, der Trassenführung und der Nutzungsfrequenz abhängig ist. Solche erodierten Wanderwege zeigen durch die Anlage von Parallelwegen eine deutliche Tendenz zur flächenmäßigen Ausweitung und stellen so eine erhebliche Gefährdung der Flächen und des Umfelds dar.

An Rastplätzen, Aussichtspunkten sowie auf den Startplätzen der Drachen- und Gleitschirmflieger entstehen Trittfluren. Nicht selten sind hochwertige Gratfluren betroffen.

4.2.4 Weidewirtschaft

Die traditionelle Beweidung des Berglands prägt die Vegetation in einer für den Ski- und Wandertourismus durchaus positiven Weise, indem der Wald zugunsten von Grasland zurückgedrängt wird. Gleichzeitig ent-

¹⁵⁾ Auffällig ist dies bei Latschen- und Alpenrosengebüschen, die aus dem Pistenbereich verdrängt werden. Allerdings wird dieser Prozeß durch Pflegemaßnahmen (Schwendung) unterstützt.

stehen aber auch Schäden durch den Weidegang. Diese Trittschäden können an Steilhängen, bei hohen Belastungszahlen und bei feuchter Witterung gravierenden Umfang annehmen und zu flächenhaftem Bodenabtrag führen. Aber auch durch selektiven Verbiss bevorzugter Futterpflanzen, durch Aushagerung der Weiden und Konzentrierung der Nährstoffe auf den Viehlägern verändert das Weidevieh die Pflanzendecke der Alm-/Alpflächen nachteilig. In vielen Skigebieten ist dieser Einfluss auf die Vegetation mindestens so groß, wie der des Winter- und Sommertourismus. Überlagerungen der Einflüsse der Nutzungen „Weide“/„Skiabfahrt“ sind vermutlich vorhanden, können im Rahmen dieser Untersuchung aber nicht bewertet werden.

4.2.5 Landschaftsbild

Die technischen Einrichtungen und baulich veränderte Abfahrten und Lifttrassen bilden oft einen unvorteilhaften Kontrast zum traditionellen Landschaftsbild des alpinen Kultur- und Naturraums. Besonders störend sind weithin sichtbare Gebäude in Gipfel- und Gratnähe, architektonisch uneinheitliche Gebäudeagglomerationen und große ungegliederte Parkplatzflächen. Auch größere Planierungsflächen, insbesondere über der Waldgrenze, bilden einen unerwünschten starken Kontrast zu ihrer Umgebung.

4.2.6 Lärmemissionen

Lärmemissionen in Skigebieten sind zum einen betriebsbedingt (Motoren der Aufzugsanlagen, der Pistenraupen, ggf. der Beschneiungsanlagen), zum anderen werden sie von Musikgeräten, Lautsprecherdurchsagen und Besuchern verursacht. Zunehmend entstehen Geräuschbelastungen auch durch nicht direkt mit dem Skisport verbundene Veranstaltungen wie Konzerte etc.

Zusammenfassend ergeben sich eine Reihe von übertragbaren Ergebnissen:

- Flächen mit Veränderungen durch den Pistenbau (Planierungen, Aufschüttungen) sind **deutlich instabiler** als unveränderte Flächen (z.B. Häufung von Erosionsschäden). Sie erfordern **überproportional viel Pflege- und Unterhaltsmaßnahmen** (Begrünen, Begrünung pflegen, Erosionsflächen sanieren usw.) und sind als betreuungs- und damit kostenintensiv zu betrachten.
- Die Pflanzengesellschaften **baulich veränderter Flächen** weisen, von Ausnahmen abgesehen, einen geringeren Biotopwert als die **unveränderter Flächen** auf.
- Bei entsprechender Pflege, ausreichender Sorgfalt beim Bau (getrenntes Auftragen von Unterboden und Humusaufgabe, ausreichende Drainage) und bei günstigen Standortbedingungen (Hangneigung, Exposition) können sich bis in die subalpine Stufe **geschlossene Begrünungen** entwickeln.
- Prinzipiell vermeidbare Schäden durch die **Nutzung bei ungenügender Schneebedeckung** treten in allen Gebieten auf. Zwergstrauch- und Krummholzgesellschaften sowie Buckelwiesen im Pistenbereich sind generell durch mechanische Beschädigungen besonders belastet.
- Die Beeinträchtigungen und Schäden, die beim **Pistenbau** oder der Erstellung der Aufzugsanlagen entstanden sind, überwiegen in der Regel die **Nutzungsschäden** durch den Skisport (mechanische Schäden an Boden- und Pflanzendecke usw.).
- Die durch die **Weidewirtschaft verursachten Schäden**, sowohl Trittschäden als auch Eutrophierungen, erreichen z.T. Ausmaße, die die nutzungsbedingten Schäden durch den Skibetrieb übertreffen.
- Das **Wanderwegenetz**, das in nahezu allen Skigebieten sehr stark beansprucht ist, ist oftmals in einem unbefriedigenden Zustand (Wegabschneider, keine klare Linienführung, fehlende Beschilderung). Da von den Wanderwegen, die oft über die Pistenflächen verlaufen, eine erhebliche Erosionsgefahr ausgehen kann, sollte der Sanierung der Wanderwege verstärktes Augenmerk geschenkt werden.
- Die häufig anzutreffende **Mehrfachnutzung** der Pistenflächen führt zu einer starken Belastung. Diese Flächen sind bevorzugte Ansatzpunkte für Erosionsschäden.
- Die **Abwasserentsorgung** der Infrastruktureinrichtungen (Aufzugsanlagen, Hotel- und Gast-

stättenbetriebe) ist insbesondere in kleineren Skigebieten noch unbefriedigend gelöst. Das Problem Abfall (im Pistenbereich) spielt dagegen als Belastung der Skigebiete nur eine geringe Rolle.

- **Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes** durch Infrastruktureinrichtungen oder großflächige Parkplätze treten in fast allen Skigebieten auf. Diese sollten bei Umbaumaßnahmen im Rahmen von Modernisierungen oder durch verbesserte Bepflanzung besser ins Landschaftsbild integriert werden.
- **Bei der Steuerung des Besucherverkehrs** im Gelände (Winter und Sommer) zeigt sich in vielen Skigebieten ein erhebliches Defizit. Die Möglichkeiten einer besseren Information der Besucher im Umfeld der Aufzugsanlagen (z.B. über Hinweistafeln o.ä.) sollten kombiniert werden mit einer effektiveren Errichtung von Absperrungen im Pistenbereich (z.B. zur Verhinderung von Variantenabfahrten).

5 Zielkonzept „umweltverträgliches Skigebiet“

Ein Zielkonzept für ein umweltverträgliches Skigebiet muß sich orientieren an der Tatsache, daß

- Skigebiete im von Natur aus landschaftlich sensiblen alpinen Bereich liegen,
- in vielen Fällen aus der Sicht von Arten- und Biotopschutz einmalige, hochwertige Biotoptypen betroffen sind,
- der Pisten- und Anlagenbau in der Regel nur aufgrund von Sondergenehmigungen erfolgen konnte.

Daraus folgt, dass in Skigebieten ein besonders sensibler Umgang mit

- dem Landschaftsbild,
- den Pflanzen- und Tiergemeinschaften,
- den Lebensräumen gefährdeter Wildtierarten,
- dem Bergwald,
- dem Wasserhaushalt usw.

erforderlich ist.

Das vorrangige Ziel muß sein:

- eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen zu gewährleisten,

- Belastungen möglichst zu minimieren,
- vorhandene Schäden zu beheben,
- hinsichtlich der Emissionen einen möglichst verträglichen Betrieb des Gebietes anzustreben,
- die Steuerungsmöglichkeiten des Besucherverkehrs zu intensivieren.

Im ökologisch hochwertigen, sensiblen Alpenraum haben sich die Raumansprüche der sportlichen Aktivitäten den landschaftlichen Gegebenheiten unterzuordnen.

Aus diesem Grund sollten folgende Hinweise zur Reduzierung von Umweltbelastungen in Skigebieten beachtet werden.

Themenkomplex Pistenbaumaßnahmen

- Geländeänderungen sollen – wenn überhaupt notwendig – grundsätzlich nur in Höhenstufen erfolgen, in denen ausreichende klimatische und standörtliche Voraussetzungen gegeben sind, die eine Begrünung innerhalb kurzer Zeit garantieren (in der Regel unterhalb von 1.400 - 1.600 m NN). Oberhalb 1.800 m NN sollen keine großflächigen Vollplanien durchgeführt werden.
- Keine großflächige Erschließung von Gelände mit hoher Oberflächenrauigkeit.
- Möglichst keine Planierungen in hangwasserführendem Gelände.
- Keine Geländeänderungen in rutschgefährdetem Gelände.
- Ordnungsgemäße Rekultivierung von Geländeingriffen (Begrünung, Drainage) und Pflege der Flächen.
- Bei allen Baumaßnahmen, z.B. auch bei der Einrichtung von Beschneiungsanlagen, ist mit großer Sorgfalt vorzugehen.

Themenkomplex Winterbetrieb

- Skibetrieb und Einsatz von Pistenraupen grundsätzlich nur bei genügender Schneebedeckung, um eine mechanische Belastung und Schädigung der Boden- und Pflanzendecke zu vermeiden.

- Kleinräumiges Pistenmanagement und Teilsperren frühzeitig ausapernder Pistenflächen.
- Steuerung des Variantenbetriebs abseits der präparierten Pisten.
- Gezielte Schulung der Pistenraupenfahrer und Markierung von empfindlichen Flächen (z.B. Flächen mit Zwergstrauchheiden und Latschengebüsch), die nicht mit der Pistenraupe befahren werden sollen.
- Vermeidung des „Schneesammelns“ außerhalb der Piste.

Themenkomplex Pistenpflege Sommer

- Wiederbegrünung größerer Schadflächen mit standortgerechtem, heimischem Saatgut.
- Jährliche Sanierung von Erosionsschäden in der Piste.
- Verzicht auf Düngung (Ausnahme: nach Begrünung und Einsaat frisch umgestalteter Flächen) natürlich „magerer“ Standorte.
- Möglichst extensive Pflege der Pistenflächen (Mahd oder Mulchen).

- Vermeidung einer Überweidung der Pistenflächen.
- Trennung von Wanderwegen und baulich veränderten Pistenflächen.
- „Kleinräumige“ Lösungsvorschläge zur Schonung besonders belasteter Flächen.

Themenkomplex Steuerung des Besucherverkehrs

- Information der Besucher verbessern und sie für Probleme sensibilisieren.
- Lenkungs- und ggf. Absperrmaßnahmen verbessern.

Themenkomplex Modernisierungsmaßnahmen

- Verbesserte Einbindung bestehender und erneuerter Infrastruktur in die Umgebung.
- Möglicherweise Rückbau ehemaliger Geländeänderungen (z.B. bei der in der Regel erfolgenden Umstellung von Schlepliftbetrieb auf Sesselbahnen).

7 Literatur

- ANL-AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (1994): Leitbilder-Umweltqualitätsziele-Umweltstandards = Laufener Seminarbeiträge 4/94, Laufen.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, (1991-1996): Skipistenuntersuchung Bayern. Landschaftsökologische Untersuchungen in den größeren bayerischen Skigebieten. Gebietsordner mit Gutachten von 24 Skigebieten aus den Landkreisen Oberallgäu, Garmisch-Partenkirchen, Bad Tölz-Wolfratshausen, Miesbach und Traunstein. München.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1992): Aufstiegshilfen und Skigebiete im bayerischen Alpenraum – Übersichtserhebung. Unveröff. Schlussbericht und Karten, München.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (1997): Landschaftsökologische Untersuchungen in den bayerischen Skigebieten – Skipistenuntersuchung – Zwischenauswertung nach 24 Skigebieten. Reihe Materialien zur Umwelt und Entwicklung in Bayern, Band 130, München.
- BUNZA, G. et al. (1996): Abfluß- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten. Schriftenr. d. Bayer. Landesamtes f. Wasserwirtschaft, H.27; 90 S.; München.
- CIPRA INTERNATIONALE ALPENSCHUTZKOMMISSION (Hrsg.) (1998): 1. Alpenreport. Daten, Fakten, Probleme, Lösungsansätze. Paul Haupt, Bern.
- CIPRA INTERNATIONALE ALPENSCHUTZKOMMISSION (1998): Wintersport-Großveranstaltungen in den Alpen. Kleine Schriften 13/98. Schaan, Liechtenstein.
- DIETMANN, T., KOHLER, U., LEICHT, H., (1993): Landschaftsökologische Untersuchungen in Skigebieten des bayerischen Alpenraumes – Darstellung der Methodik. in: Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 58.Jg., S.147-196, München.
- DIETMANN, T., KOHLER, U., LUTZ G., GLÄNZER, U. (1999): Skipistenuntersuchung Bayern – eine Zwischenbilanz. in: Natur und Landschaft 74 (1999) Nr. 2, S. 58-64. Stuttgart.
- FRANZ, H., (ed.) (1994): Gefährdung und Schutz der Alpen. = Österreichische Akad. der Wiss. Veröff. der Kommission für Humanökologie. Band 5, Wien.
- LEICHT, H. u. BAUMANN, A. (1992): Skipistenuntersuchung Bayern. Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz, H.117: 194-202; München.
- LEICHT, H., DIETMANN, T., KOHLER, U., (1993): Landschaftsökologische Untersuchungen in den bayerischen Skigebieten. Grundlagen zur Sicherung und Entwicklung der landschaftlichen Situation. Naturschutz und Landschaftsplanung, 25. Jahrg. Heft 3, S.99-104, Stuttgart.
- LORCH, J. (1995): Trendsportarten in den Alpen. Konflikte, rechtliche Reglementierungen, Lösungen. = CIPRA, Kleine Schriften 12/95, München.
- MAYER, H. u. RAMSKOGLER, K. u. SCHROLL, H.-P. (1987): Umweltverträglichkeitsprüfung (Öko-Checkliste) von Schisport-Anlagen. Ökocheckliste für Planung, Bau, Betrieb und Überprüfung von Schiabfahrten innerhalb und ausserhalb des Waldes und für die waldbauliche Behandlung des Schipistenwaldes. 20 S. Wien.
- MOSIMANN, Th. (1980a): Eine Legende für die ökologische Standort- und Schadenskartierung im Bereich von Skipisten. Natur und Landschaft, 55. Jg. H.11: 425 – 431; Bonn.
- OZENDA, P. (1988): Die Vegetation der Alpen im europäischen Gebirgsraum. Stuttgart, New York: G.Fischer Verlag.
- PRÖBSTL, U. (1990): Skisport und Vegetation. DSV – Umweltreihe, Bd.2: 127 S. Weilheim: Stöppel
- RIECKEN, U., RIES, U. & SSYMANK, A. (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, H. 41: 184 S. Greven: Kilda-Verlag.
- RINGLER, A (1983): Veränderungen der Pflanzenwelt im Gebirge durch Fremdenverkehr und Bergsteigen. Laufener Seminarbeiträge 4/83: 25-84; Laufen a.d.S.
- SCHEMEL, H.-J., ERBGUTH, W. (1990): Handbuch Sport und Umwelt. Ziele, Analysen, Bewertungen, Lösungsansätze, Rechtsfragen. Aachen.
- TAPPEINER U., CERNUSCA, A., PRÖBSTL U. (1998): Die Umweltverträglichkeitsprüfung im Alpenraum. Europäische Akademie Bozen, Fachbereich Alpine Umwelt. Berlin, Wien.
- VDS (VERBAND DEUTSCHER SEILBAHNEN) (1999): Zahlen, Daten, Fakten. München.
- UMWELTBUNDESAMT (1994): Nachhaltige Entwicklung im Alpenraum. Forschungsbericht 10806008 UBA-FB94-196, Berlin.
- WESSELY, H., SCHNEEBERGER R. (1999): Outdoorsport und Naturschutz. Laufener Forschungsberichte Nr. 6, Laufen.



Bild 1: Planierter Pistenabschnitt mit Hanganschnitt.



Bild 2: Intaktes Braunseggenmoor unter einer Skipiste.



Bild 3: Solche Schäden können durch kleinräumiges Pistenmanagement und Teilsperungen frühzeitig ausapernder Pistenflächen vermieden werden.



Bild 4: Variantenabfahrten können Zwergsträucher und Jungwuchs stark belasten.



Bild 5: Durch Baumaßnahmen stark belastete Flächen im Pistenbereich bedürfen in den Folgejahren einer (kosten)intensiven Pflege: Nachbegrünung und Schutz durch Jutenetze, Auszäunung aus der Beweidung.



Bild 6: Skifahrer-Lenkung.



Bild 7: Besucherinformation und Besucherlenkung.

Anschriften der Verfasser

Dipl.-Biologe Ulrich Kohler
Ignaz-Kögler-Straße 1
D-86899 Landsberg
e-mail: ukohler@initnetworks.de

Dipl.-Geograph Thomas Dietmann
Ludwig-Glötze-Straße 2
D-87509 Immenstadt
e-mail: Thomas.Dietmann@allgaeu.org

Gernot Lutz
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
Bürgermeister-Ulrich-Straße 16
D-86179 Augsburg

Dr. Ulrich Glänzer
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung
und Umweltfragen
Postfach 81 01 40
D-81901 München

Photos: (Alle Photos: Dietmann)

Von dem Versuch, ein landschaftliches Kleinod im Tegernseer Tal zu retten

Von *Anonymus*

Auf einem landschaftlich besonders schützenswertem, über dem Ringsee gelegenen Grundstück sollte wider alle Vernunft und regionalplanerische Vorgaben ein exklusives Wohnbaugebiet entstehen. Dieses Vorhaben wurde von der Gemeinde ohne wenn und aber unterstützt und erregte in zunehmendem Maße den Unmut der Bevölkerung, was letztlich zu einem Bürgerbegehren führte, das nach einem langen und mühevollen Weg die Verwirklichung dieser landschaftszerstörenden Planung verhindern konnte, so daß sich der Schaden noch in Grenzen hielt.

Dieser Bericht soll der Aufarbeitung staatlicher Fehlerquellen dienen, die derartige Entwicklungen möglich machen. Hierzu gehört in erster Linie die nahezu unkontrollierte Macht der gemeindlichen Selbstverwaltung, die zur Folge hat, daß nicht einmal der für die Umwelt in Bayern verantwortliche Minister eingreifen kann, wenn Gemeinden grob gegen die Interessen der Umwelt und damit gegen das Gemeinwohl verstoßen.

„Wer in diesem Garten Gottes ein halbes Jahrzehnt leben durfte, wird alles unternehmen, ihn an unsere Kinder weitergeben zu können“. Dieses Bekenntnis stammt von unserem bayerischen Umweltminister, Herrn Dr. W. Schnappauf und er meinte damit den Landkreis Miesbach.

In diesem Garten Gottes ist das Tegernseer Tal zweifellos ein landschaftliches Juwel von europäischem Rang – und sein Ringsee ist darin eine fein geschliffene Facette landschaftlicher Idylle, die selbst am Tegernsee seinesgleichen sucht.

Leider obliegt die Verantwortung für diesen „Traumwinkel des Tegernsees“ einer Gemeindeverwaltung, die diese stille Schönheit nur zu gerne auf Kosten des Gemeinwohls dem finanziellen Eigennutz eines Privatmannes zu opfern bereit war.

Bürgermeister und Gemeinderäte sind auf die Wahrung des Gemeinwohls vereidigt, und die Auslegung dieses Gemeinwohls entzieht sich seit Ausarbeitung des mit Gesetzeskraft ausgestatteten „Regionalplanes Oberland“ jeder Beliebigkeit. Und dennoch werden immer wieder Entwicklungen wie die am Ringsee möglich.

Der von der Regierung von Oberbayern 1988 erarbeitete Regionalplan Oberland ist die unbestechlichste und kompetenteste Analyse und Rezeptur zu den vielschichtigen Problemen und Entwicklungen im bayrischen Oberland, insbesondere aber auch seiner Gebirgstäler und -seen.

Zum besseren Verständnis des Weiteren soll daher versucht werden, die wichtigsten Aussagen des Regionalplanes in wenigen Sätzen zusammenzufassen:

- Erhaltung der Landschaftsästhetik des Oberlandes, besonders aber der Gebirgstäler und -seen als Existenzgrundlage für Fremdenverkehr, Handwerk und Handel. Das Obere Loisach- und das Tegernseer Tal werden namentlich für die Feststellung benannt, daß hier die Grenze der Besiedelbarkeit erreicht ist (1988!),
- Beschränkung der Siedlungsentwicklung auf den Bedarf der Bevölkerung;
- im Alpenraum die Abwägung, ob ein Projekt „unbedingt erforderlich“ ist,

- die dringend erforderliche Erhaltung der noch vorhandenen Freiflächen in und zwischen den Seeanliegergemeinden,

- „Zweitwohnungen ist entgegenzuwirken“, da sie über unerschwingliche Bodenpreise zur Verdrängung der ortsansässigen Bevölkerung und besonders der nachwachsenden Generationen führen. Gerade diese aber sind für eine gesunde Bevölkerungsstruktur unverzichtbar. Sowohl Einheimische als auch Zweitwohnungsinhaber überaltern, der Alpenraum wird buchstäblich zum „Altenheim“.

- und ebenfalls im Wortlaut: „Eine weitere Bevölkerungszuwanderung ist nicht mehr vertretbar“.

Nicht ein einziger dieser (Grund-)Sätze wurde im Zusammenhang mit dem beabsichtigten Bau von Luxus-Zweitwohnungen auf dem fraglichen Grundstück am Ringsee beachtet! Die Kenntnis des Regionalplanes Oberland sollte man aber bei allen Gemeinderatsmitgliedern und Gemeindeverwaltungen voraussetzen können, denn wie sonst sollten sie das Gemeinwohl wahren können, auf das sie vereidigt sind?

Im Falle des umstrittenen Grundstückes am Ringsee mit seinem schützenswerten Baumbestand war ein stets gleicher Mehrheitsblock des Gemeinderates allerdings bereit, sich über Eid und Gesetzeskraft des Regionalplanes Oberland hinwegzusetzen.

Alle Hoffnung mußte sich daher darauf stützen, daß gemäß Bayerischer Gemeindeordnung das jeweilige Landratsamt als Aufsichtsorgan über die Arbeit der Gemeinden zu wachen hat.

An der Spitze des Landratsamtes steht der Landrat. Dieser ist in unserem Fall zugleich Vorsitzender des Verwaltungsrates der Kreissparkasse, deren Immobilienabteilung – wie einem Zeitungsinserat am 27./28. 12. 1997 zu entnehmen war – am Verkauf der auf dem Grundstück geplanten Luxus-Chalets und Villen lebhaft interessiert war. Einige Wochen später berichtete eine Zeitungsnotiz, die Kreissparkasse habe sich aus dem Geschäft zurückgezogen. Hierzu paßte schlecht, daß der Vorstandsvorsitzende des Kreissparkasse als „kreativer Unruhepol des Landkreises“ (Geburtstags-

laudatio der Tegernseer Zeitung) jeder Gemeinderatsitzung beiwohnte, in der das fragliche Grundstück auf der Tagesordnung stand.

Dieses widersprüchliche Erscheinungsbild gab Anlaß zu wiederholten Rückfragen beim Landrat:

Will die Kreissparkasse mit einem der wertvollsten Landschaften am See Geschäfte machen oder nicht? Mit Schreiben vom 12.11.98 erhielt ein interessierter Bürger auf seine Anfrage u.a. folgende Auskunft: „Die Kreissparkasse wird, wenn ihre Immobilienabteilung damit beauftragt wird, auch hier ganz normal und branchenüblich in ihrer Funktion als Kreditinstitut tätig. Es wird ihr auch wohl niemand das Recht versagen wollen, ein auf dem geltenden Recht basierendes Geschäft für einen Kunden auftragsgemäß abzuwickeln.“

Damit war es klar, daß dem Chef der Behörde, die die Gemeinde beaufsichtigen soll, völlig gleichgültig war, womit die Kreissparkasse ihre Geschäfte betrieb; in diesem Falle mit der Landschafts-Ästhetik des Tales, die nicht zuletzt die Existenzgrundlage der einheimischen Wirtschaft darstellt. Der Landrat verleugnete damit nicht nur das vom Regionalplan Oberland definierte Gemeinwohl, dem er verpflichtet ist, sondern auch, daß dessen Gesetzeskraft ausschloß, hier ein „auf dem geltenden Recht basierendes Geschäft“ abwickeln zu können! Wie konnte er Geschäfte der Kreissparkasse billigen, deren Voraussetzungen das ihm unterstehende Aufsichtsorgan „Landratsamt“ eigentlich hätte verhindern müssen? Einer mehrfach wiederholten Bitte um eine öffentliche Klarstellung des Sachverhaltes kam der Landrat nicht nach.

Es schien so, daß jeder einzelne der oben zusammengefaßten Grundsätze des Regionalplanes durch die Bauabsicht verletzt werden würde! Jeder der den Ringsee kennt, wird verstehen, daß die beabsichtigte Bebauung dieser Idylle helle Empörung in der Bevölkerung auslöste. Immerhin hatte das Bayer. Umweltministerium das Hanggelände, auf dem sich das umstrittene Grundstück befindet, bereits 1971 als besonders schützenswert, nicht zu erschließen und in seiner Natürlichkeit zu erhalten eingestuft!

Es blieb so einem ehemaligen Gemeinderat vorbehalten, dieses 11.300 qm große Grundstück ohne vor-

herige offizielle Bauvoranfrage als landwirtschaftliche Fläche mit einer oberhalb der Hangkante gelegenen bebauten Fläche von nur 560 qm billig zu erwerben. Für diese bebaute Fläche stand ihm Bestandsschutz zu, so daß er sie nach Abriß des Altbaues ohne jeden Verlust gegenüber seiner Erwerbskalkulation erneut hätte bebauen können.

Doch der Grundstückseigentümer trachtete nach höherem: Er erwartete von der Gemeinde, sie möge ihm das gesamte Grundstück als wertvolles Wohngebiet ausweisen, was ihm die Verdreifachung der bebaubaren Fläche eingebracht hätte.

Der Gedanke, mit geringem Einsatz ein Vermögen zu machen, ist nicht neu. Doch hier konnte die Verwirklichung nur unter Einbeziehung des landschaftlich höchst sensiblen Hanggeländes über dem Ringsee gegen die Interessen der Allgemeinheit verwirklicht werden. Das Vorhaben war zudem nach örtlichem Baurecht (Flächennutzungsplan und Ortsplanungsatzung) nicht genehmigungsfähig und verstieß gegen das Baugesetzbuch, die Bayerische Bauordnung, das Naturschutzrecht und gemäß Regionalplan Oberland gegen das Gemeinwohl! Dessen ungeachtet fand der ehemalige Gemeinderat, zunächst unter Ausschluss des Gemeinderates, die engagierte Unterstützung der Gemeindeverwaltung.

Eines Tages wurde auf dem Grundstück der für das Landschaftsbild am Ringsee so entscheidende Wald flächendeckend gefällt; und dies ohne jede Genehmigung und rechtliche Klärung der mit Wald und Grundstück verbundenen Rechte und Pflichten. Anlaß zu dieser Rodung war, daß der Grundstückseigentümer eine Luftbildaufnahme für die Beplanung des gesamten Grundstückes benötigte, obwohl er für die Einbeziehung des Hanggeländes in seine Pläne keinerlei Legitimation besaß. Und so war es um den Wald geschehen. Einfach so und ganz nebenbei.

Wer oder was mochte den Grundstückseigentümer wohl zur Erteilung des Entwurfsauftrags an einen Schweizer Architekten ermuntert haben, der Gebäude im hier landschaftsfremden Schweizer Baustil vorsah? Obwohl der Entwurf vom 27.08.97 stammt, mit Revisionen vom 15. und 25.09.97, wurde der Gemeinderat erstmals am 16.10.97 mit der Planung konfrontiert!



Das fragliche Grundstück nach der Holzaktion

Zu diesem in sich verzahnten Aspekt, genehmigungsloser Kahlschlag und Beplanung eines Geländes, das baurechtlich überhaupt nicht bebaubar war, ergaben sich auf Rückfragen erstaunlich aufschlußreiche Reaktionen der Gemeindeverwaltung. Sie wiegelte ab: in Kreuth gebe es keine Baumschutzverordnung – und verschwieg, daß gemäß Ortsplanungssatzung die Entfernung eines Baumbestandes, der für das Orts-, Straßen- und Landschaftsbild bedeutsam ist, nicht statthaft ist. Somit hätte also die Entfernung der Bäume einer Genehmigung bedurft. Auf konkrete Fragen wurde nachgebessert: nun ja, es sei halt in der Ortsplanungssatzung für die Übertretung dieser Untersagung kein Bußgeld festgesetzt! Ist also in Kreuth alles unstatthaft schon deshalb statthaft, weil es in der Vergehenspreisliste nicht einzeln aufgeführt ist? Die Verniedlichung des Vergehens war unübersehbar. Wie hätte wohl eine auf rechtliche Ordnung bedachte Gemeinde reagiert?

Es gilt immerhin zu beachten, daß der Grundstückseigentümer zum Zeitpunkt des Kahlschlages noch nicht einmal offizieller Bauwerber war, nichts sprach für die Zersiedlung des Hanggeländes, doch alles, auch Recht und Gesetz, dagegen! Und doch förderte die

Gemeinde den Grundstückseigentümer bereits bei der Vorbereitung der Planeingabe, obwohl er mit dem Kahlschlag in gröblichster Weise zumindest gegen die Ortsplanungssatzung verstoßen hatte.

Und so erfolgte die erste offizielle Vorstellung des Projektes in der Gemeinderatssitzung am 16.10.97 wohlvorbereitet in Kooperation mit dem Bauwerber. Um das erste baurechtliche Hindernis, den gültigen Flächennutzungsplan, zu beseitigen, wurde den Gemeinderäten verschwiegen, daß es in den vergangenen Jahrzehnten unter verantwortungsbewußteren Gemeindevätern gängige Praxis war, Gebiete, die nicht weiter zersiedelt werden sollten, im Flächennutzungsplan als landwirtschaftliche Fläche mit Bestandsschutz für die darauf befindlichen Baulichkeiten auszuweisen:

Statt dessen wurde nun behauptet; im Ortsteil Ringsee stünden „aus unerfindlichen Gründen“ Wohnbauten auf landwirtschaftlicher Fläche, der Flächennutzungsplan müsse daher an die Wirklichkeit angepaßt werden. Man täuschte dem Gemeinderat eine Korrekturbedürftigkeit vor, die es nicht gab. Trotzdem war dem Ansinnen Erfolg beschieden: Die „Anpassung an die Wirklichkeit“ und die Aufstellung eines

„vorhabenbezogenen Erschließungsplanes“ wurden einstimmig beschlossen!

Das prekärste Problem des Tales aber wurde auch vom Regionalplan Oberland nicht erfaßt, mußte jedoch allen Gemeinderäten geläufig sein:

Die für das Tegernseer Tal auf 60.000 Abwassergleichwerte (=EGW) begrenzte Kapazität der Kläranlage im Mangfalltal war als Folge des übermächtigen Zweitwohnungs-Booms der 60er-Jahre vorzeitig erschöpft. Die Idee der Erweiterung lag nahe, doch sowohl der damalige Landrat, der Kreisbaumeister als auch die Gemeindeväter aller Talgemeinden erkannten, daß die wirtschaftliche Zukunftsfähigkeit des Tales in der Weisheit der Beschränkung lag:

- die Erweiterung der Kapazität würde zur endgültigen Verstädterung der Talsohle führen und damit gerade die Landschaft zertören, von der das Tegernseer Tal lebt,
- die starke Nachfrage nach Zweitwohnungen hatte zu Bodenpreisen geführt, die für die ortsansässige Bevölkerung unerschwinglich waren. Die Kapazitätserweiterung würde also ausschließlich dem weiteren Zweitwohnungsbau dienen, ohne die Probleme der Einheimischen zu lösen.

Nach einer Talbeschau vom Wallbergkircherl kamen die Herren bereits 1973 zu dem Ergebnis, daß der weiteren Zersiedlung des Talbodens energisch Einhalt geboten werden mußte.

Die gefährliche Entwicklung konnte in der Folge zwar gebremst, nicht aber zum Stillstand gebracht werden. Und so gibt es seit 1973 zahllose neue Zweitwohnungen, aber nur relativ wenige Neubauten für die ortsansässige Bevölkerung und in jeder Talgemeinde Endloswartelisten für die Zuteilung von EGW an Einheimische. Die unverkäuflichen EGW, die jedem Gebäude nach Größe, Anzahl möglicher Bewohner und Nutzung zugeteilt sind, besitzen dennoch einen hohen materiellen Wert.

So hatte der Bauwerber mit dem Erwerb billiger landwirtschaftlicher Fläche ein früheres Schullandheim erworben, dem aufgrund seiner ehemaligen intensiven Nutzung 47 EGW zugeteilt waren. Würde er die Baulichkeiten abreißen und neu bauen wollen,

könnte er diese 47 EGW auf der erworbenen überbauten Fläche nicht unterbringen. Der Rest könnte gemäß Abwassersatzung § 5 (3) an die Gemeinde zurückfließen und die Not der Einheimischen mindern.

So wie die Verschandelung des Hanggeländes erst durch die beabsichtigte Umwandlung in Wohnbaugelände möglich wurde, wurde der Gedanke an diese Bebauung erst durch die im Übermaß vorhandenen EGW möglich. Originalton Bauwerber: „Ich habe ein Grundstück gekauft, auf dem sowohl Abwassergleichwerte als auch Baurecht vorhanden sind, um darauf zu bauen wie jeder andere auch.“ Das war ein Irrtum: er hatte ein Baurecht für 560 qm zu überbauende Fläche, nicht aber das Recht, sein Baurecht zu verdreifachen, um die vorhandenen EGW auf dem gesamten Grundstück gewinnbringend unterzubringen und somit der Bevölkerung vorzuenthalten. Aber auch die Gemeinde plagte kein soziales Gewissen, im Gegenteil, sie unterstützte den Bauwerber.

Werfen wir zwischendurch einen Blick auf das Landratsamt, das die Absicht erkennen ließ, den Bauwerber wegen des genehmigunglos angerichteten Waldfrevels zur Rechenschaft zu ziehen: ihm waren insgesamt 90 Bäume, davon 25 landschaftsprägende Laubbäume, zum Opfer gefallen. Doch am 28.08.98 berichtete das Gelbe Blatt, daß das Verfahren eingestellt worden sei.

Hierzu teilte nach Rückfrage eines engagierten Bürgers die Rechtsabteilung des Landratsamtes am 24.03.99 mit:

- „Die Entfernung der Bäume auf dem Grundstück FlNr. 1819 der Gemarkung K. stellt einen Eingriff im Sinne von Art. 6 Abs. 1 BayNatSchG dar. Da der Eingriff aber bereits abgeschossen war, bevor das Landratsamt reagieren konnte, liegt kein Bußgeldtatbestand im Sinne von Art. 52 Abs. 1 Nr. 1 BayNatSchG vor. Hierfür wäre eine Mißachtung einer vollziehbaren Anordnung der zuständigen Behörde erforderlich.“
- Die Entfernung der Bäume und Gehölze erfolgte in einer hinsichtlich des räumlichen Geltungsgebietes der Landschaftsschutzverordnung strittigen Zone.

- Da die Ahndung mit einem Bußgeld zumindest voraussetzt, daß der Betroffene die Rechtswidrigkeit seines Tuns erkennen konnte, mußte aufgrund der Unsicherheiten über die Grenzziehung das Ordnungswidrigkeitsverfahren eingestellt werden (§ 47 Abs. 1 S. 2 OWiG).“

Man könnte hieraus den irrigen Eindruck ableiten, daß man einen Wald ohne Bußgeldgefahr rechtswidrig abholzen darf, wenn man schneller als das Landratsamt ist und vorher niemanden um Genehmigung ersucht.

Das ist grundsätzlich falsch. Jedem Grundstückseigentümer obliegt nämlich die Sorgfaltspflicht, sich vor einem Eingriff dieser Art bei Gemeinde und Landratsamt über alle mit Grundstück und Wald in Verbindung stehenden Rechte und Pflichten zu informieren. Unkenntnis schützt bekanntlich vor Strafe nicht, und das sollte auch bei einem in Immobilienfragen derart beschlagenen Manne wie diesem gelten. Die Klärung der Rechtslage hätte ihm zweifellos zur Auflage gemacht, die Fällung bis zur Klärung der „strittigen Zone“, also bis zur Festlegung der Außenbereichsgrenze, zurückzustellen. Daß er statt dessen vorzeitig vollendete Tatsachen schuf, sollte eigentlich erwarten lassen, daß die Behörde das Verfahren nicht einfach niederschlagen, sondern es solange zurückstellt, bis die endgültige Außenbereichsgrenze den Umfang Fläche zweifelsfrei festlegt, auf der die Bäume rechtmäßig gefällt werden dürfen.

Begeben wir uns zurück zum Fortgang des Genehmigungsverfahrens durch die von Landratsamt beauftragte Selbstverwaltung der Gemeinde. In der Gemeinderatssitzung vom 13.11.97 beschloß der Gemeinderat die Einholung einer rechtlichen Beurteilung der Bebaubarkeit des fraglichen Grundstückes durch den Bayerischen Gemeinderat. Über das Ergebnis berichtet der Gemeindebote von Januar lakonisch: „Das Ergebnis wurde dem Gemeinderat bekannt gegeben“. Der Bevölkerung aber wurde der Inhalt vorenthalten. Wie auch immer, die Stellungnahme des Bayerischen Gemeinderates kann sich lediglich auf Fragen allgemeinrechtlicher Aspekte bezogen haben, nicht aber auf übergeordnete örtliche Prioritäten, die der Regionalplan Oberland mit Gesetzeskraft regelt. Die Rückfrage beim Bayerischen Gemeinderat kann

daher nicht anders verstanden werden, als der Versuch den Anschein der Ordnungsmäßigkeit des Vorhabens zu erwecken.

Der Unmut in der Bevölkerung wuchs und zur Gemeinderatssitzung am 12.02.98 konnte für die Gesamtausweisung des fraglichen Grundstückes als Wohnbaugebiet nur noch eine Mehrheit von 9:7 erreicht werden. Und am 11.03.98 berichtete die Lokalzeitung darüber, daß ein überparteiliches Bürgerbegehren auf den Weg gebracht wurde. Die erforderlichen 260 Unterschriften wurden binnen weniger Tage mit 448 Unterschriften um 72% übertroffen. Ziel des Bürgerbegehrens war es, den Landschaftsschaden durch eine den allgemeinen Grundsätzen entsprechende Außenbereichsgrenze auf ein Mindestmaß zurückzuführen und für das Restgrundstück (5300 qm von 11300 qm) eine sich gemäß § 34 Baugesetzbuch nach Art und Maß in die Umgebung einfügende Bebauung festzulegen. In der Mai-Sitzung 1998 beschloß der Gemeinderat gegen 4 vorliegende Rechtsgutachten, das Bürgerbegehren als unzulässig zu erklären. Das Bürgerbegehren begegnete dem mit einer Klage beim Bayerischen Verwaltungsgericht in München.

Die Planung des Bauwerbers wurde währenddessen fortgeführt, und am 12.11.98 kam es zu dem schlimmen Vorgang, daß die für alle Bauwerber in dieser Gemeinde gleich verbindliche Ortsplanungssatzung, die dem Bauvorhaben massiv im Wege stand, mit den Stimmen des personell stets gleichen Mehrheitsblockes außer Kraft gesetzt und durch eine spezielle Sondersatzung („Privilegiertensatzung“) ersetzt wurde! Ein Bezugsfall der Grundsatzlosigkeit, der schwerwiegende Folgen haben könnte.

Natürlich müssen die Gegner des Vorhabens sich sagen lassen, daß jedem Beschluß eine Mehrheit zugrunde lag. Aber diese Mehrheit war der personell stets gleiche Mehrheitsblock, dem die CSU-Fraktion als harter Kern geschlossen angehörte, zum Entsetzen der CSU-Wähler, aber auch des verstorbenen früheren Ortsvorsitzenden der CSU und langjährigen 2. Bürgermeisters dieser Gemeinde:

Denn seit Jahrzehnten verfolgte die CSU in dieser Gemeinde das Ziel, das sich wie eine Kurzfassung des

Regionalplanes Oberland anhört: „Unbedingte Erhaltung der Landschaft und Erschliessung und Bebauung nur für die Bevölkerung, den Fremdenverkehr und den Sozialwohnungsbau“ (Gemeinde-Ratswahl 05. 03. 87). Nichts hat sich seitdem verbessert und nichts rechtfertigt, diese Grundsätze der Spekulation zuliebe aufzugeben! Es gibt keine sachbezogenen Gründe für dieses Verhalten und bis heute wurde auf diese Frage keine Antwort gegeben. Kann es denn sein, daß es die Mitglieder der CSU-Fraktion als harter Kern des Mehrheits-Blockes seit 16.10.97 unterschiedslos für falsch halten, wofür sich bis dahin alle Fraktionen des Gemeinderates im fundamentalen Interesse ihrer Mitbürger einsetzten. Kann es denn wirklich sein, daß es dem Gewissen der Mitglieder dieser Fraktion seit 12.11.98 unterschiedslos entsprach, einen Spekulanten durch Schaffung von zweierlei Baurecht speziell zu fördern?

Und so kam es wider alle Vernunft und Verantwortung, daß die Sondersatzung zu dem umstrittenen Grundstück zur Grundlage des vorhabenbezogenen Erschliessungsplanes und damit zum Gegenstand des Anhörungsverfahrens und der Bürgerbeteiligung wurde.

Im Rahmen der Bürgerbeteiligung wurden diese Unterlagen geprüft und unerwartet Irreführungen, Fehler und Unvollständigkeiten festgestellt, die ein engagierter Bürger auf 10 Seiten niederlegte und der Gemeinde fristgerecht einreichte. Das Bürgerbegehren und die Schutzgemeinschaft Tegernseer Tal stellten sich hinter diesen Schriftsatz. Kennzeichnend für die Oberflächlichkeit der den Behörden und den Bürgern vorgelegten Ausfertigung war beispielsweise, daß der „Begründung zur Aufstellung des vorhabenbezogenen Erschliessungsplanes“ schlicht und einfach die Begründung fehlte!

Der Bürgermeister gab auf Rückfrage die Auskunft, daß seitens des Landratsamtes, als aufsichtsführende Behörde, hierzu keine Einwände vorgebracht würden. Diese Behörde tolerierte damit alle Verstöße gegen das BauGesetzbuch, die Bayerische Bau-Ordnung, das Naturschutzrecht, den Regionalplan Oberland, die Erfordernisse der „Landesplanung und der Bauleitplanung im Alpen- und Voralpengebiet“ und die Gebote des Gemeinwohles!

Zu diesem Zeitpunkt lag noch immer keine Entscheidung zu der Klage des Bürgerbegehrens auf Zulassung seitens des Bayerischen Verwaltungsgerichtes München vor. Der bevorstehende Feststellungsbeschluß zum vorhabenbezogenen Bebauungsplan hätte dem Bauwerber einen Rechtsanspruch auf Realisierung seines Bauvorhabens verschafft, und die Gemeinde wäre bei positivem Ausgang des Bürgerentscheides schadensersatzpflichtig für die finanziellen Ausfälle durch die Fehlspekulation geworden. Die gesamte Bürgerschaft hätte also den Schaden aus dem Übereifer ihrer Gemeindeverwaltung zu tragen gehabt.

Um dies zu verhindern, reichte das Bürgerbegehren beim Bayerischen Verwaltungsgericht München einen Eilantrag auf einstweilige Anordnung zur Verhinderung weiterer Beschlüsse zu dem fraglichen Grundstück ein. Diesem Antrag wurde durch Beschluß des Verwaltungsgerichtes vom 26.01.99 entsprochen und so eindeutig begründet, daß kein Zweifel am Ergebnis der Klage zugunsten der Zulässigkeit des Bürgerbegehrens mehr bestehen konnte. Ein Umdenken in der Gemeindeverwaltung schien überfällig.

Anfang März 1999 fühlte der Bauherr bei den Vertretern des Bürgerbegehrens wegen eines nur unwesentlich reduzierten Kompromißvorschlages vor. Er wurde abgelehnt, da der den wesentlichen Zielen des Bürgerbegehrens nicht entsprach.

Noch immer war die Frage offen, warum eigentlich will die Gemeindeverwaltung dieses unmäßige Bauvorhaben mit allen Mitteln durchsetzen? Auch die Begründung zu dem vorhabensbezogenen Erschliessungsplan blieb ja die Begründung schuldig. Deshalb nahm ein engagierter Bürger anläßlich der Bürgerversammlung am 4. März 1999 die Gelegenheit wahr, den Bürgermeister direkt zu fragen: „Hier wird der kommerzielle Eigennutz eines Privatmannes dem Gemeinwohl übergeordnet. Das muß schwerwiegende Gründe haben. Welche sind diese?“ Die Antwort ist dem Bericht der Lokalzeitung vom 06./07.03.99 zu entnehmen: das Areal am Ringsee sei als landwirtschaftliche Fläche ausgewiesen und man habe mit dem Antrag des Bauwerbers, das Land in Bauland umzuwidmen, begonnen, eine Flächennutzungsplanänderung auf den Weg zu bringen. Das war die Beschreibung be-

klagenswerter Tatsachen, aber kein Grund! Dies ermöglicht einen tiefen Einblick in das Selbstverständnis derer, die die Selbstverwaltung der Gemeinde zu verantworten haben und bestimmen können, wie erfolgreich unser für die Umwelt verantwortlicher Minister sein darf:

Die Erkenntnis, das Projekt gegen den Bürgerentscheid nicht durchsetzen zu können, veranlaßte den Bauwerber schließlich zur Anerkennung der Forderungen des Bürgerbegehrens:

- Bebauung nur hinter der damit anerkannten Außenbereichsgrenze und
- Einfügung der Bebauung in die Umgebung gemäß § 34 des Baugesetzbuches.

Der diesbezügliche Gemeinderatsbeschluß wurde alsbald einstimmig gefaßt und beinhaltete die Zurücknahme aller seit dem 16. 10. 97 gefaßten Beschlüsse. Damit erhielt auch die Ortsgestaltungssatzung für dieses Bauvorhaben wieder Geltung.

Der vom Bauwerber eingereichte Bebauungsvorschlag entsprach allerdings den Bedingungen der Einfügung in die Umgebung und der Ortsgestaltungssatzung in keiner Weise:

- die Grundstücke der östlich und nördlich anschließenden Flächen weisen einen Bebauungsanteil von 12 – 14 % auf, die Bebauung des umstrittenen Grundstückes soll 21% des Grundstückes bedecken,
- die Gemeinde verweist als Bezugsgrundstück auf das Grundstück eines benachbarten Sanatoriums, das zu 22% bebaut sein soll. Dem ist entgegenzuhalten, daß das Sanatorium schon von der Nutzung her ein ausgesprochener Sonderfall ist, der aber auch so geschickt hinter der Hangkante in die Umgebung eingefügt wurde, daß der hohe Bebauungsanteil von keiner Seite aus bemerkbar ist,
- genau dies ist aber auf dem Hanggelände des von weit her einsehbaren Grundstückes nicht der Fall. Die Verdichtung wird von jedem Betrachter als Fremdkörper mit Unlust empfunden werden.

● dies gilt umsomehr, als 4 von 5 der geplanten Baukörper mit einem Kreuzgiebel ausgebildet wären, die jeweils 9 m hoch aus dem Hang herausragen und schon rein stilistisch gegen die Ortsplanungssatzung verstoßen würden: sie widersprechen der Tradition der Kulturlandschaft des Oberlandes und ganz speziell der Bauweisen in seinen Gebirgstälern.

● die Baudichte des Sonderfalls des benachbarten Sanatoriums darf schon deshalb nicht als Bezugswert herangezogen werden, weil sonst die Bebauung des strittigen Grundstückes eine Bezugsfallkette für den ganzen Ortsteil Ringsee auslösen würde und „infolge einer nicht auszuschließenden Vorbildwirkung geeignet ist, bodenrechtlich beachtliche Spannungen zu begründen und zu erhöhen“ (Kommentar Simon, § 34, BauGB, BVerwG UV v. 26.05.78 ID VHW 1978 214).

● das Bauvorhaben verändert entgegen der Ortsplanungssatzung die erdgeschichtlich hochinteressante Geländeoberfläche entscheidend. Die geballte Anordnung der Gebäude würde zur Einplanung der östlichen Geländemulde führen und darüber eine kräftig horizontal gestufte Terrassenlandschaft entstehen lassen, die in der Umgebung über den Ufern des Ringsees keinerlei Entsprechung finden würde.

Diese anfechtbare Bauvoranfrage wurde nach Behandlung im Gemeinderat dem Kreisbauamt zugeleitet. Damit zeichnet sich ab, daß das Ergebnis der Einigung des Bürgerbegehrens mit Gemeinde und Bauwerber allein davon abhängig sein müßte, wie das Landratsamt objektiv seines Amtes waltet. Andernfalls würde das bebaute Grundstück zum Mahnmal der nicht funktionierenden gemeindlichen Selbstverwaltung mit ihrer Kontrolle.

Der Sinn der Aufzeichnung dieser chronique scandaleuse ist, den Anstoß zur Beseitigung der Quellen derartiger Fehlentwicklungen zu geben: wo Landschaft im Spiel ist, geht es um einen Schatz Gottes, der nur einmal verwirtschaftet werden kann!

Waldentwicklung und Verbißsituation auf der Sanierungsfläche Karlstein des Deutschen Alpenvereins (DAV) e.V. im Berchtesgadener Land - Ergebnisse 10jähriger Beobachtung

Von *Heinz Röhle*

Neuartige Waldschäden und überhöhte Wildbestände haben in den letzten Jahrzehnten die Bergwaldproblematik im Bayerischen Alpenraum verschärft. Die Vergreisung der Waldbestände und ausbleibende Naturverjüngung gefährden die Schutzfunktionen.

Ziel des Pilotprojektes Karlstein im Berchtesgadener Land, das von der Stiftung „Wald in Not“ großzügig finanziert und vom Deutschen Alpenverein in Zusammenarbeit mit Experten seit mehr als 10 Jahren intensiv betreut wird, ist es, Strategien zur Sanierung geschädigter Bergwaldbestände zu entwickeln und ihre Wirksamkeit zu erproben. Dabei wird neben Vitalitätsentwicklung und Zuwachsgeschehen des Altbestandes der Einfluß des Wildverbisses auf Artenzusammensetzung und Wuchsdynamik der Verjüngung analysiert.

Die Vitalitätsansprache des Kiefernaltbestandes ergab, daß auf der Versuchsfläche die deutlichen Schäden mit einem Anteil von 64 % dominieren. Allerdings war, abgesehen von wenigen Kiefern, die im Beobachtungszeitraum ausfielen, keine signifikante Verschlechterung der Kronenvitalität festzustellen.

Die einzelnen Versuchsvarianten unterscheiden sich in ihrer Bestandesstruktur deutlich: Während

ein Teil der Versuchsfläche kaum Unterbrechungen im Bestandesgefüge aufweist und Vorräte von knapp 200 Festmetern pro Hektar erreicht, sind die geringer bevorrateten Parzellen sehr lückig.

Den Zuwachsmessungen zufolge zeigt der Kiefernaltbestand ebenso wie die truppweise beigemischte, etwa 35jährige Buche ein den ungünstigen Standortbedingungen entsprechendes, langsames Wachstum. Bei stark geschädigten Kiefern tritt seit etwa 15 Jahren ein drastischer Rückgang des Zuwachses in Erscheinung. Beziehungen zwischen Witterungsparametern und der jährlichen Zuwachsleistung konnten bei den Altbestandskiefern nicht gefunden werden, bei jüngeren Kiefern dagegen waren ausgeprägte Zusammenhänge nachweisbar.

Die Verbißinventur dokumentiert, daß auf den gezäunten Parzellen der Anteil an verbissenen Verjüngungspflanzen gering ist und fast allen in der Verjüngung auftretenden Baumarten das Einwachsen in die Höhenschicht über 50 cm gelang. Auf den Parzellen außerhalb des Zaunes liegen die Verbißprozente wesentlich höher. Hier fanden Entmischungsvorgänge statt, und die Kiefer tritt anteilmäßig in den Vordergrund. Die verbissenen Laubbäume sind im Wachstum deutlich gehemmt und deshalb in der Höhenschicht über 50 cm nur selten vertreten.

1 Zur Bedeutung des Bergwaldes

In Urzeiten waren die Alpen bis zur Baumgrenze nahezu vollständig bewaldet. Seit der Besiedelung durch den Menschen ging der Waldanteil im Alpenraum stark zurück. Lagerstätten für Bodenschätze wurden entdeckt und Erze geschürft, land- und forstwirtschaftliche Nutzungsformen drangen in immer entlegenere Regionen vor, die Alm- und Alpwirtschaft entstand. Wälder wurden großflächig gerodet und deren Holz für den Bau und den Betrieb von Bergwerken und Salinen verwendet. Im 20. Jahrhundert nahm der Ressourcenverbrauch im Alpenraum drastisch zu. Der hohe Flächenbedarf von Energiewirtschaft und Verkehrsanlagen, Siedlungsbau und zur Errichtung touristischer Infrastrukturen drängte den Wald in vielen Regionen weiter zurück. Die Freisetzung von Abgasen aus Verkehr, Industrie und Hausbrand führte zur Beeinträchtigung alpiner Ökosysteme.

Seit Beginn der 80er Jahre bedrohen neuartige Waldschäden (Waldsterben) die alpinen Schutzwaldbestände (Foto 1), zudem wird die Verjüngung der oft überalterten Schutzwälder durch den Wildverbiß erheblich gestört bzw. unterbleibt vollends (MEISTER, 1985). Verbiß durch Schalenwild hat im wesentlichen folgende Konsequenzen:

● Entmischung zugunsten bestimmter Nadelbaumarten

Die Baumarten im Bergwald werden vom Wild unterschiedlich angenommen. Besonders begehrt und damit verbißgefährdet sind die meisten Laubbäume sowie Tanne, mittlere Verbißintensität kennzeichnet die Buche und nur in geringem Maß betroffen sind Fichte und Kiefer. In Regionen mit hohem Verbißdruck setzen sich deswegen in erster Linie Fichte und Kiefer durch, während die Mischbaumarten dem Äser zum Opfer fallen.

● Wachstumsverzögerungen und Absterbeprozesse

Häufiger Verbiß führt zum Absterben der Verjüngungsschicht bzw. zu extremen Wuchsstockungen (Foto 2). So sind in Regionen mit hohen Wildständen verküppelte Fichten oder Buchen anzutreffen, die im Al-

ter von 40 bis 50 Jahren die Höhe von 1 Meter noch nicht erreicht haben. Dies konterkariert die Bemühungen, unter den in Auflösung befindlichen Altbeständen in kurzer Zeit eine Folgebestockung heranzuziehen, die nach Ernte der Altbäume alle Schutzfunktionen übernehmen kann.

● Vergrasung

Unter lichten Altbeständen stellt sich bei hohem Verbißdruck eine starke Vergrasung ein. Dadurch ist die Keimung und Entwicklung von Verjüngungspflanzen erschwert und die Oberflächenrauigkeit herabgesetzt, was zu Schneebewegungen (Schneekriechen, Gleitschnee) am Hang und in der Folge zu Erosionserscheinungen führt.

2 Die Sanierungsfläche Karlstein

Die Sanierungsfläche Karlstein befindet sich im Berchtesgadener Land oberhalb der Deutschen Alpenstraße zwischen Inzell und Bad Reichenhall in der Nähe von Weißbach an einem bis 35 Grad steilen, südexponierten Hang in einer Höhenlage von etwa 600 bis 700 Metern über NN. Sie wurde 1987 als 6-parzelliger Versuch konzipiert. Das Klima auf der Untersuchungsfläche ist charakterisiert durch eine Jahresdurchschnittstemperatur von 6 °C und eine mittlere Jahresniederschlagsmenge von 1500 mm. Fast 30 % des Gesamtniederschlags fallen als Schnee, die Vegetationsperiode (Wachstumsphase) der Bäume beträgt hier etwa 140 Tage. Die südexponierte Lage führt zu einem vorzeitigen Ausapern im Frühjahr, birgt aber zugleich die Gefahr von Trockenschäden in sich.

Auf der Versuchsfläche variieren die Standorteigenschaften kleinräumig. Die Böden sind überwiegend flachgründig und lehmig, an einigen besonders steilen Stellen tritt Karbonatgestein zutage und nur in wenigen, meist flacheren Bereichen entwickelten sich mittel- bis tiefgründige Lehme. Vor allem auf den flachgründigen, kalkreichen und trockeneren Partien dominiert die Kiefer (*Pinus sylvestris*) im Hauptbestand, die Bodenvegetation wird geprägt von Bergreitgras (*Calamagrostis varia*) und Kalkblaugras (*Sesleria varia*). Fichte und Buche kommen in der herrschenden Schicht nur vereinzelt vor.



Foto 1: Tote Altbäume



Foto 2: Ursprünglicher starker Verbiß

Die Horizontalstruktur der Baumverteilung ist ziemlich heterogen: Etwa 1/3 der Gesamtfläche nehmen Lichtungen ein, in den dichter bestockten Bereichen ist der Kronenschluß locker bis räumig. Durch das lückige Kronendach gelangt viel Licht auf den Boden, weshalb sich die Gräser gegenüber anderen Arten (wie z.B. *Euphrasia viscosa*, *Polygala chamaebuxus*) durchsetzen. Die Vergrasung behindert die Verjüngung und erhöht wegen ihrer geringen Oberflächenrauigkeit die Gefahr des Schneegleitens. Die begünstigte Bodenflora stellt eine ernstzunehmende Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe für die Waldverjüngung dar. Jedoch erweisen sich Baumarten mit Pioniereigenschaften (z.B. Mehlbeere, Vogelbeere und Bergahorn) und, in Bereichen mit etwas tiefergründigeren Böden, die Fichte und die relativ gleitschneetolerante Buche als konkurrenzfähig.

3 Versuchskonzeption

Vitale Altbestände stellen eine wirksame biologische Gleitschutzmaßnahme dar, da im Nahbereich von Altbäumen - dies trifft vor allem für tiefbeastete Nadelbäume zu - bei Schneegleitmessungen eine Verringe-

rung des Gleitweges nachgewiesen werden konnte (MÖSSMER et. al., 1994). Somit prägen sowohl die aktuelle Bestockungsdichte (Bestockungsgrad) als auch die künftige Entwicklung des Altbestandes (Absterbeprozesse) das Wuchsverhalten und den Aufbau des nachwachsenden Schutzwaldes: Erstens beeinflusst die Schutzwirkung des Altholzschirmes Licht- und Temperaturverhältnisse am Boden und wirkt der Gefahr der Vergrasung entgegen, wodurch die für das Ankommen von Waldverjüngung wesentlichen Faktoren gesteuert werden. Und zweitens verhindern dichte Altbestände Gleitvorgänge der Schneedecke und damit die Schädigung bzw. das Heraushebeln der Verjüngungsbäumchen. Zur Beurteilung der Behandlungsbedürftigkeit von Schutzwäldern und zur Ableitung der erforderlichen Sanierungsmaßnahmen ist deshalb eine integrierte Analyse des aufstockenden Altbestandes und der Verjüngungsdynamik erforderlich.

Die Waldbestockung auf der Sanierungsfläche Karlstein ermöglichte die Anlage benachbarter und in Bezug auf Exposition, Hangneigung, Standorteigenschaften und Bodenvegetation ähnlicher Versuchsvarianten zur Erprobung verschiedener Sanierungsverfah-



Foto 3: Rückentwicklung zu einer naturnahen Bodenvegetation nach Auflassung einer Fütterung und Reduktion des Gams-, Reh- und Hirschbestandes auf naturnahe Größenordnungen (Ausgangssituation 1987).

ren. Bei der Anlage des Versuchs wurde das für die jeweilige Parzelle gewählte Sanierungsverfahren dem Waldzustand angepaßt. So waren Vitalität des Altbestandes, Bestandeslücken, Hangneigung und Gefährdung durch Schnee Kriterien zur Festlegung der Maßnahmen. Im einzelnen wurden folgende Verfahren erprobt (RÖHLE, 1997):

- Verfahren W: Einleitung der Verjüngung durch waldbauliche Maßnahmen mit ergänzender Pflanzung in Teilbereichen
- Verfahren R: Pflanzung der Verjüngungsschicht in Rottenstruktur auf ganzer Fläche
- Verfahren T: Pflanzung der Verjüngungsschicht auf ganzer Fläche mit ergänzenden Verbauungsmaßnahmen zur Verhinderung von Schneebewegungen

Um den Einfluß der Wilddichte auf die Bestandesentwicklung zu ermitteln, wurde für jedes Verfahren

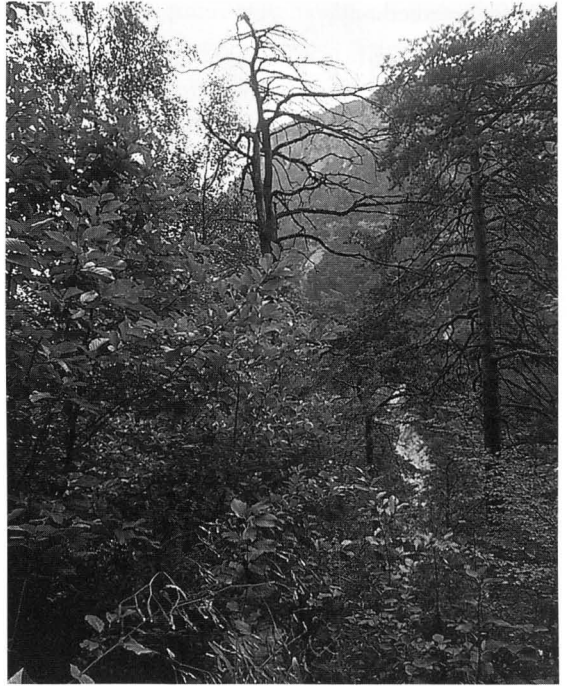


Foto 4: Es wachsen wieder zahlreiche Pflanzenarten, die vorher nicht mehr aufkommen konnten (z.B. Hasenlattich), die Strauch- und Jungbaumschicht ist so dicht, daß der Schnee nicht mehr „kriechen“ kann, es entstehen keine Waldlawinen mehr (Situation 1995):

eine Variante mit Zaun (Z) sowie eine ungezäunte Vergleichsfläche (O) ausgewiesen, so daß sich eine 6-parzellige Flächenanlage mit folgenden Versuchsgliedern ergab:

- Waldbauliches Verjüngungsverfahren mit Zaun (WZ) bzw. ohne Zaun (WO)
- Verjüngungsverfahren mit Rottenpflanzung mit Zaun (RZ) bzw. ohne Zaun (RO)
- Verjüngungsverfahren mit technischer Verbauung mit Zaun (TZ) bzw. ohne Zaun (TO)

Die ungezäunten Versuchsflächen besitzen eine Größe von 0.17 Hektar, die gezäunten Varianten verfügen über Flächengrößen zwischen 0.18 und 0.22 Hektar. Anzumerken ist noch, daß große Schneemengen in Kombination mit der Geländeneigung zu kurzzeitigen Beschädigungen der Zäune führten. Aus diesem Grunde war eine vollständige Ausschaltung des Wildverbisses auf den gezäunten Parzellen nicht gewährleistet.

4 Aufnahmemethodik

Die Aufnahmearbeiten auf der Versuchsfläche Karlstein lassen sich gliedern in die Zustands- und Zuwachserfassung des aufstockenden Bestandes mit Hilfe ertragskundlicher Verfahren und in die Verjüngungsanalyse mit Hilfe der Verbißinventur.

4.1 Ertragskundliche Methodik

Im Frühjahr 1995 wurde auf den 6 Parzellen eine detaillierte ertragskundliche Erhebung zur Bestimmung wichtiger Struktur- und Dimensionsgrößen des aufstockenden Waldbestandes vorgenommen (EKLKOFER, 1995). Bei dieser Erhebung wurden alle Bäume des Altbestandes berücksichtigt sowie jene Bäume im Jungwuchs, die einen Durchmesser in Brusthöhe von mindestens 1 cm erreicht hatten. Im einzelnen waren dazu folgende Arbeitsschritte notwendig:

- dauerhafte Markierung aller Meßbäume mit Farbe
- Ermittlung der Brusthöhendurchmesser (Bhd, in 1,3 m Höhe) bergseits mit Umfangmeßband
- Messung der Baumhöhen (nach Baumarten getrennt)
- Vitalitätsansprache der Kiefer in der herrschenden Schicht in Anlehnung an die Waldschadensinventur in 5 Schadstufen
- Bohrspanentnahmen an Kiefern und Buchen aus der herrschenden Schicht zur Ermittlung des Alters in Stock- und Brusthöhe

Im Herbst 1997 wurden ergänzend folgende Arbeiten durchgeführt:

- Wiederholung der Vitalitätsansprache an der Kiefer
- Bohrspanentnahmen (je 2 Zuwachsbohrungen pro Baum) an 40 Kiefern unterschiedlicher Vitalität zur Berechnung schadklassenspezifischer Zuwachsverläufe

4.2 Verbißinventur

Artenzusammensetzung und Zustand der Verjüngungsschicht wurden im Rahmen von Verbißinventuren

im Frühjahr 1992 (SUDA und SCHMIDT, 1992) und im Winter 1994/1995 bei einer Schneebedeckung von ca. 10 cm Höhe festgehalten (EKLKOFER und RÖHLE, 1995). Bei der Inventur im Jahr 1992 wurden nur die außerhalb des Zaunes befindlichen Partien beprobt, während bei der Folgeinventur im Winter 1994/1995 auch der Zustand der Verjüngung in den gezäunten Vergleichsflächen Gegenstand der Betrachtung war. Außerdem beschränkte sich die Folgeinventur exakt auf die in den Lageplänen eingezeichneten und im Gelände markierten Probeflächen. Bei der Inventur 1992 dagegen wurden repräsentative Ausschnitte der ungezäunten Probeflächen erfaßt, die mit den eigentlichen Versuchspartzen nicht deckungsgleich waren. Beide Inventuren waren als Vollaufnahmen konzipiert. An allen Verjüngungspflanzen wurden folgende Größen ermittelt:

- **Baumart:** Fichte, Kiefer, Ahorn, Buche, Vogelbeere, Mehlbeere, Faulbaum, sonstige Laubbäume
- **Zugehörigkeit zu einer der 3 Höhenschichten:** 21 - 50 cm, 51 - 100 cm, > 100 cm
- **Schadigungsgrad:** verbissen / nicht verbissen

Verjüngungspflanzen unter 20 cm Höhe wurden bei beiden Inventuren nicht gezählt, ebensowenig alle Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser von über 1 cm, die, wie in Abschnitt 4.1 dargestellt, im Zuge der ertragskundlichen Zustandserfassung aufgenommen wurden.

5 Ergebnisse der ertragskundlichen Untersuchungen

5.1 Vitalitätsentwicklung der Kiefer

Die Vitalitätsansprache an der Kiefer erfolgte nach der Methodik der Waldschadenserhebung der Bundesregierung in 5 Schadstufen¹⁾. Alle Angaben zur Schadsituation beziehen sich auf die gesamte Versuchsfläche, da eine parzellenbezogene Analyse aufgrund der zum Teil geringen Stammzahlen, insbesondere in den Parzellen TZ und TO, nicht sinnvoll erschien.

1) Schadsstufe 0: ohne Schadsmerkmale, Nadelverlust 0-10%
Schadsstufe 1: schwach geschädigt, Nadelverlust 11-25%
Schadsstufe 2: mittelstark geschädigt, Nadelverlust 26-60%
Schadsstufe 3: stark geschädigt, Nadelverlust 61-99%
Schadsstufe 4: abgestorben, Nadelverlust 100%

Abbildung 1 demonstriert die Schadsituation für die Kiefer nach den Ergebnissen der Ansprache im Frühjahr 1995. Wie aus der Darstellung ersichtlich wird, umfaßt der Bereich der schwach geschädigten Bäume (Schadstufe 1, Warnstufe) 17 %, und die Hälfte der Altbäume ist bereits deutlich geschädigt (52 %, Schadstufen 2 und 3), aber noch nicht abgestorben. Der Anteil der toten Kiefern liegt bei 12 %. Lediglich 19 % aller Kiefern zeigen keine Schadsymptome. Die ansonsten vitale Fichte weist einen Anteil von 7 % abgestorbener Individuen auf, bei der Buche liegt der Anteil toter Bäume bei 6 %. Zwischen Frühjahr 1995 und Herbst 1997 wandelte sich die Schadsituation nur unwesentlich. Die Bäume der Klassen 0 bis 2 zeigten keine Veränderung, d.h. sie verblieben in der bisherigen Schadklasse. Lediglich wenige Kiefern, die 1995 der Schadklasse 3 angehörten, waren zum Zeitpunkt der Wiederholungsaufnahme abgestorben.

Vergleicht man die Schadsituation auf der Versuchsfläche Karlstein mit offiziellen Angaben über den Waldzustand im bayerischen Alpenraum (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 1997), so sticht die insgesamt schlechtere Vitalität auf der Versuchsfläche ins Auge: Hier liegt der Anteil deutlich geschädigter und abgestorbener Bäume (Schadstufen 2 bis 4) mit 64 % wesentlich höher als der Durchschnittswert, der von der Forstverwaltung für das Wuchsgebiet 15 „Bayerische Alpen“ für Fichte mit 31 % und für Tanne mit 50 % beziffert wird.

5.2 Ertragskundliche Analyse der Versuchspartellen

Im folgenden werden die Ergebnisse der Bestandesaufnahme für die einzelnen Versuchspartellen, getrennt nach den jeweiligen Sanierungsverfahren, vorgestellt. Die in Tabelle 1 aufgelisteten Hektarwerte für Schaftholzvorrat und Stammzahl beziehen sich auf die Hauptbaumarten Kiefer, Fichte und Buche.

5.2.1 Partellen mit waldbaulichem Verjüngungsverfahren (Partellen WZ, WO)

Zur Erprobung der Verjüngungseinleitung durch waldbauliche Maßnahmen mit ergänzender Pflanzung wurde jener Ausschnitt der Versuchsfläche gewählt, auf dem ein lichter, überalterter, aber durchaus vitaler Kiefernbestand mit beigemischten Fichten stockt. Das

Baumverteilungsmuster ist hier ziemlich gleichmäßig, größere Lücken im Kronendach treten nur vereinzelt auf (v.a. auf Parzelle WO). Da der Altbestand auf diesem Teil der Versuchsfläche seine Schutzfunktion noch weitgehend erfüllt und der Verjüngungszeitraum deshalb über mehrere Jahrzehnte laufen kann, darf das gewählte Verfahren, bei dem auf unterstützende technische Verbauungen oder ergänzende Pflanzungen mit hohen Baumzahlen verzichtet wird, als praxisrelevant bezeichnet werden. Die Partellen WZ und WO weisen ähnliche Holzvorräte und Stammzahlen pro Hektar auf. Auch die Stammzahldurchmesserverteilungen zeigen ein nahezu übereinstimmendes Bild. Auffällig ist der geringe Anteil an Bäumen mit einem Brusthöhendurchmesser unter 9 cm. Auf der Parzelle WZ gehören nur 3 % der Kiefern und 15 % der Fichten diesem Durchmesserbereich an, auf der Parzelle WO 2 % der Kiefern und 17 % der Fichten.

5.2.2 Partellen mit Verjüngungsverfahren in Rottenstrukturpflanzung (RZ, RO)

Auf den Partellen RZ und RO ist der Altbestand aus Kiefer, Fichte und Buche schon stark aufgelichtet, auf beiden Partellen sind größere Flächen nicht überschirmt. Dies wird durch den niedrigen Holzvorrat und den geringen Anteil an Bäumen im oberen Durchmesserbereich deutlich. Im Durchmesserbereich über 19 cm ist nur noch die Kiefer in nennenswerter Anzahl vertreten. Um in den Lücken des Altbestandes einen neuen Schutzwald zu begründen, wählte man hier die Pflanzung in Rottenstruktur. Vor allem auf der Parzelle RZ gelang es durch Zäunung und somit durch Ausschluß des Wildverbisses, einen hohen Anteil an Bäumen mit Brusthöhendurchmessern unter 10 cm (92 % der Buchen und 83 % der Fichten liegen in diesem Bereich) zu sichern. Auf der Parzelle RZ liegt die Stammzahl im unteren Durchmesserbereich damit um ein Vielfaches höher als auf der Parzelle RO, was die Bedeutung des Wildverbisses für die Verjüngungsdynamik eindringlich unterstreicht (Abb. 2).

5.2.3 Partellen mit Verjüngungsverfahren mit technischer Verbauung (TZ, TO)

Die Flächen TZ und TO sind durch geklumpt verteilte Altbestandsreste und dazwischenliegende, meh-

rere hundert Quadratmeter große Lücken geprägt. Aus diesem Grund sind hier die Stammzahlen besonders niedrig. Wegen der auf der Fläche ungünstig verteilten Altbäume mußten zum Schutz der Verjüngung vor Schneebewegungen Verbauungen errichtet werden. Die Stammzahldurchmesser-Verteilung der Parzelle TO weist im unteren Bereich ein deutliches Maximum auf, welches von Kiefer, Fichte, Buche und Birke gebildet wird, während die Kiefer das obere Durchmesser-spektrum dominiert. Im Gegensatz dazu findet sich auf der Vergleichsfläche TZ im unteren Durchmesserbereich die Mehlbeere statt der Birke, der stärkere Durchmesserbereich wird von Kiefer, Fichte und Buche abgedeckt.

5.3 Ergebnisse der Zuwachsuntersuchungen

5.3.1 Altersbohrung

Die Altersbohrungen fanden an repräsentativ ausgewählten Kiefern und Buchen statt. Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, sind die untersuchten, hauptständigen Kiefern in Bruthöhe zwischen 145 und 199 Jahre alt, die in den Altbestandslücken nachwachsenden Buchen besitzen ein Alter von etwa 35 Jahren. Während die Kiefer bis zu 19 Jahre braucht, um eine Höhe von 1.30 m zu erreichen, ist dies bei der Buche schon 5 Jahre früher möglich. Demzufolge liegt der durchschnittliche Höhenzuwachs in den ersten Lebensjahren bei der Kiefer bei 7 bis 9 cm und bei der Buche bei 9 bis 11 cm. Um wirksamen Schutz vor Schneebewegungen zu bieten, müssen Bäume einen Bruthöhendurchmesser von mindestens 5 cm aufweisen. Dazu benötigt die Kiefer auf diesem Standort 40 Jahre, die Buche kann diese Dimension bereits 10 Jahre eher erreichen.

5.3.2 Zuwachsbohrung unterschiedlich stark geschädigter Kollektive

Erbanlagen und Standortfaktoren bestimmen das Wachstum von Bäumen und Waldbeständen. Konstante Standortverhältnisse vorausgesetzt, stellt sich nach ASSMANN (1961) in gleichaltrigen Hochwaldbeständen für das Zuwachsgeschehen über dem Alter ein charakteristischer Kurvenverlauf ein, den 3 Perioden unterschiedlicher Wuchsdynamik kennzeichnen:

- In der Aufschwungphase (Jugendphase), die bis zum ersten Wendepunkt der Zuwachskurve dauert, steigen die Zuwächse von Jahr zu Jahr an.
- In der Vollkraftphase, die zwischen den beiden Wendepunkten liegt und den Kulminationspunkt beinhaltet, wird die maximale Zuwachsleistung erreicht.
- In der Abschwungphase (Altersphase), die auf den zweiten Wendepunkt folgt, sinken die Zuwächse altersbedingt ab. Ohne Nutzung (Einschlag) würde sich das Absinken der Zuwächse bis zum natürlichen Alterstod von Baum oder Bestand fortsetzen.

Dieser bei Normalbedingungen zu erwartende Zuwachsverlauf ist auf Abbildung 3 schematisch dargestellt, die 3 Altersphasen treten in der Grafik deutlich hervor. ASSMANN betont, daß diese charakteristische Grundform die Zuwachsdynamik aller ungestört aufwachsenden Bestände zutreffend beschreibt und längerfristig andauernde Abweichungen vom Normverlauf nur durch eine Änderung der Umweltbedingungen, d.h. durch eine Verbesserung oder Verschlechterung der Standortverhältnisse hervorgerufen werden können. Folgt man dieser Definition des Begriffes „Standort“, so ist darunter die Gesamtheit der an einem Ort gegebenen Produktionsbedingungen zu verstehen: also nicht nur bodenchemische, bodenphysikalische und bodenbiologische Größen, sondern auch das Klimageschehen und nicht zuletzt anthropogen bedingte Faktoren.

Abbildung 4 zeigt am Beispiel der Versuchsparzelle WZ die Zuwachsverläufe ²⁾ der beprobten Altbestandskiefern und die dazugehörige Mittelwertkurve. Wie die Kurvenverläufe demonstrieren, befinden sich die Kiefern seit langer Zeit in der Abschwungphase, was bei Altern von z.T. über 200 Jahren nicht erstaunt ³⁾. Von wenigen, besonders gutwüchsigen und frei-

2) An den Kiefern der Versuchsfläche Karlstein wurden Bohrspanproben in Bruthöhe entnommen und auf diesen die Radialzuwächse vermessen. Der Radialzuwachs, der in einem Jahr geleistet wird, entspricht der Dicke des Holzmantels, der innerhalb eines Jahres am Schaft angelagert wird. An Schaftquerschnitten kann man die Radialzuwächse (Jahresringe) vor allem bei Nadelbaumarten sehr gut erkennen.

3) Wenn in Bruthöhe bei vielen Kiefern über 190 Jahrringe gezählt wurden, müssen diese Bäume mehr als 200 Jahre alt sein, da sie, wie in Abschnitt 5.3.1 gezeigt wurde, bis zu 19 Jahren brauchen, um eine Höhe von 1.3 m zu erreichen.

stehenden Exemplaren abgesehen, die keine Konkurrenten in der unmittelbaren Nachbarschaft haben, liegen die Jahrringbreiten auf diesem Standort auf relativ niedrigem Niveau: So werden während der Vollkraftphase, die etwa zwischen 1820 und 1850 anzusiedeln ist, durchschnittliche Ringbreiten zwischen 1 und 2 mm gebildet, in der Abschwungphase gehen die Werte auf 0.2 bis 0.3 mm zurück.

Zur Analyse der Zuwachstrends unterschiedlich stark geschädigter Kiefern werden die Bäume im folgenden zu 3 Kollektiven mit jeweils ähnlicher Benadelungsdichte (Kronenvitalität nach den Ergebnissen der Ansprache im Herbst 1997) zusammengefaßt und die Zuwachsmittelkurven dieser 3 Kollektive verglichen. Zum Kollektiv 1 (gesunde Bäume) zählen Kiefern der Schadklassen 0 und 1, zum Kollektiv 2 (Bäume mit mittleren Schäden) die Kiefern der Schadklasse 2 und zum Kollektiv 3 (Bäume mit starken Schäden) die Kiefern der Schadklasse 3. Um die unterschiedlich zuwachskräftigen Probestämme der 3 Kollektive auf ein einheitliches Niveau zu adjustieren und damit die Gegenüberstellung der Trends überhaupt erst zu ermöglichen, wurden die Zuwachskurven normiert, d.h. es wurden für jeden Baum Indexwerte berechnet ⁴⁾. Die Betrachtung der Indexkurven erfolgt für den Zeitraum von 1910 bis 1997, da für diese Periode von allen Altkiefern Jahrringmeßwerte vorlagen.

Wie Abbildung 5 belegt, verlaufen die Indexkurven der 3 Kollektive von 1910 bis 1980 fast synchron, Phasen kurzfristig hoher bzw. niedriger Wuchsleistungen zwischen 1920 und 1950 treten bei allen Kollektiven in nahezu identischer Form in Erscheinung. Nach 1950 ist nur noch ein leichtes Oszillieren um den Alterstrend zu beobachten, das bis 1980 anhält. Danach differenzieren sich die Trends jedoch in auffälliger Weise: Während bei den gesunden Kiefern und den Bäumen mit mittleren Schäden ein ausgeprägter Zuwachsanstieg zu verzeichnen ist, verharren die Kiefern mit starken Schäden auf konstant niedrigem Niveau und zeigen erst seit etwa 1993 eine leichte Tendenz zur Erholung.

Bei den beprobten, jüngeren Kiefern, die maximale Alter von 80 bis 100 Jahren aufweisen und im wesentlichen auf der Parzelle RO zu finden waren, verlaufen die Mittelwertkurven des Zuwachsindex für die Kollektive 1 und 2 nahezu deckungsgleich ⁵⁾, abgesehen von einem Zuwachseinbruch der Bäume mit mittleren Schäden im Jahr 1997.

5.3.3 Zusammenhänge zwischen Witterungsgeschehen und Radialzuwachs

Die Wuchsleistung von Bäumen und Beständen ist neben der Nährkraft des Standortes in hohem Maße abhängig von den Klimafaktoren Temperatur und Niederschlag. Günstige Temperaturverhältnisse in der Vegetationsperiode und ausreichende Verfügbarkeit von Wasser sind für das Wachstum besonders förderlich, Wassermangel oder niedrige Temperaturen wirken sich wachstumshemmend aus.

Um die Abhängigkeit der Wuchsleistung vom Witterungsgeschehen zu untersuchen, wurden für den Zeitraum von 1951 bis 1996 die Monatsmittelwerte für Temperatur und Niederschlag der nahegelegenen Wetterstation Bad Reichenhall aus den meteorologischen Jahrbüchern des Deutschen Wetterdienstes entnommen und den Indexkurven des Radialzuwachses der Kollektive 1 (Bäume mit Nadelverlusten bis 25 %) der Altbestandskiefern und der jüngeren Kiefern gegenübergestellt. Zur statistischen Analyse wurden Korrelationsrechnungen und multiple Regressionsanalysen angewandt.

Den Korrelationsrechnungen zufolge bestehen zwischen den Jahrringbreiten der Kiefern und den Monatsmitteln für Temperatur und Niederschlag sowie weiteren, daraus abgeleiteten Temperatur- und Niederschlagsmittelwerten mit geringerer zeitlicher Auflösung (z. B. Mittelwerte für Temperatur und Niederschlag in der Vegetationszeit bzw. im Jahresdurchschnitt) i.d.R. nur recht schwach ausgeprägte Abhängigkeiten. Trotzdem wurde der Versuch unternommen, mit Hilfe einer schrittweisen multiplen Regressionsanalyse diejenigen Bestimmungsvariablen

4) Zur Berechnung der Zuwachs-Indexwerte wurden für jeden Probestamm dessen Ringbreiten aufsummiert und daraus der Mittelwert gebildet. In einem zweiten Rechenschritt wurden die einzelnen Ringbreiten in Relation zu diesem Mittelwert ausgedrückt.

5) Für die jüngeren Kiefern konnte das Kollektiv 3 nicht gebildet werden, da in dieser Altersklasse keine stark geschädigten Bäume vorhanden waren.

herauszufiltern, die am meisten zur Erklärung der Zuwachsleistung (d.h. der Radialzuwachs-Indexkurven) beitragen. Das Ergebnis dieser Regressionsanalysen überraschte dann doch. So zeigte sich, daß bei den jüngeren Kiefern mit Hilfe von 4 Bestimmungsvariablen ⁶⁾ immerhin 42 % der Variation der Jahrringbreiten erklärt werden konnte und somit eine statistisch gesicherte Beziehung zwischen Witterung und Zuwachs besteht, bei den Altbestandskiefern hingegen mit demselben Variablensatz nur 7 % der Zuwachsschwankungen erklärbar waren.

6 Ergebnisse der Verbißinventur

Im folgenden werden die Ergebnisse der Verbißinventur im Winter 1994/95 vorgestellt. Tabelle 3 vermittelt einen orientierenden Überblick über die Verbißsituation, Abbildung 6 informiert am Beispiel der Parzellen TZ und TO über die Verbißprozente in der Verjüngungsschicht.

6.1 Parzellen mit waldbaulichem Verjüngungsverfahren

- **Parzelle WZ:** Mit Anteilen zwischen 19 und 29 % sind Vogelbeere, Mehlsbeere und Kiefer die dominierenden Baumarten in der Verjüngungsschicht. Ahorn, Faulbaum und Buche (4 bis 5 %) sowie sonstige Laubbaumarten (11 %) kommen seltener vor. Die Gesamtbaumzahl umfaßt 3700 Verjüngungspflanzen je Hektar, der Anteil verbissener Pflanzen beträgt insgesamt knapp 2 %. An Fichte, Kiefer, Buche, Faulbaum, Mehlsbeere und sonstigen Laubbaumarten waren keine Beeinträchtigungen zu verzeichnen, lediglich Vogelbeere und Ahorn zeigten Verbißspuren. In der Höhenschicht über 50 cm sind Mehlsbeere, Vogelbeere und Kiefer sowie die sonstigen Laubbäume mit respektablen Prozentsätzen vertreten, Faul-

baum und vor allem Buche nur vereinzelt, Ahorn und Fichte fehlen gänzlich.

- **Parzelle WO:** Die Mehlsbeere stellt mit 51 % den Hauptanteil in der Verjüngungsschicht, allerdings kommt sie oft als Wurzelbrut an älteren Bäumen vor. Mit jeweils 11 % sind Vogelbeere, Faulbaum und sonstiges Laubholz vertreten, Ahorn, Buche und Fichte nur mit 4 bis 5 %. Mehr als 90 % der Bäumchen in der Verjüngungsschicht haben Höhen unter 50 cm, unverbissene Bäume über 50 cm kommen (von 3 Ausnahmen abgesehen) nicht vor. Es existiert also keine entwicklungsfähige Verjüngungsschicht, die deutlich über die durchschnittliche winterliche Schneehöhe hinausragt, was auf den Verbißdruck zurückzuführen sein dürfte. Insgesamt sind auf dieser Parzelle 800 Verjüngungspflanzen je Hektar zu finden, davon zeigen 69 % Verbißspuren. Besonders stark beeinträchtigt sind Mehlsbeere und Vogelbeere, aber auch die übrigen Baumarten einschließlich der Fichte sind zu 40 bis 50 % geschädigt.

6.2 Parzellen mit Verjüngungsverfahren in Rottenpflanzung

- **Parzelle RZ:** Kiefer, Ahorn und sonstige Laubbaumarten (v. a. Birke) bestimmen mit Anteilen zwischen 21 und 33 % die Zusammensetzung der Verjüngungsschicht. Darüber hinaus sind Buche, Vogelbeere, Mehlsbeere, Faulbaum und Fichte vertreten. Zudem sind auf der Parzelle vorangebaute Buchen zu finden, die Brusthöhendurchmesser von über 1 cm erreicht haben, dem Äser des Wildes entwachsen sind und somit bei der Verjüngungsaufnahme nicht berücksichtigt wurden. Aus diesem Grund liegt die Gesamtanzahl der Verjüngungspflanzen bei nur 3300 Stück pro Hektar. Der mit 5 % ermittelte Gesamtverbiß kann als niedrig bezeichnet werden. Von allen vorkommenden Baumarten zeigt lediglich der Ahorn mit einem Verbißprozent um 20 auffällige Beeinträchtigungen, wobei sich der Verbiß auf die Pflanzen unter 50 cm Höhe konzentriert. Die nahezu unverbissene Höhenschicht über 50 cm setzt

6) Dabei handelte es sich um folgende 4 Variablen:

- Temperatur in der Vegetationsperiode
- Niederschlag in der Vegetationsperiode
- Niederschlag während des vorangegangenen Winterhalbjahres als Maß für die Aufsättigung des Bodenwasserspeichers zu Beginn der Vegetationsperiode
- Temperatur in der 2. Winterhälfte (Monate Februar und März)

sich zum Großteil aus sonstigen Laubbaumarten sowie Kiefer, Buche und Ahorn zusammen.

- **Parzelle RO:** Das Schwergewicht in der Verjüngung bildet die Kiefer mit 53 %, gefolgt von Ahorn, Vogelbeere, Mehlbeere, Faulbaum und sonstigem Laubholz mit Anteilen zwischen 11 und 7 %. Der Buchen- und Fichtenanteil liegt unter 1 %. Die ca. 6700 Verjüngungspflanzen je Hektar weisen einen Gesamtverbiß von 43 % auf. Auf dieser Parzelle haben Entmischungsprozesse zugunsten der Kiefer bereits begonnen. Dies zeigt sich erstens in den Verbißprozenten für die einzelnen Baumarten: Ahorn, Faulbaum, Vogelbeere und Mehlbeere werden vom Wild am stärksten beeinträchtigt (Verbiß zwischen 70 und 85 %), während der Verbiß bei der Kiefer mit 17 % als gering einzustufen ist. Zweitens dominiert die Kiefer in der Höhenschicht über 50 cm eindeutig: Sie stellt hier mit 83 % den Hauptanteil der unverbissenen und damit entwicklungsfähigen Bäume.

6.3 Parzellen mit Verjüngungsverfahren mit technischer Verbauung

- **Parzelle TZ (Abb. 6 oben):** Die Baumartenanteile sind mit 14 bis 24 % für Fichte, Ahorn, Vogelbeere, Mehlbeere und sonstiges Laubholz recht ausgewogen, Buche und Kiefer kommen nur vereinzelt vor. Die Gesamtbaumzahl liegt bei 5500 Verjüngungspflanzen je Hektar. Bei Fichte, Ahorn, Vogelbeere, Mehlbeere und sonstigem Laubholz sind zwischen 3 und 11 % der Bäumchen verbissen, bei Kiefer 20 %. Das hohe Verbißprozent bei der Buche (50 %) darf nicht überbewertet werden, da diese Baumart nur mit insgesamt 2 Individuen auf der Fläche vertreten ist. Der Gesamtverbiß beträgt knapp 7 %⁷⁾. In der Höhenschicht über 50 cm dominieren Ahorn und Mehlbeere mit jeweils über 30 % Anteil, gefolgt von Vogelbeere mit 18 %. Sonstiges Laubholz und die zum Zeitpunkt der Pflanzung deutlich kleinere

Fichte sind vorwiegend in den niedrigeren Höhenklassen anzutreffen.

- **Parzelle TO (Abb. 6 unten):** Bei der Gesamtanzahl von 2100 Verjüngungspflanzen je Hektar nehmen Vogelbeere, Kiefer, Fichte und sonstiges Laubholz in der Verjüngungsschicht annähernd gleiche Anteile (18 bis 28 %) ein. Buche, Faulbaum und Mehlbeere kommen dagegen nur in geringen Mengen vor. Der Gesamtverbiß liegt bei 52 %. Faulbaum, Mehlbeere und Vogelbeere sind nahezu vollständig verbissen und haben daher keine langfristige Entwicklungsperspektive, allerdings besitzen die Werte für Faulbaum und Mehlbeere wegen der geringen Individuenzahl nur beschränkte Aussagekraft. Buche und Fichte werden vom Wild seltener angenommen. Die Kiefer weist mit 14 % verbissenen Pflanzen die mit Abstand geringste Beeinträchtigung auf. In der Höhenschicht über 50 cm dominiert sie mit 58 % Anteil, was, analog zur Situation auf der Parzelle RO, auf Entmischungsvorgänge hindeutet.

7 Folgerungen - Diskussion

7.1 Schadensfortschritt und Waldentwicklung im Altbestand

Die Ergebnisse der Vitalitätsansprachen an Kiefer belegen, daß sich der Schadensfortschritt zwischen Frühjahr 1995 und Herbst 1997 deutlich verlangsamt hat. Damit folgt auch die Versuchsfläche Karlstein dem bayernweit erkennbaren Trend, der in den letzten Jahren eine Stagnation des Schadgeschehens bzw. sogar Tendenzen der Erholung geschädigter Bäume aufzeigt. Dies darf allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, daß auf der Versuchsfläche Karlstein der Anteil toter Altbestandskiefen mit 12 % sehr hoch liegt und trotz der Stagnation des Schadensfortschrittes bei Kiefern mit geringen und mittleren Nadelverlusten in den letzten Jahren einige stark geschädigte Bäume abstarben. Aufgrund der schwierigen Standortverhältnisse und des hohen Alters der Kiefer dürften sich diese Absterbeprozesse fortsetzen und in den derzeit noch relativ homogen bestockten Bereichen (Parzellen WZ und WO) Freiflächen entstehen, weshalb die Verjüngung

⁷⁾ Daß auf dieser gezäunten Fläche überhaupt Verjüngungspflanzen durch Verbiß beeinträchtigt sind, ist auf den an der Talseite leicht eingedrückten Zaun zurückzuführen, durch den möglicherweise Wild in die Parzelle eindringen konnte.

auf diesen Parzellen nur solange ohne ergänzende technische Schutzmaßnahmen aufwachsen kann, wie das Altholz noch einigermaßen gleichmäßig über die Fläche verteilt ist und wirksamen Schutz vor Schneegleiten bietet. Sollte dieser Schutz in Zukunft wegfallen, müssen auch hier kostenintensive Verbauungen errichtet werden.

Die Zuwachsuntersuchungen an Altkiefern unterstreichen, daß stark geschädigte Bäume (Schadklasse 3, Nadelverluste zwischen 60 und 99 %) die bei den Schadklassen 0 bis 2 seit 1980 beobachtete Erholung nicht mitvollziehen. Die Radialzuwächse der stark geschädigten Kiefern betragen durchschnittlich 0.1 mm pro Jahr. Bei einem Teil dieser Bäume werden in den letzten Jahren überhaupt keine meßbaren Jahrringbreiten mehr gebildet, was als Indiz für deren baldiges Absterben gewertet werden muß und die bereits diskutierte Wahrscheinlichkeit des Entstehens zusätzlicher Lücken im Bestand untermauern dürfte.

7.2 Beziehungen zwischen Witterung und Radialzuwachs

Aus den Aufzeichnungen der Wetterstation Bad Reichenhall geht hervor, daß im Untersuchungszeitraum zwischen 1951 und 1996 die Temperaturen in der Vegetationszeit (Monate April bis September) meist zwischen 13 und 15 °C lagen und die Niederschläge in dieser Periode nie unter 100 mm pro Monat fielen. Damit müßten günstige Wachstumskonstellationen auf der Versuchsfläche herrschen. Wenn trotz dieser förderlichen Umstände die Zuwachsleistungen auf ausgesprochen niedrigem Niveau liegen und darüber hinaus bei Jung- wie auch bei Altbestandskiefern die Radialzuwächse von Jahr zu Jahr stark variieren, so können die Gründe dafür nur in den ungünstigen standörtlichen Verhältnissen auf dem südexponierten Steilhang vermutet werden. Wie in Abschnitt 2 beschrieben wurde, dominieren auf der Versuchsfläche flachgründige, lehmige Böden, an einigen besonders steilen Stellen tritt Karbonatgestein offen zutage. Diese Böden verfügen nur über eine magere Ausstattung mit Nährstoffen, was die insgesamt niedrigen Wuchsleistungen erklärt. Da die Wasserrückhaltefähigkeit dieser Böden wegen ihrer geringen Mächtigkeit minimal ist und

darüber hinaus die Steilheit des Hanges den Wasserabfluß beschleunigt, führen bereits kurzfristige Trockenperioden von 1 bis 2 Wochen, die aus den Monatsmittelwerten nicht ersichtlich sind, zu wachstumswirksamen Wasserstreß. Sollen die Beziehungen zwischen Witterung und Wuchsleistung auf diesem Extremstandort genauer durchleuchtet werden, müßten deshalb Witterungsdaten in höherer zeitlicher, möglichst täglicher, Auflösung vorliegen, die allerdings nicht verfügbar waren. Warum mit Hilfe der Regressionsrechnung trotz des Fehlens von zeitlich hochaufgelösten Daten 42 % der Variation des Radialzuwachses der jüngeren Kiefern erklärbar waren, kann nicht abschließend beantwortet werden. Möglicherweise reagieren jüngere Kiefern weniger sensitiv auf kurzperiodischen Wasserstreß als Altkiefern, weshalb auch Monatsmittelwerte zur statistischen Beschreibung des Zuwachsgeschehens taugen.

7.3 Wuchsdynamik und Verbißsituation der Verjüngung

Auf den 3 gezäunten Parzellen ist der Anteil an verbissenen Pflanzen in der Verjüngungsschicht gering. Deshalb sind auch fast alle Baumarten der Verjüngung in der Höhenschicht über 50 cm anzutreffen. Auf den Parzellen RZ und TZ, auf denen Verjüngungspflanzen in Rotten bzw. flächendeckend eingebracht wurden, ist davon auszugehen, daß alle derzeit in der Verjüngung vertretenen Baumarten den neuen Hauptbestand formen werden. Auf der Parzelle WZ wurde nur in Teilbereichen durch Pflanzungen von Verjüngungsbäumchen nachgeholfen. Deswegen ist hier unter dem z.T. lückigen Altholzschirm noch keine flächendeckende Verjüngungsschicht vorhanden. Allerdings waren auch außerhalb der bepflanzten Bereiche Mehlbeere, Vogelbeere, Buche, Ahorn und Fichte in der Naturverjüngung aufzufinden.

Auf den Parzellen außerhalb des Zaunes liegen die Verbißprozente wesentlich höher als in den gezäunten Bereichen. Vor allem der starke Verbiß der Laubhölzer hat dazu geführt, daß sich die Baumartenanteile zugunsten der Kiefer verschieben (Entmischungsvorgänge). Auch zeigen die z.T. mehrfach verbissenen Laubbäume Wuchshemmungen und sind deshalb wesent-

lich seltener in den Höhengschichten über 50 cm vertreten als die Kiefern. Auf den Parzellen **RO** und **TO** dürften langfristig nur Kiefern bzw. Fichten überleben. Da sie aber nicht gleichmäßig über die Fläche verteilt vorkommen, erscheint es fraglich, ob ein aus diesem Potential an Verjüngungsbäumen hervorgehender Hauptbestand die Schutzfunktionen in ausreichender Weise erfüllen kann. Auf der Parzelle **WO** liegt die absolute Baumzahl mit ungefähr 800 Verjüngungspflanzen je Hektar auf recht niedrigem Niveau. In Kombination mit der hohen Verbißintensität ist es unwahrscheinlich, daß sich aus der derzeit vorhandenen Verjüngungsschicht ohne weitere Pflanzungen eine neue Waldgeneration entwickelt.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Verbißinventur 1994/95 mit denen der Inventur aus dem Jahr 1992 ⁸⁾ zeigt, daß aufgrund der starken Vergrasung des gesamten Waldareals seit der Bepflanzung im Zuge der Flächenanlage offensichtlich nur in geringem Umfang Naturverjüngung neu hinzugekommen ist. Deshalb verwundert es nicht, daß die Verbißprozente außerhalb des Zaunes deutlich angestiegen sind. Dies ist darauf zurückzuführen, daß ein Teil der bereits 1992 durch Verbiß geschädigten Verjüngungspflanzen mittlerweile abgestorben und deshalb meist nicht mehr auffindbar ist und die noch verbliebenen Bäume weitere 3 Jahre lang dem Verbißdruck ausgesetzt waren. Insbesondere bei Laubhölzern, und hier vor allem bei Ahorn, Vogelbeere und Mehlbeere, sind die Anteile an verbissenen Individuen so hoch, daß bezweifelt werden darf, ob der derzeit noch verbliebene Rest an entwicklungsfähigen Verjüngungspflanzen jemals Baumdimensionen erreichen wird. Bei Kiefer und Fichte dagegen ist die Verbißsituation nicht so angespannt, und es darf angenommen werden, daß in den bestehenden Rotten noch in ausreichender Anzahl vitale Verjüngungsbäume vorhanden sind, die eine neue Bestandesgeneration, allerdings als Kiefernbestand mit Fichtenbeimengungen, bilden werden.

8 Ausblick

Der Erhalt des alpinen Waldkleides ist für die menschliche Nutzung des Lebens- und Wirtschaftsraumes Alpen ebenso vonnöten wie für die Funktionsfähigkeit als Ökosystem und für die Sicherung der Artenvielfalt. Nur ein intakter Bergwald liefert alle Schutzfunktionen (Schutz vor Steinschlag, Hochwasser, Bodenerosion und Lawinen) zum Nulltarif. Der technische Ersatz dieser Schutzfunktionen ist kaum möglich, abgesehen davon, daß die dafür erforderlichen Aufwendungen exorbitante Größenordnungen erreichen würden. So kostet z.B. eine Lawinenverbauung von 1 Hektar Größe in Steilhanglagen etwa eine Million DM. Und alleine im bayerischen Alpenraum gibt es über 50 000 Hektar Lawinenschutzwald.

Um das zweifellos vorhandene Verjüngungspotential unserer Bergwälder zu nutzen und in den nächsten 30 bis 40 Jahren unter dem Schirm der verlichteten Altbestände neue Schutzwälder aufzubauen, muß der beträchtliche Verbißdruck, der zu Entmischungsvorgängen, Wachstumsdepressionen und erhöhter Mortalität in der Verjüngungsschicht führt, drastisch reduziert werden. Dazu sind die Rot-, Gams- und Rehwildbestände mit geeigneten jagdlichen Methoden auf eine Dichte zurückzuführen, die das Aufkommen und die rasche Entwicklung der standorttypischen Baumarten in der Verjüngungsschicht ohne Zäunung bzw. andere Schutzmaßnahmen gewährleistet. Außerdem würde die Reduzierung der Wilddichte auf ein ökologisch verträgliches Niveau unsere Volkswirtschaft ganz erheblich entlasten, da der verbißbedingte Schaden enorme Größenordnungen erreicht und beispielsweise für die Landkreise Traunstein und Berchtesgadener Land von SUDA und SCHAUER (1996) mit jährlich 18.6 Mio. DM beziffert wird.

8) Wie in Abschnitt 4.2 bereits erläutert, wurden bei der Verbißinventur im Jahr 1992 nur repräsentative Ausschnitte der nicht gezäunten Bereiche der Versuchsfläche untersucht, was den Vergleich der Ergebnisse der beiden Verbißinventuren relativiert.

9 Literatur

- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (1997): Waldzustandsbericht 1997. Freising, 63 S.
- Eklkofer, E. (1995): Bestandesinventur auf der Bergwald - Sanierungsfläche Karlstein des Deutschen Alpenvereins (DAV) e.V. im Berchtesgadener Land, Bericht unveröffentlicht, München.
- Eklkofer, E.; Röhle, H. (1995): Verbißsituation auf der Bergwald - Sanierungsfläche Karlstein des Deutschen Alpenvereins (DAV) e.V. im Berchtesgadener Land, Bericht unveröffentlicht, München.
- Mößmer, E.-M., Ammer, U., Knoke, T. (1994): "Technisch-biologische Verfahren zur Schutzwaldsanierung in den oberbayrischen Kalkalpen". Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 145.
- Meister, G. (1985): Übergangsstrategie zur Sicherung der Schutzfunktionen des Gebirgswaldes. DAV-Mitteilungen, Heft 3, München, S. 149 - 155.
- Röhle, H. (1997): Waldverjüngung und Wildverbiß - Pilotprojekt Karlstein im Bayerischen Alpenraum. AFZ/DerWald 52 (6), S. 328 - 331.
- Suda, M. und Schmidt, J. (1992): Verbißgutachten Sanierungsfläche Karlstein. Unveröffentlichter Bericht, München-Isen.
- Suda, M. und Schauer, T. (1996): Einfluß und volkswirtschaftliche Bewertung von Verbißschäden auf wasserwirtschaftlichen Sanierungsflächen im Bayerischen Alpenraum. Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, S. 145 - 160.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Heinz Röhle
Institut für Waldwachstum und Forstliche Informatik
Technische Universität Dresden
Wilsdruffer Str. 18
D-01737 Tharandt

Parzelle	Baumart	Stammzahl / ha	Vorrat / ha (Vfm)
WZ	Kiefer	406 (davon 67 tot)	151,4
	Fichte	33	6,6
	gesamt	439	158,0
WO	Kiefer	441 (davon 41 tot)	177,5
	Fichte	41 (davon 12 tot)	6,3
	gesamt	482	183,8
RZ	Kiefer	241 (davon 32 tot)	67,9
	Fichte	159	10,5
	Buche	845	17,0
	gesamt	1245	95,4
RO	Kiefer	329	65,3
	Fichte	59	3,4
	Buche	24	2,1
	gesamt	412	70,8
TZ	Kiefer	61 (davon 6 tot)	51,5
	Fichte	67 (davon 17 tot)	33,7
	Buche	56 (davon 6 tot)	40,7
	gesamt	184	125,9
TO	Kiefer	82	35,0
	Fichte	118 (davon 6 tot)	19,8
	Buche	65	0,7
	gesamt	265	55,5

Tab. 1: Ertragskundliche Kennwerte der 6 Untersuchungspartzellen

	Kiefer	Buche
Brusthöhenalter	145 bis 199 Jahre	32 bis 36 Jahre
Zeitspanne, um 1,30 m Höhe zu erreichen	14 bis 19 Jahre	12 bis 14 Jahre
mittlerer Höhenzuwachs/Jahr	7 bis 9 cm	9 bis 11 cm
Brusthöhendurchmesser (Bhd)	15 bis 28 cm	3 bis 7 cm
mittlerer Durchmesserzuwachs/Jahr	0,12 bis 0,19 cm	0,18 bis 0,28 cm
Zeitspanne, um einen Bhd von 5 cm zu erreichen	40 bis 45 Jahre	30 bis 40 Jahre

Tab 2.: Ergebnisse der Altersbohrungen an Kiefer und Buche

Parzelle	Anzahl Verjüngungs- bäumchen pro Hektar	Anzahl verbissener Verjüngungsbäumchen in %
WZ : mit Zaun	3700	2 %
WO : ohne Zaun	800	69 %
RZ : mit Zaun	3300	5 %
RO : ohne Zaun	6700	43 %
TZ : mit Zaun	5500	7 %
TO : ohne Zaun	2100	52 %

Tab. 3: Ergebnisse der Verbißinventur

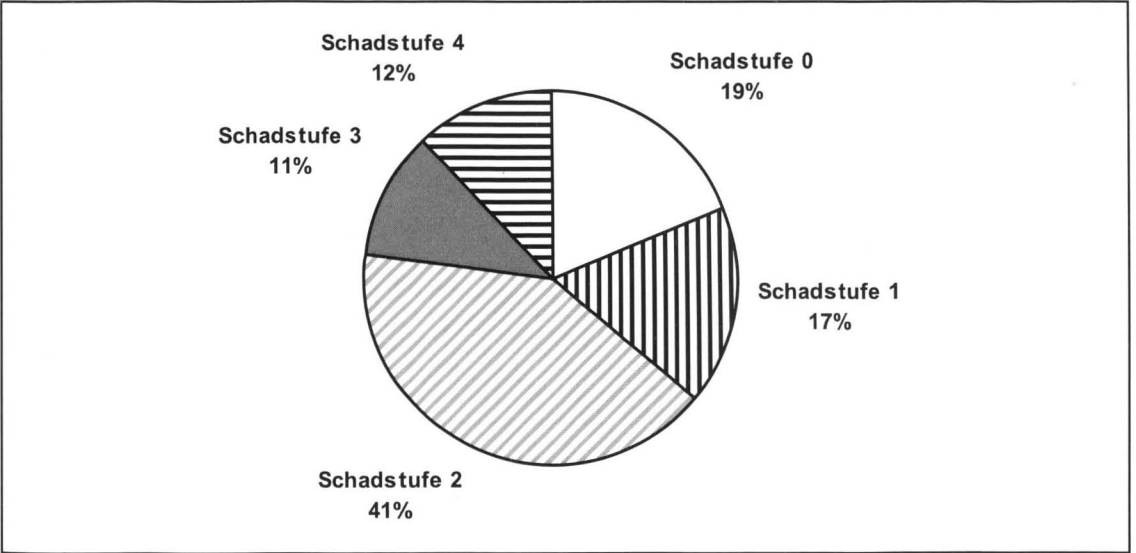


Abb. 1: Schadsituation an der Kiefer

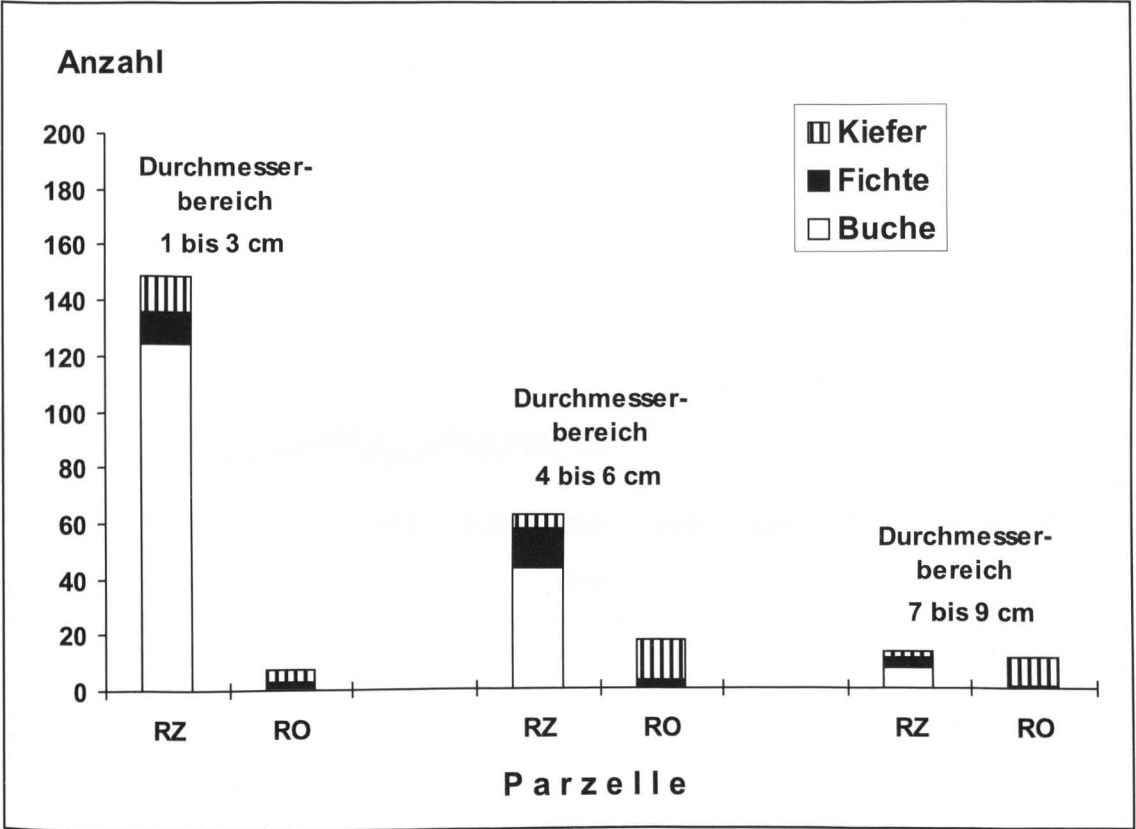


Abb. 2 : Vorkommen von Kiefern, Fichten und Buchen mit Durchmessern zwischen 1 und 9 cm auf den Parzellen RZ und RO. Insbesondere im Durchmesserbereich zwischen 1 und 3 cm fällt der Unterschied zwischen den beiden Varianten eklatant aus.

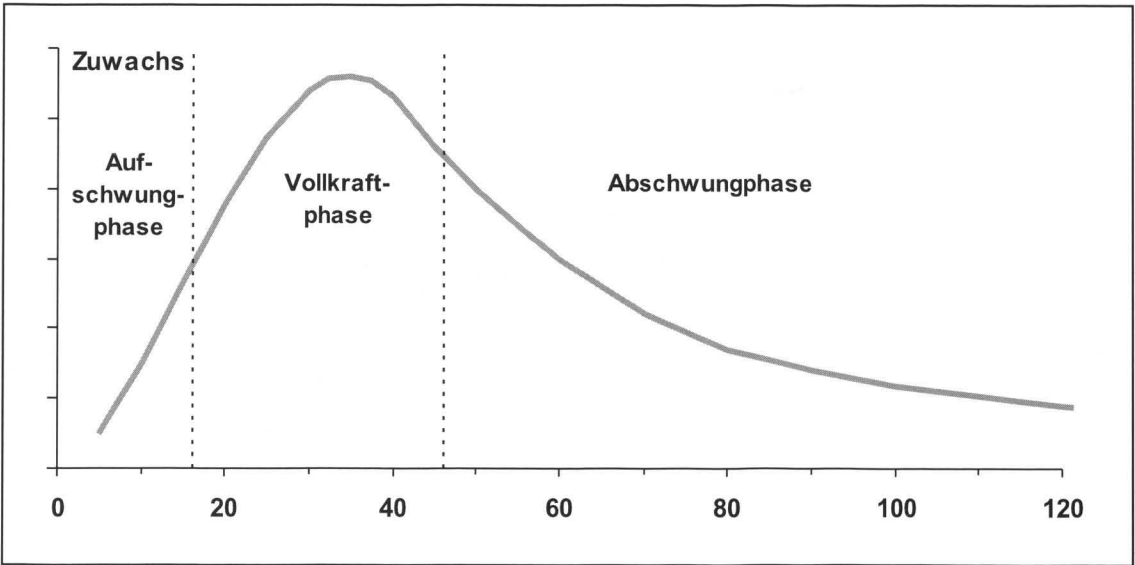


Abb. 3 : Schematische Darstellung von Zuwachsverläufen in Waldbeständen bei ungestörten Wachstumsbedingungen, nach ASSMANN (1961)

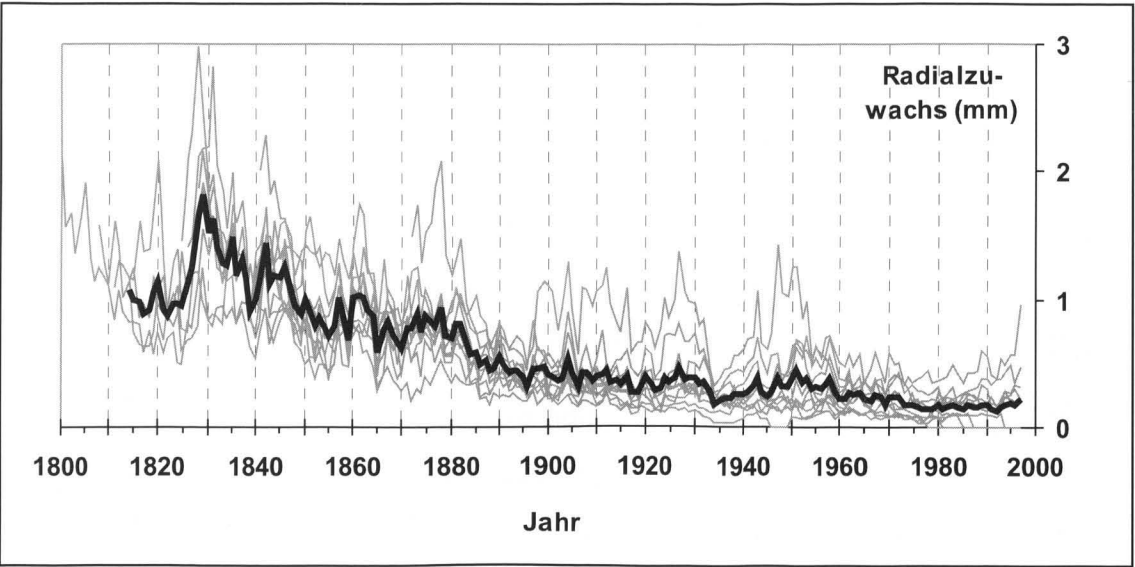


Abb. 4 : Radialzuwächse der Altbestandskiefern (dünn ausgezogene, graue Linien) und die dazugehörige Mittelwertkurve (fette schwarze Linie) auf der Parzelle WZ

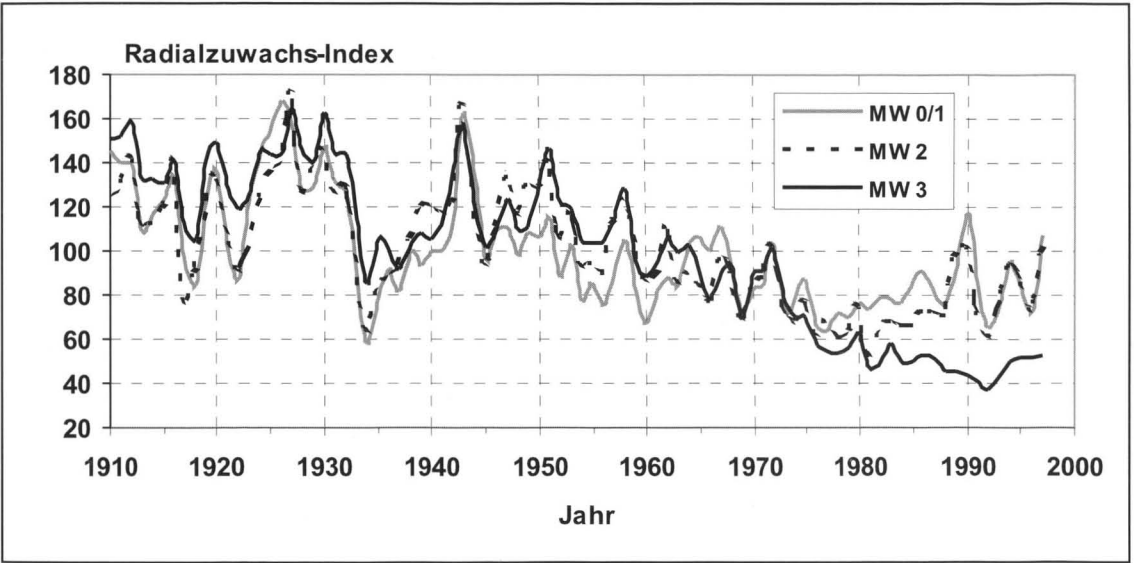


Abb. 5 : Radialzuwachs-Indexkurven der Altbestandskiefern, dargestellt als Mittelwertkurven für Kollektive unterschiedlicher Schädigungsgrade

- MW 0/1: Mittelwertkurve für Schadklasse 0 und 1
- MW 2: Mittelwertkurve für Schadklasse 2
- MW 3: Mittelwertkurve für Schadklasse 3

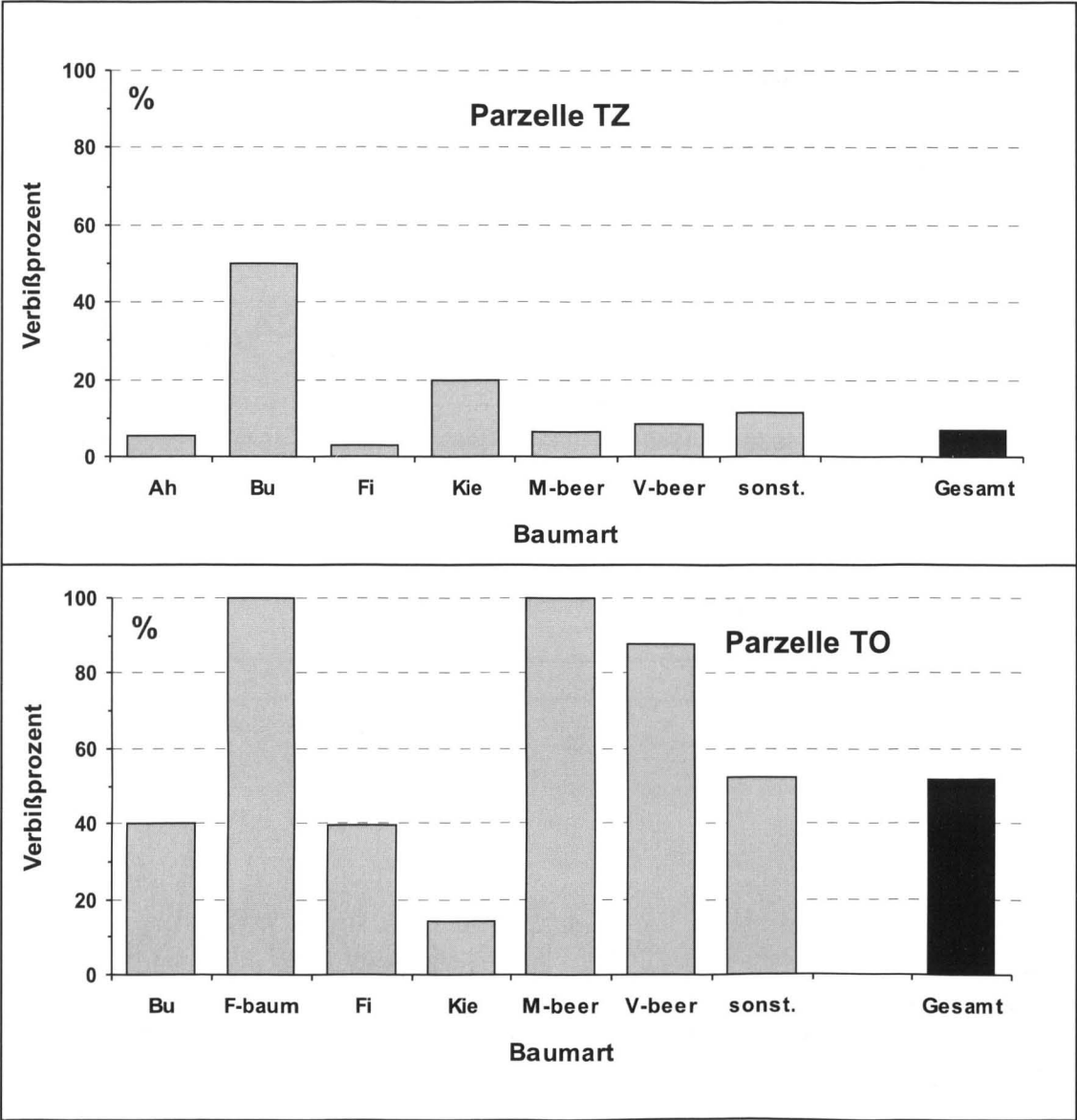


Abb. 6 : Verbißprozent nach Baumarten auf den Parzellen TZ (oben) und TO (unten)

Sanierung des Weges zur Stüdlhütte am Großglockner

durch die Sektion Oberland des Deutschen Alpenvereins

Von *Bernhard Springer*

Bauablauf / Dokumentation

Projektdaten:

Wegelänge: ca 2400 m, davon ca. 1800 m
maschinell bearbeitbar
Höhenlage: 2225 m bis 2800 m
Bauzeit: 4 Wochen, 22. Juni bis 17. Juli 1998
(ohne Nacharbeiten)
Kosten: rund ATS 560.000 bzw. DM 80.000

Die Förderung der Maßnahme erfolgte durch:

Deutscher Alpenverein
Nationalparkverwaltung Hohe Tauern
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung
und Umweltfragen
(Programm Erholung in der freien Natur)

Planung / Bauleitung:

Bernhard Springer
Landschaftsarchitekt
Oetztaier Str. 7, D-81373 München



Abb. 1

Im Sommer 1998 wurde der Hüttenanstiegsweg zur Stüdlhütte an der Großglockner-Südseite im Bereich zwischen Lucknerhütte (2227 m) und Stüdlhütte (2800 m) zur Erhaltung der Naturlandschaft des Kõdnitztales (Nationalpark Hohe Tauern) grundlegend saniert.

1. Situation

Der bestehende Weg wies zunehmende Schäden auf. Bedingt durch mangelnde Pflege des Weges über einen längeren Zeitraum (vor Übernahme des Gebietes durch die Sektion Oberland des DAV) waren Wasserableitungen nicht mehr funktionsfähig, der Wegeverlauf durch eine Unzahl von Abkürzern durch das Gelände zum Teil nicht mehr ersichtlich, es existierten teilweise mehrere Parallelwege. Insbesondere die steileren Abkürzungen hatten sich bereits in den Hang eingeschnitten und bildeten tiefe Erosionsrinnen. Auch bei Hangquerungen hatten sich die Wege bereits in wasserführende Rinnen eingetieft. Bei Regen bzw. Schneeschmelze waren diese derart überflutet, daß die Bergsteiger natürlich die trockeneren, oberliegenden Vegetationsflächen begingen und hier neue Wege / Rinnen eingetreten wurden. Die Sanierungsarbeiten sollen diesen Kreislauf mit immer schneller fortschreitenden Erosionsschäden durchbrechen, sowie bereits bestehende Schäden beseitigen.

2. Arbeitsgebiet

Das Arbeitsgebiet erstreckt sich von der Lucknerhütte auf 2242 m bis zur Stüdlhütte auf 2800 m. Der Weg verläuft hierbei zuerst durch die Westhänge über dem Bach bis zur Talverengung bei ca. 2280 m (Bereich von der Seite her mit starker Oberboden-/Feinerdeanschwemmung), quert dann über der Klamm auf eine Terrasse über dem Bachbett (Bereich z.T. sehr flachgründig, auf der Terrasse durch parallel verlaufende Wege großflächig bis zum felsigen Untergrund abgetreten). Nach einer neuerlichen Querung bei ca. 2350 m in das Bachbett über eine Felsnase (anstehender Felsuntergrund) wird die Brücke über den Kõdnitzbach erreicht. Nun werden die Ost- und Südhänge im Bereich des Blauen Wandls gequert bzw. erstiegen (Bereich durch viele Abkürzer zerfurcht) bis zum Übergang in flacheres Gelände auf ca. 2500 m. An der

Abzweigung zur Glorierhütte vorbei verläuft der Weg mittig auf einem Geländerücken, wobei durch viele Nebenwege eine Breite von bis zu 8 m beeinträchtigt und ohne Vegetationsschicht ist. Bei ca. 2670 m erreicht der Weg die nunmehr weitgehend nordseitigen Schutthänge unterhalb der Stüdlhütte; ab hier ist auf Grund der Steilheit Maschineneinsatz nicht mehr möglich, auch sind die Schäden hier nur noch lokal begrenzt (Wegezerstörung durch Schneedruck / Lawinen) und von Hand zu beheben.

Die vorherrschenden Vegetationsdecken bestehen auf den grundsätzlich sauren Standorten zunächst aus artenreichem Blaugras-Horstseggenrasen (wichtigste Arten Blaugras, Horstsegge; Hornklee, Wundklee, Läusekraut, Kugelblume), im steileren Bereich des Blauen Wandls aus ebenfalls sehr blumenreichen Krummseggenrasen (Krummsegge; Gamsheide, Kriener Kreuzkraut, Zwerg-Teufelskralle, Zwergprimel, Zwerg-Seifenkraut, Bayer. Enzian). Oberhalb sind je nach Dauer der Schneebedeckung basiphile Schneetälchenvegetation (Soldanelle, Klebrige Primel, Enzian) oder Pioniergesellschaften der Schutthänge (Steinbrechgewächse, Mauerpfeffer) anzutreffen.

Die Belastung des Weges ist auf Grund der Mautstraße bis ca. 1950 m (Lucknerhaus) und der Beliebtheit des „höchsten Berges Österreichs“ enorm, es handelt sich sowohl um eine bequeme Bergwanderung bis zur Stüdlhütte als auch um den kürzesten Normalanstieg zum Gipfel. Daher mußte von der Mindestforderung ausgegangen werden, daß zwei sich begegnende Bergsteiger aneinander vorbeikommen, ohne wieder in rekultivierte / begrünte Bereiche ausweichen zu müssen.

3. Arbeitsmethodik / Durchgeführte Arbeiten

Sowohl die Höhenlage / schwierige Erreichbarkeit / Steilheit des Geländes als auch die Belange des Natur- und Umweltschutzes erforderten einen sehr hohen Anteil an Handarbeit. Glücklicherweise konnte sich die Sektion Oberland hier auf eine sehr engagierte und beachtliche Anzahl von freiwilligen Helfern verlassen. Ein ebenso einsatzfreudiger wie entsprechend dem schweren Gelände besonnener Maschinist stand durch die Osttiroler Baufirma Weiler-Bau mit einem Mini-Bagger mit Gummiraupen zur Verfügung.

Mit Maschineneinsatz wurden hierbei vorrangig folgende Arbeiten durchgeführt:

Aushub / Planie neue Wegetrasse; Abschremmen von Hindernissen im Wegeverlauf; Einbau von Stufen aus großen, nicht mehr händisch zu bewegenden Steinblöcken; Aushub und Anlage von Wasserableitungen; Einebnung / Auffüllung von Erosionsrinnen; Abtrag / Wiedereinbau von überstehenden Rasenbülten / Verteilung von vorhandenem Oberboden.

Von Hand wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

Mithilfe und Nacharbeiten beim Baggereinsatz; Nachplanie des Weges; Materialbeschaffung und -transport von kiesigem Wegebaumaterial und zur Auffüllung von Erosionsrinnen aus dem Bachbett bzw. der Umgebung; Nachplanie der rekultivierten Bereiche, Aufrauhern, Ansaat; Einbau von Absperrungen; Transport von Zubehör für den Bagger (Schremmhammer); Brückenbau.

Die durchgeführten Arbeiten lassen sich grundlegend in folgende Teilziele untergliedern:

3.1 Eindeutige Wegfestlegung, z.T. neue, günstigere Trassierung des Weges

3.2 Abtrag von talseitigen Rasenhügeln bzw. Aufschüttung des Weges zur ständigen seitlichen Wasserableitung

3.3 Ständige Ableitung von Hangwasser durch Einbau von Rinnen / Wasserauskehrungen

3.4 Rekultivierung von unzähligen Abkürzern, die bereits tiefe Erosionsrillen gebildet hatten, durch Einebnung, Ansaat, Absperrung und Begrünung (s. auch 3.7)

3.5 Neubau des Holzsteges über den Ködnitzbach

3.6 Behebung von Schäden im oberen Schutthang

3.7 Vegetationstechnische Arbeiten und Begrünung

3.1 Eindeutige Wegfestlegung, z.T. neue, günstigere Trassierung des Weges

Im Bereich vor der Talverengung auf ca. 2280 m wurde der Weg auf die im Aufstiegssinne linke Begrenzungsrippe verlegt, da diese im Frühjahr viel eher ausapert und damit Unsicherheiten in der Wegeführung v.a. beim Abstieg (Weiterweg nach Abrutschen über Schneefeld) vermindert werden. Ebenso wurde durch



Abb. 2: Unklarheit vor der Sanierung: Wo ist hier der Weg?



Abb. 3



Abb. 4

Ca. 2280 m
Durch Verlegung
des Weges auf die
linke Hangkante
ist der Wegeverlauf
früher im Jahr
erkennbar, die
zahlreichen Parallel-
wege können
begrünt werden.



Abb. 5: Ca. 2350 m, vor Brücke; Juni 1997, Felsnase wird an mehreren Stellen umgangen.



Abb. 6: Juli 1998: Nach Abschremmen der Felsnase können die nunmehr überflüssigen Begleitwege begrünt und abgesperrt werden.



Abb. 7: Wegeführung durch Absperrungen nach Rekultivieren der Nebenwege, ca. 2400 m.



Abb. 8: Wegeführung durch Leitsteine als vorübergehende Lösung, ca. 2570 m, bis das angesäte Gelände neben dem Weg wieder bewachsen ist.

Wegschremmen der Felsnase vor dem Bachübergang auf ca. 2350 m diese Trasse festgelegt und somit die vielfältigen Querungen an dieser Stelle reduziert.

Im Bereich oberhalb des Steilstücks des Blauen Wandls, in dem der Weg mit mehreren Parallelwegen netzförmig den Hangrücken zwischen ca. 2520 m und 2670 m Hangrücken überzieht, wurde die für Auf- und Abstieg günstigste Wegführung betont angelegt und die seitlichen Wege rekultiviert.

Weitere Maßnahmen zur eindeutigen Wegfestlegung sind auch die eingebauten Absperrungen mit Rundhölzern, wobei bereits die Anordnung der Absperrungen an unklaren Punkten den Strom der Bergsteiger in die richtige Richtung lenken sollen sowie die zum jetzigen Zeitpunkt wohl noch überdimensioniert wirkende Markierung des Weges mit aufgestellten Steinplatten und „Steinmannl'n“, die jedoch nur vorübergehend im Gegensatz zur farbigen Markierung zum Schutz der rekultivierten Bereiche notwendig ist.



Abb. 9: Ca. 2380 m, Juni 1997.

3.2 Abtrag von talseitigen wasserführenden Aufhügelungen bzw. Aufschüttung des Weges zur ständigen seitlichen Wasserableitung

Durch Hangwasser, das in den Wegequerungen schräg abgeleitet wird (auch bei Bachübergängen) sind talseitig z.T. bis zu 50 cm hohe Rasenbulten entstanden. Im Zuge der Wegeanlage wurden diese abgetragen, die dahinter liegenden Rinnen mit größeren Steinen aufgefüllt. Zum einen wird hierdurch die Fließgeschwindigkeit des Wassers in den Rinnen herabgesetzt, mitgeführtes Feinmaterial bleibt liegen, die Rinnen werden wieder gefüllt, zum anderen wird ein neues, günstiges Wegeprofil mit ständigem Quergefälle hangabwärts geschaffen, bei dem anfallendes Hang-, Schmelz- und Niederschlagswasser sofort aus dem Wegbereich abgeleitet wird.

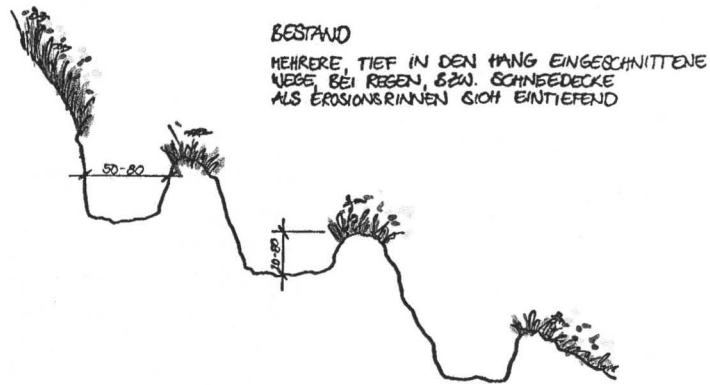
3.3 Ständige Ableitung von Niederschlags- und Schmelzwasser durch Einbau von Rinnen / Wasserauskehrungen

Um ein erneutes Eintiefen der Wege zu vermeiden,

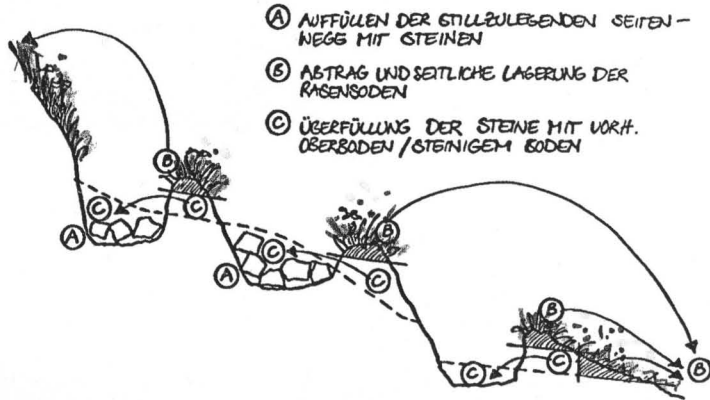


Abb. 10: Juli 1998.

SCHEMASCHNITT REKULTIVIERUNG NEBENWEGE,



1. ARBEITSGANG



2. ARBEITSGANG

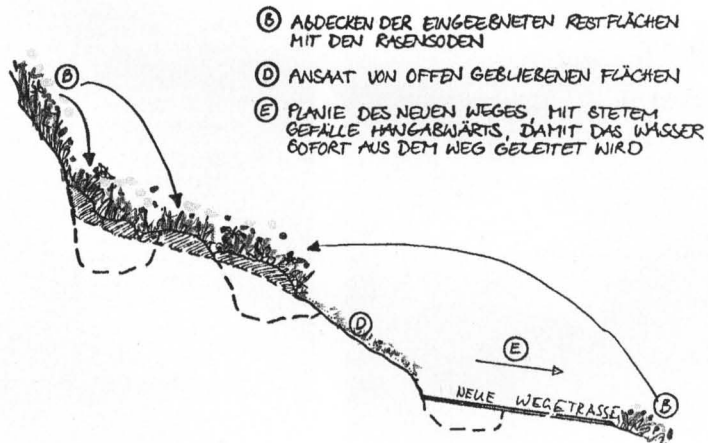


Abb. 11: Schemaschnitt Rekultivierung Nebenwege und hangquerende, wasserführende Wege.

wurden je nach Erfordernis Wasserauskehrungen eingebaut. Diese wirken im trockenen Zustand vielleicht übertrieben, sind aber eben hauptsächlich auf Schmelzwasser im Frühjahr und frühsummerliche Schauer ausgerichtet.

3.4 Rekultivierung von unzähligen Abkürzern, die bereits tiefe Erosionsrillen gebildet hatten, durch Einebnung, Ansaat und Absperrung sowie vegetationstechnische Arbeiten im Umgriff der bearbeiteten Wegestrecke.

Nach Möglichkeit machinell, im zu steilen Bereich v.a. des Blauen Wandls aber auch von Hand wurden Abkürzer und die daraus resultierenden Erosionsrillen zuerst mit Steinen aufgefüllt, die Rasenbulten / Rasensoden, die zwischen den Wegen übrig waren abgetragen, seitlich gelagert und nach Einebnung des Geländes wieder aufgetragen und angepaßt.

Da die gewonnenen Rasensoden naturgemäß nicht zur Begrünung der vegetationslosen Flächen ausreichen konnten, erfolgte in den restlichen Bereichen eine Ansaat mit standortgerechter Rasenmischung („Alpinrasen Großglockner“ der Kärntner Saatbaugesellschaft).



Abb. 12



Abb. 13: Abkürzer auf ca. 2490 m vor und nach Sanierung.

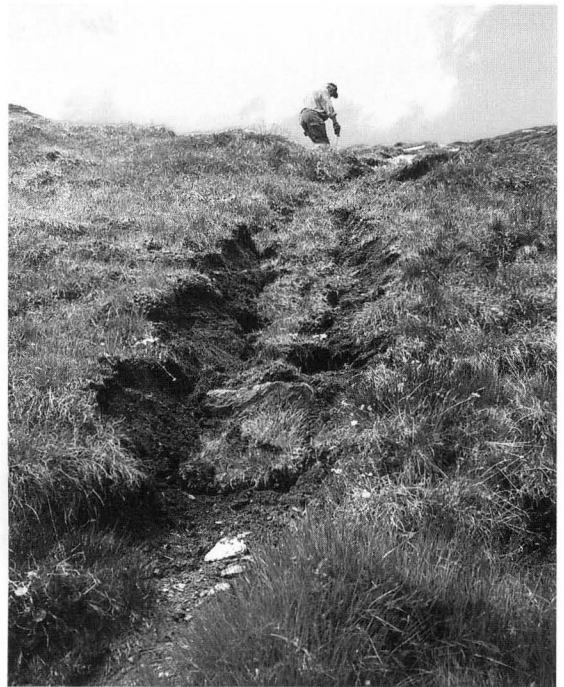


Abb. 14



Abb. 15: Auffüllung mit Steinen von tieferen Rinnen.



Abb. 16: Maschineller Wiederauftrag von abgehobenen Rasensoden.



Abb. 17: Einebnung, Nachplanie, Ansaat von durch vielen Abkürzern durchzogenem Bereich auf ca. 2450 m.



Abb. 18: Einebnung des Bereiches auf ca. 2280 m, einsetzen der vorhandenen Rasensoden als Initialpflanzung zwischen angesäten Bereichen.

nossenschaft für hochalpine, saure Standorte), Aussaatmenge ca. 15 g / m². Es ist jedoch zu erwarten, daß diese Bereiche während der nächsten 1-2 Jahre noch Nachbehandlung / Nachsaat (in allerdings weitaus kleinerem Umfang) erfordern.

Um die rekultivierten Bereiche vor erneuter Zerstörung durch Abkürzungen zu sichern, wurden an neuralgischen Punkten Absperrungen aus Rundholzstangen eingebaut.

3.5 Neubau des Holzsteges über den Ködnitzbach

Im Bereich des Bachüberganges auf ca. 2340 m wurde eine neue Holzbrücke gebaut, die über die Winter-

periode zerlegt werden kann (Lawinen- und Hochwassergefährdung), Als dauerhaftes Material wurde für die Roste Lärchenholz gewählt. Der Transport der Holzteile erfolgte mittels Helicopter. Das Auflager des östlichen Brückenkopfes ist ein massiver, vor Ort zusammengesetzter Drahtschotterkorb, am Westufer konnte nach Abschremmen ein großer Felsklotz im Bach verwendet werden.

3.6 Behebung von Schäden im oberen Schutthang

Einzelne Stellen, an denen der Weg durch Schneedruck oder Lawinen abgerutscht war, wurden wieder instandgesetzt.

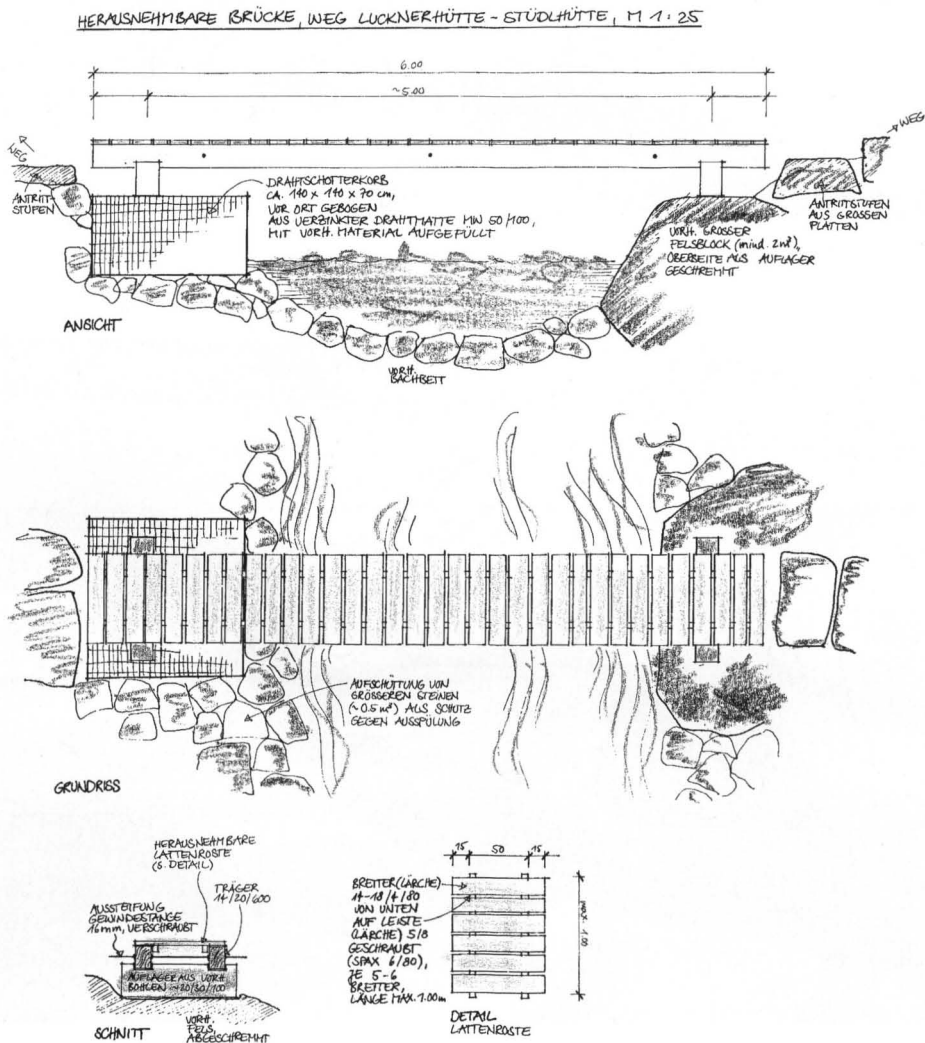


Abb. 19: Planskizze Brücke



Abb. 20: Brücke über Ködnitzbach: Transport von Steinblöcken mit archaischen Mitteln.



Abb. 21: Drahtschotterkorb mit Trägern.



Abb. 22: Herausnehmbare Roste.



Abb. 23: Fertige Brücke.



Abb. 24: Ca. 2730 m, oberer Schutthang.

3.7 Vegetationstechnische Arbeiten und Begrünung

Diese Arbeiten gehen nahtlos in die vorangegangenen Punkte, vor allem in die unter 3.4 genannte Rekultivierung über.

Wie bereits erwähnt, wurde sorgfältig darauf geachtet, vorhandene, bewachsene und durchwurzelte „Rasensoden“ (die natürlich auch mit Blumen durchsetzt waren) als wiederverwendbare Stücke abzutragen, zwischenzulagern und so schnell wie möglich wieder einzubauen (Verhinderung von Austrocknung).

Zur Begrünung von längeren, stillgelegten Parallelwegen wurden auch aus angrenzenden Wiesen schmale Streifen (ca. 5 x 20 cm) ausgehoben und diese zusätzlich als Initialpflanzung in die aufgelockerten und angesäten Wege eingebaut.

Der Großteil der rekultivierten Flächen wurde jedoch mit standortgerechtem Rasen angesät. Die verwendete Gräsermischung „Alpinrasen Großglockner“ (RENATURA A 1, Spezialmischung für alpine Lagen und saurem Ausgangsgestein) wurde mit einer Aussaatmenge von ca. 15 g/m² ausgebracht. Auf Düngung oder ingenieurbologische Aussaatarten mußte verzichtet werden, um das Schutzgebiet des National-

parks Hohe Tauern in dieser empfindlichen Höhenlage vor Eintrag von Fremdmaterialien zu schützen.

Die ausgesäte Gräsermischung setzt sich aus Gräsern und Blumen wie folgt zusammen:

Alpenrotschwengel	<i>Festuca. nigrescens</i>
Alpenrispengras	<i>Poa alpina</i>
Violettbrauner Alpenschwengel	<i>Festuca. violacea</i>
Alpenschaftschwengel	<i>Festuca. supina</i>
Alpenlieschgras	<i>Phleum alpinum</i>
Drahtschmiele	<i>Avenella flexuosa</i>
Rotstraußgras	<i>Agrostis ca. pillaris</i>
Jährige Rispe	<i>Poa annua</i>
Weißklee	<i>Trifolium repens</i>
Hornklee	<i>Lotus corniculatus</i>
Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i>

Diese Arten sollen hierbei nicht die endgültige Zusammensetzung der Vegetationsdecke darstellen. Vielmehr ist durch den hohen Anteil von schnellkeimenden Kleesorten ein rascher Schluß der Pflanzendecke und damit eine Herabsetzung der Fließgeschwindigkeit von Oberflächenwasser (Verminderung der Erosionsgefahr der frisch bearbeiteten Böden) beabsichtigt. Da die rekultivierten Bereiche vorwiegend linear und nicht großflächig strukturiert sind, kann dann

trotz der Höhenlage und der kurzen Vegetationsperioden mit einem raschen Einwandern von standorttypischen Gräsern und Blumen aus der unmittelbaren Nachbarschaft gerechnet werden.

Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß die Absperungen auch weiterhin akzeptiert werden. Für 1999 ist daher das Aufstellen von Informationstafeln am Parkplatz und auf der Stüdlhütte geplant.



Abb. 25: Aufhacken / lockern der festgetretenen Oberbodenschicht und Ansaat.



Abb. 26: Initialpflanzungen mit Grassoden aus der Umgebung, die dortigen kleinen Löcher können aus der umgebenden Pflanzendecke schnell wieder zuwachsen.



Abb. 27: Wiedereinbau von Rasensoden, die beim Aushub von Wasserauskehrungen oder beim Abtrag von talseitigen Rasenbulten gewonnen wurden.



Abb. 28: Nach nur ca. 3 Wochen zeigte sich im Bereich der bearbeiteten Flächen (hier auf ca. 2280 m) bereits ein anfänglicher Vegetationsschluß, v.a. durch die Kleearten.

4. Impressionen



Abb. 29: Einer der wesentlichen Gesichtspunkte war, den Maschineneinsatz so schonend wie möglich zu gestalten, um den alpinen Charakter dieses Weges im Hochgebirge zu erhalten.



Abb. 30



Abb. 31: Trotz Maschineneinsatz war daher umfangreiche Handarbeit erforderlich.



Abb. 32: Einbau von Stufen von Hand.



Abb. 33: Einbau von Stufen mit Bagger.



Abb. 34: Unglaubliche Leistungen unseres Baggerfahrers im Bereich Blaues Wandl.



Abb. 35: Einbau von Absperungen.



Abb. 36: Geschafft! Nach knapp 4 Wochen war das schwierigste Stück bis zum oberen Ende des Blauen Wandls fertiggestellt.



Abb. 38: Mittagspause.



Abb. 38: Zufriedener Begutachter des „Neuen“ Weges.

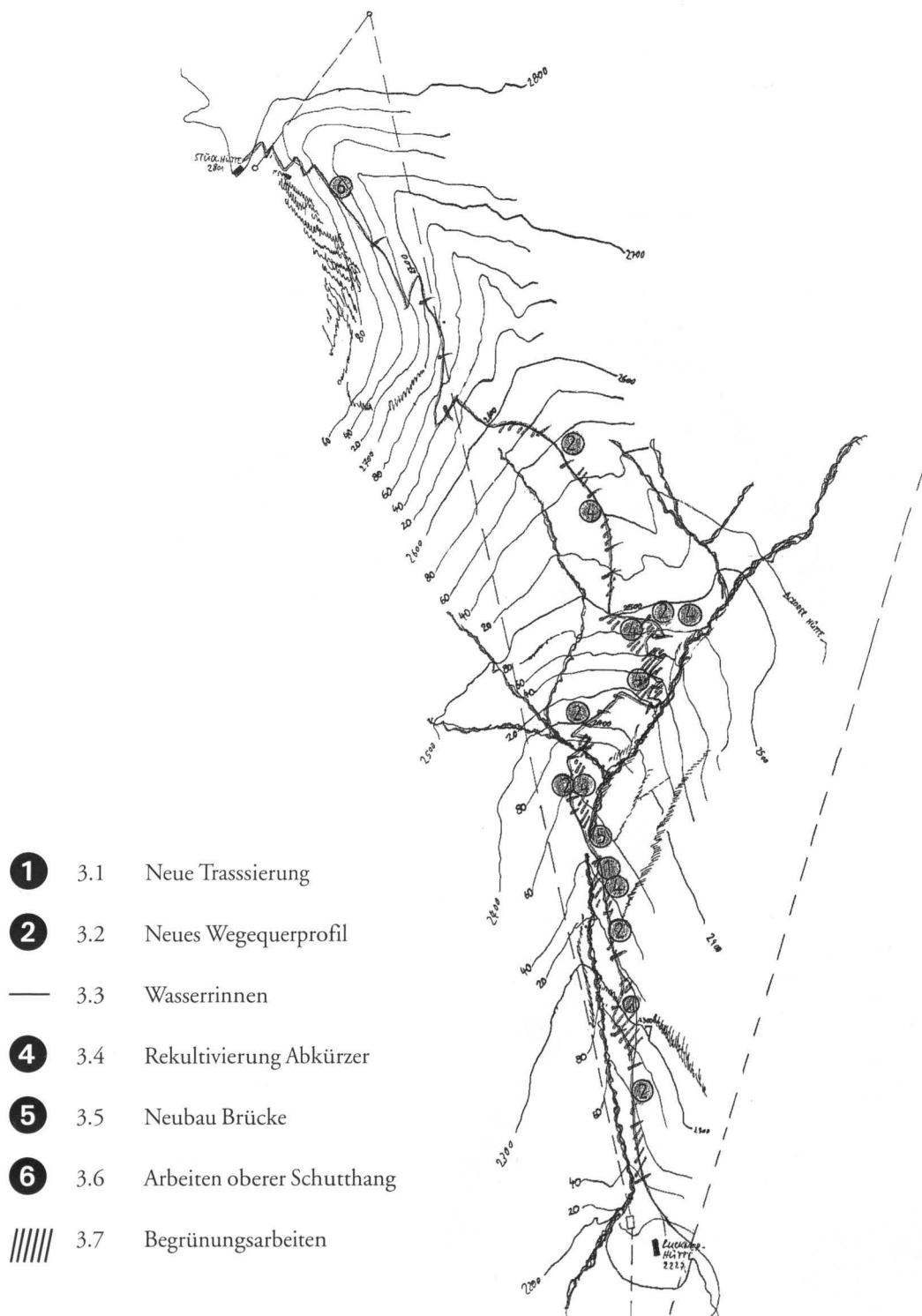


Abb. 39: Lageskizze M 1 : 10000 und hauptsächliche Verteilung der Arbeitspunkte.

Über die „aufrechten Berg-Kiefern“ im Wimbachgries – Nationalpark Berchtesgaden

Von Monika Konnert, Teisendorf, Andreas Ludwig, Teisendorf und Giuseppe Vendramin, Florenz

Im Wimbachtal, einem Hochtal zwischen Watzmann- und Hochkaltermassiv (Nationalpark Berchtesgaden) sind aufrechte und kriechende Formen der Berg-Kiefer (*Pinus mugo*) in unmittelbarer Nachbarschaft anzutreffen. Die Frage, ob es sich hier um eine oder zwei verschiedene Arten der Bergkiefer, Latsche und Moorbergkiefer, oder sogar um ein endemisches Vorkommen der in den Pyrenäen beheimateten Haken-Berg-Kiefer handelt, ist noch nicht geklärt, ist aber u.a. bei Generhaltungsmaßnahmen wichtig. Neben Untersuchungen der Zapfenform (als wichtiges Unterscheidungsmerkmal) wurde erstmals nach Unterschieden in den Erbanlagen zwischen streichenden und aufrechten Formen mittels isoenzymatischer und molekulargenetischer Methoden gesucht.

Die Zapfenform spricht dafür, daß es sich im Wimbachgries überwiegend um Latsche (*Pinus mugo* ssp. *mugo*) handelt, unabhängig von der Wuchsform. Genetische Unterschiede zwischen aufrechten und kriechenden Exemplaren wurden auch nicht festgestellt. Es wird deshalb angenommen, daß die unterschiedlichen Formen der Berg-Kiefer im Wimbachgries überwiegend Spielarten einer Unterart u.zw. der Latsche (*Pinus mugo* ssp. *mugo*) sind. Ein endemisches Vorkommen der Haken-Berg-Kiefer kann aufgrund der Ergebnisse ausgeschlossen werden. Die sich daraus ergebenden Schlußfolgerungen für die Generhaltung werden diskutiert.

Problemstellung

Zwischen dem Watzmann- und dem Hochkaltermassiv erstreckt sich ein bei 700 m ü. NN beginnendes und bis auf 1750 m ü. NN ansteigendes Hochtal, das Wimbachtal. Nach Süden wird das ca. 12 km² große Tal von steilen Felshängen begrenzt. Nach Norden hin hat es einen engen Ausgang ins Ramsautal (Abb.1). Im südlichen Teil des Wimbachtales sind ab ca. 1000 m ü. NN aufrechte und kriechende Formen der Berg-Kiefer (*Pinus mugo*) in unmittelbarer Nachbarschaft anzutreffen (Abb. 2). Die aufrechten Formen sind auf den relativen flachen Talgrund, das Wimbachgries, beschränkt. Die kriechenden Formen siedeln vor allem an den steilen, von Muren und durch Schneebewegungen beeinflussten Lagen. Ab einer Höhenlage von ca. 1450 m ü. NN werden die aufrechten Formen immer mehr von den kriechenden ersetzt.

Experten stellen schon seit langem die Frage, ob es sich hier um zwei verschiedene Unterarten der Berg-Kiefer, nämlich um die Latsche (*Pinus mugo ssp. mugo*) und die Moor-Berg-Kiefer (*Pinus mugo ssp. rotundata*), oder sogar um ein endemisches Vorkommen der in den Westalpen und Pyrenäen beheimateten Haken-Berg-Kiefer (*Pinus mugo ssp. uncinata*) handelt (LIPPERT et al. 1987, S. 90; HEGI 1981, S. 101). Eine klare Antwort konnte bislang nicht gegeben werden. Nicht auszuschließen ist auch, daß es hier aufgrund besonderer standörtlicher Voraussetzungen nur zu einer Entfaltung der Formenvielfalt der Latsche (*Pinus mugo ssp. mugo*) gekommen ist.

1987 wurde die Bayerische Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht Teisendorf (kurz Landesanstalt) mit dem Programm zur Erhaltung seltener Baum- und Straucharten in Bayern beauftragt. Im Rahmen dieser Generhaltungsmaßnahme bezog die Landesanstalt das Berg-Kiefern-vorkommen im Wimbachtal mit in Beerntungsaktionen ein. Damit stellte sich aber die Frage nach der „richtigen Art“. Auch stand man vor dem Problem, ob die aufrechten und streichenden Formen getrennt beerntet werden sollten oder ob eine Beerntung aus vegetationskundlichen Erwägungen (u.U. endemisches Vorkommen der Haken-Berg-Kiefer) zum Zwecke der Vermehrung und damit Verbreitung unterbleiben sollte, bzw. bestenfalls als ex-situ Generhaltungsmaßnahme akzeptabel wäre.

Um diesen Fragen nachzugehen wurde zum einen, ähnlich wie schon in vorherigen Untersuchungen (CHRISTENSEN 1987), die Zapfenform als Unterscheidungsmerkmal herangezogen, zum anderen wurden erstmals biochemisch-genetische und molekulargenetische Analysen an streichenden und aufrechten Formen aus dem Wimbachgries vorgenommen, um eventuelle genetische Unterschiede zu finden.

Angaben zu Standort und Vegetation des Wimbachgries

Wie der Name „Gries“ schon andeutet, ist das Tal mit Gesteinsschutt verfüllt. Es besteht fast ausschließlich aus Raumsandolomit, der durch die häufigen Frostwechseltage aus den Felswänden gesprengt wird und sich auf Schuttkegeln ablagert. Im Sommer treten häufig Unwetter mit hohen Niederschlägen von bis zu 81 l/m² in 1,5 h auf (SCHLESINGER, zitiert bei THIELE 1978, S. 8). Die mittlere Jahresniederschlagssumme beträgt ca. 1800 bis 2500 mm. Bei Stark- und Dauerregen verlagert sich der Schutt durch Herabsetzung der inneren Reibung. Dabei beginnen die Schuttkegel, aber auch die weiten offenen Schuttflächen zu fließen, wodurch gewaltige Massenverlagerungen zustande kommen (MAYER et al. 1967). Durch das geringe Gefälle des Talbodens sind Lawinen sowie Schneekriechen und -gleiten nur im Bereich der Einhänge möglich.

Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei etwa 2°C bis 5°C. Durch die hohen Felswände, die das Tal umgeben, gelangt nur wenig direkte Sonneneinstrahlung auf den Talgrund. Der Standortfaktor Wind ist im Wimbachgries von geringer Bedeutung. In dem engen, windgeschützten Tal gibt es laut THIELE (1978, S. 13) keine Vegetationseinheiten, die an ausgesprochen windexponierte Lagen gebunden sind. Die Vegetation besteht vor allem aus Steinschuttgesellschaften, alpinen Kalk-Magerrasen, Schneeheide-Alpenrosengebüschen und ähnlichen Vegetationseinheiten. Bergmischwaldgesellschaften unterschiedlicher Ausprägung sind vor allem im unteren Teil des Tales anzutreffen. Im oberen Wimbachtal sind, wie schon eingangs erwähnt, die kriechenden und aufrechten Formen der Berg-Kiefer auf großer Fläche zu fin-

den. Im Hinblick auf die Vegetation gilt dieser Teil als einer der natürlichsten Bereiche des Nationalparks Berchtesgaden.

Unterscheiden sich kriechende und aufrechte Exemplare in ihrer Zapfenform?

Die zwei bis fünf Zentimeter langen, mehr oder weniger symmetrischen Zapfen der Latsche (*Pinus mugo ssp. mugo*) besitzen relativ flache Schuppenschilder mit einem zentral oder wenig unter der Mitte liegenden Nabel. Die Haken-Berg-Kiefer (*Pinus mugo ssp. uncinata*) läßt sich von der Latsche anhand des größeren und asymmetrischen Zapfens mit seinem hakenförmigen Schuppenschild unterscheiden. Bei der Moor-Berg-Kiefer (*Pinus mugo ssp. rotundata*) ist der Haken nur sehr schwach ausgeprägt und breiter als hoch (HEGI 1981, S. 100).

Es lag somit nahe, diesem Unterscheidungsmerkmal auch bei den Latschen aus dem Wimbachgries nachzugehen. Die Unterscheidung nach der Zapfenform wurde von Dr. Knud Ib Christensen von der Königlichen Universität Horsholm (Dänemark) vorgenommen, einem Spezialisten auf diesem Gebiet. Die Zapfenproben von kriechenden und aufrechten Formen aus dem Wimbachgries waren von der Landesanstalt baumweise eingesammelt und verschlüsselt (ohne Angabe der Form) an Dr. Christensen geschickt worden, der die Zuordnung der Zapfen zu einer bestimmten Unterart vorgenommen hat. Die Landesanstalt möchte sich bei dieser Gelegenheit nochmals bei Herrn Dr. Christensen für das Entgegenkommen und die kollegiale Zusammenarbeit bedanken.

Es zeigte sich, daß es sich sowohl bei den kriechenden als auch bei den aufrechten Formen größtenteils um Zapfen von Latsche handelt. Von den 35 Zapfenproben wurden 28 eindeutig der Latsche zugeordnet und nur 7 zeigten sowohl Merkmale der Moor-Berg-Kiefer (*Pinus mugo ssp. rotundata*) als auch der Latsche (*Pinus mugo ssp. mugo*), so daß es sich möglicherweise um Kreuzungen beider Unterarten handeln dürfte. Interessant ist dabei, daß fünf dieser sieben Proben von streichenden, und nicht, wie eigentlich erwartet, von aufrechten Berg-Kieferindividuen gewonnen worden waren.

Zu einem ähnlichen Ergebnis waren bereits 1930 PAUL und v. SCHÖNAU (zitiert bei LIPPERT 1997, S. 90) gekommen.

Keiner der Zapfen zeigte Kennzeichen der Haken-Berg-Kiefern (*Pinus mugo ssp. uncinata*) (Abb.3).

Gibt es erkennbare genetische Unterschiede zwischen den kriechenden und aufrechten Formen der Berg-Kiefer im Wimbachgries?

Um dieser Frage nachzugehen, wurden von 61 kriechenden und 61 aufrechten Exemplaren Knospen in Winterruhe und von 12 davon auch Nadeln für genetische Untersuchungen entnommen. An dem Knospenmaterial wurden isoenzymatische Analysen durchgeführt, die Nadeln dienten zur Analyse der Chloroplasten-DNS. Diese Untersuchungen sollten in erster Linie helfen, das Ausmaß der genetischen Unterschiede zwischen den beiden Formen zu quantifizieren. Es wurde nicht erwartet, daß aufgrund dieser Untersuchungen eine Zuordnung zu einer bestimmten Unterart vorgenommen werden kann, da artspezifische Vergleichsdaten fehlen.

Um zumindest einige Anhaltspunkte über die genetische Variation (Art und Häufigkeit von Genvarianten) von *Pinus mugo ssp. mugo* bzw. *Pinus mugo ssp. rotundata* zu erhalten, wurden zusätzlich noch drei Saatgutpartien an denselben Genorten wie die Knospenproben untersucht: eine Saatgutprobe aus dem Vorkommen im Wimbachgries, eine Probe aus einem Latschenvorkommen (*Pinus mugo ssp. mugo*, kriechende Form) aus dem Forstamt Schliersee und eine Probe aus einem Vorkommen der Moor-Berg-Kiefer (*Pinus mugo ssp. rotundata*, aufrechte Form) aus dem Forstamt Landsberg.

Methodische Details

Isoenzymanalyse

Bei dieser Methode wird nicht direkt die Erbsubstanz analysiert, sondern Eiweißstoffe mit enzymatischer Aktivität (Isoenzyme), deren Zusammensetzung durch die Basenabfolge bestimmter Abschnitte der DNS (Genorte) kodiert wird.

Bei den 122 Probebäumen wurden 14 Isoenzymgenorte untersucht. Diese kontrollieren die Enzymsysteme Aspartataminotransferase (AAT), Aconitase (ACO), Isocitratdehydrogenase (IDH), Leucinaminopeptidase (LAP), Menadionreduktase (MNR), Malatdehydrogenase (MDH), 6-Phosphogluconatdehydrogenase (6-PGDH), Phosphoglucomutase (PGM), Shikimatdehydrogenase (SKDH). Aufgrund der Analyseergebnisse wurden die Häufigkeiten der Genotypen und der Genvarianten in dem Kollektiv der kriechenden und der aufrechten Exemplare berechnet und verglichen durch die Berechnung des genetischen Abstands (GREGORIUS 1974, S. 22). Zur Prüfung der Homogenität der Genotypen- und Allelverteilungen wurden statistische Tests – (G-Test) – angewendet.

Ausgehend von den Häufigkeiten der Genvarianten (Allele) an Einzelbäumen (an einem Einzelbaum kann ein bestimmtes Allel an einem Genort mit der Häufigkeit 0, 1 oder 2 auftreten), wurde über eine Diskriminanzanalyse versucht, die einzelnen Individuen einer von zwei vorgegebenen Gruppen – nämlich „streichend“ und „aufrecht“ – zuzuordnen bzw. aus der Gesamtheit der festgestellten Genvarianten diejenigen auszuwählen, die am stärksten zu dieser Zuordnung der Individuen beitragen.

Untersuchungen der Chloroplasten-DNS

Neben den Isoenzymen wurden auch molekulargenetische Marker untersucht, die Variation (Polymorphismen) unmittelbar auf dem Niveau der Chloroplasten-DNS anzeigen. In den Chloroplastengenomen der Waldbäume wurden in den letzten Jahren hochvariable Bereiche identifiziert, die durch Wiederholungen bestimmter Basenabfolgen, den sog. Mikrosatelliten, gekennzeichnet sind (POWELL et al. 1995, S. 7759; VENDRAMIN u. ZIEGENHAGEN 1997, S. 857). Es wird angenommen, daß verschiedene Varianten dieser Mikrosatellitenorte durch Hinzufügen bzw. Entfernen einer einzigen Sequenz (Wiederholung) zu einem vorhandenen Allel entstehen. Die Analyse solcher Mikrosatelliten aus den Chloroplasten wurde bereits mit Erfolg zur Unterscheidung einiger Kiefernarten (BUCCI et al. 1998) angewandt, wobei sich eine hohe Artspezifizität zeigte. Untersuchungen zur Unterscheidung von Unterarten der Art *Pinus mugo* sind uns noch keine bekannt. Da das Chloroplasten-Genom nur über einen Elternteil vererbt wird – bei der Gattung

Pinus nur über den Pollen – eignen sich diese Marker u. a. auch gut zu bestandesgeschichtlichen Untersuchungen.

Die molekulargenetischen Untersuchungen wurden an 12 Einzelbäumen (6 streichenden und 6 aufrechten Exemplare) durchgeführt, die auch mittels Isoenzymanalysen untersucht worden waren. Nach Extraktion der DNS aus den Nadeln (Methode nach ZIEGENHAGEN et al. 1993, S. 117) wurden 6 Mikrosatellitenbereiche über eine Polymerase-Kettenreaktion unter Einsatz sog. „primer“ vervielfältigt. „Primer“ sind kurze DNS-Stücke, die die Ränder des Mikrosatelliten erkennen. In einem hochautomatisierten Trennvorgang wurde dann die exakte Größe der untersuchten Mikrosatellitenbereiche ermittelt und verglichen.

Ergebnisse

An den 14 isoenzymatisch untersuchten Genorten wurden bei den 122 Probebäumen insgesamt 34 Genvarianten nachgewiesen. Zwei Genorte (IDH-A, LAP-A) waren in beiden Kollektiven auf dieselbe Genvariante fixiert (monomorph). An allen 12 variablen Genorten wurden in beiden Kollektiven dieselben Genvarianten gefunden.

Von den 50 unterschiedlichen Einzellocus-Genotypen wurden 45 in beiden Kollektiven nachgewiesen, vier nur im Kollektiv der aufrechten Formen und einer nur im Kollektiv der streichenden Formen. In allen fünf Fällen fanden sich diese 5 Genotypen allerdings nur bei einem Exemplar (Häufigkeit von 1,6%), so daß bei dem Stichprobenumfang von 61 Individuen pro Kollektiv davon ausgegangen werden muß, daß dies ein Zufallsergebnis ist und nicht ein Hinweis auf ausgeprägte genetische Unterschiede.

An keinem der variablen (polymorphen) Genorte unterscheiden sich die beiden Kollektive statistisch signifikant in ihren genotypischen (Häufigkeitsunterverteilung der Genotypen) und genischen (Häufigkeitsverteilung der Allele) Strukturen. Dementsprechend ist auch der genetische Abstand gering: der genotypische genortweise Abstand liegt zwischen 1,6% und 9,9% (Mittelwert 4,5%), der genische zwischen 0 und 7,4% (Mittelwert 2,1%).

In Tab.1 sind beispielhaft die Verteilungen der Genotypen und Allele (Genvarianten) an 4 Genorten ein-

getragen, an denen die genotypischen und/oder allelischen Abstände am höchsten sind. An dem Genort MDH-C unterscheiden sich die genotypischen Strukturen der beiden Kollektive am stärksten, aber auch nicht statistisch signifikant. Der genotypische Abstand hat hier mit 9,9% den größten Wert. Die allelischen Strukturen an diesem Genort sind aber identisch (daher Abstand gleich 0). Bei SKDH-A wurde mit 7,4% der größte allelische Abstand, d.h. die größten, aber auch nicht statistisch signifikanten Unterschiede in der Verteilung der Genvarianten, festgestellt. An diesem Genort finden sich in den beiden Kollektiven 4 verschiedene Allele. Theoretisch könnten diese in 10 verschiedenen Genotypen kombiniert sein. In beiden Kollektiven sind aber nur die gleichen 6 Genotypen realisiert. Ähnlich verhält es sich auch am Genort MNR-A, wo von 10 möglichen Genotypen die vier gleichen in beiden Kollektiven realisiert sind. Dies sind Hinweise auf eine große genetische Ähnlichkeit der beiden Kollektive.

In den drei zu Vergleichszwecken untersuchten Saatgutproben wurden an einigen Genorten sehr große genetische Unterschiede festgestellt (Werte des allelischen Abstands von über 30%). Am Genort MNR-A z.B. erreichte das Allel A1 bei dem Saatgut der Moor-Berg-Kiefer aus Landsberg eine Häufigkeit von 30%, während es bei der Latsche aus Schliersee nur bei 3,8%, bei den Samen aus dem Wimbachgries nur bei 1,5% und bei den Knospenproben bei ca 6% lag. Das Allel AAT-C5 fand sich in dem Saatgut aus Schliersee mit 20%, bei dem aus dem Wimbachgries mit 11% und bei den Knospenproben mit 9%, es fehlt aber gänzlich bei der Moor-Berg-Kiefer aus Landsberg. Ob diese Unterschiede herkunftsbedingt und/oder artspezifisch sind, müssen weitere Untersuchungen klären. Festzuhalten bleibt, daß die genetischen Unterschiede zwischen der Saatgutprobe aus Schliersee (Latsche) und Landsberg (Moor-Berg-Kiefer) ($D_{\text{Mittel}} = 9,4\%$) sowie Wimbachtal und Landsberg ($D_{\text{Mittel}} = 7,5\%$) größer sind als die zwischen Schliersee und Wimbachtal ($D_{\text{Mittel}} = 6,0\%$). Dies spricht dafür, daß das Vorkommen im Wimbachgries genetisch der Latsche ähnlicher ist, als der Moor-Berg-Kiefer.

Die Abstandswerte zwischen den Saatgutproben sind 3 – 4,5mal größer als die zwischen den beiden

Kollektiven aus dem Wimbachgries. Dies ist ein weiterer Hinweis, daß sich die Individuen unterschiedlicher Form genetisch sehr ähnlich sind. (Ein direkter Vergleich der Ergebnisse aus Saatgutproben und Knospenproben wurde wegen der unterschiedlichen Probenahmestrategie nicht vorgenommen).

Die schrittweise Diskriminanzanalyse zeigte, daß keines der identifizierten Allele eine große Diskriminanzstärke hat bezüglich der Zuordnung der Individuen zu einer der beiden Gruppen, „streichend“ und „aufrecht“. Etwas stärker ins Gewicht fallen die Allele SKDH-A1, SKDH-A2 und MNR-A3. SKDH-A und MNR-A waren auch die Genorte mit dem größten genetischen Abstand. Bei der Klassifizierung der Einzelbäume in die zwei Gruppen anhand der Diskriminanzfunktion, die die am stärksten ins Gewicht fallenden Variablen enthält, wurden lediglich 58 von 122 Individuen richtig klassifiziert, also weniger als 50%. *Dies zeigt, daß sich die in ihrer Wuchsform unterschiedlichen Individuen in ihrer Allelbesetzung an den untersuchten Isoenzymgenorten nicht deutlich unterscheiden.*

Auch bei den molekulargenetischen Untersuchungen wurden keine klaren genetischen Unterschiede zwischen den Individuen unterschiedlicher Wuchsform gefunden. Vier der sechs untersuchten Mikrosatelliten waren längenvariabel; sie zeigten insgesamt 11 Varianten, ohne daß sich deutliche Unterschiede in der Verteilung dieser Varianten auf die streichenden und aufrechten Typen zeigten. Gleiches gilt auch, wenn man für jeden Einzelbaum die Kombination aller 11 Varianten an den 6 untersuchten Genorten betrachtet. Lediglich an einem der vier variablen Mikrosatellitenorte (Pt71936) fand sich eine bestimmte Variante nur in zwei aufrechten Exemplaren. Die anderen zehn Exemplare (6 kriechende und 4 aufrechte) trugen alle an diesem Mikrosatellitenort eine weitere, gleiche Variante. Es ist geplant, diese Untersuchungen auch auf Saatgut und weitere Exemplare aus dem Wimbachgries auszu-dehnen.

Diskussion

Die Untersuchungen der Zapfenform zeigten, daß es sich im Wimbachgries überwiegend um Latschen (*Pinus mugo ssp. mugo*) handelt, unabhängig von der

Wuchsform. Auch die fehlenden Unterschiede sowohl an den Isoenzymgenorten als auch an den Mikrosatelliten der Chloroplasten-DNS sprechen dafür, daß es sich bei den kriechenden und aufrechten Typen überwiegend um dieselbe Unterart handelt.

Ein endemisches Vorkommen der Haken-Berg-Kiefer im Wimbachgries kann wohl mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Wie erklären sich dann aber die unterschiedlichen Wuchsformen der Berg-Kiefer in diesem Tal?

Möglicherweise haben die standörtlichen Besonderheiten dieses Tales die Wuchsform der Berg-Kiefer entscheidend beeinflußt, so daß hier die Formenvielfalt dieser Gehölzart überwiegend auf Spielarten ein und derselben Unterart der Berg-Kiefer und zwar der Latsche (*Pinus mugo ssp. mugo*) zurückzuführen ist. Ein wahrscheinlicher Einfluß der Moor-Berg-Kiefer ist durch ihr natürliches Vorhandensein in den Moorgebieten der Umgebung zu erklären. Da die Unterarten sehr nah verwandt sind, kommt es relativ häufig zu Bastardierungen untereinander (HEGI 1981, S. 100). Die dadurch von der Moor-Berg-Kiefer eingebrachte genetische Information könnte mitverantwortlich sein für das Ausbilden aufrechter Stammformen. Nicht auszuschließen ist ferner, daß es im Laufe der Zeit im Wimbachgries zu einer genetischen Selektion zugunsten aufrechter Formen gekommen ist.

Andererseits haben auch Latschen die Tendenz in die Höhe zu wachsen, wie z.B. PFISTERER (1998, S. 27) zeigt. In Hausgärten und Parkanlagen neigen Latschen (und um solche handelt es sich in den Hausgärten und Parks größtenteils, da die Samenhandlungen schon aus Kostengründen kaum die aufrechten Berg-Kiefern vorkommen beernten lassen) durchaus zu einem aufrechten Wuchs, wenn sie nicht beschnitten werden. Sie haben hier im Vergleich zum natürlichen Standort klimatisch optimale Bedingungen und somit die Möglichkeit zur vollen Entfaltung; weder hohe Schneelagen, noch kurze Vegetationszeiten, extreme Fröste, Schneebewegungen, Muren oder starke Winde mit ihrer mechanischen und austrocknenden Wirkung hindern sie daran.

Es ist anzunehmen, daß auch in dem windgeschützten flachen Talboden des Wimbachgries (wie oben gezeigt ist der Standortfaktor Wind hier nur von geringer Bedeutung) die Latsche die Möglichkeit hatte bzw. hat, nach oben zu wachsen (siehe Abb. 4). Andere konkurrenzstarke Baumarten sind in diesem Teil des Tales kaum vorhanden, vor allem aufgrund der labilen Griesböden und teils auch bedingt durch die Wild- und Weidetierbestände bis in jüngere Zeit. Der Verbiß durch Schalenwild und Weidevieh ist am stärksten an Laubholz und Tanne, wodurch das weitgehende Fehlen des Laubholzes miterklärt werden kann. Die widrigen Umstände in den höheren und exponierten Lagen, mit kurzen Sommern und langen Wintern mit meterhohem Schnee, der sich sehr oft als Lawinen oder Schneebretter zu Tale bewegt, lassen es nicht zu, daß die Bäume hoch werden. Was aus dem Schnee herauschaut, „wird vom scharfen Wind blankgefeigt und stirbt an Frosttrocknis; was im Schnee steckt, wird mit der allmählich zusammensackenden Schneedecke gestaucht und zu Boden gedrückt“ (PFISTERER 1998, S. 27, SCHRÖDER 1926, S. 93 ff). Stirbt der Gipfel ab, z.B. weil er aus dem ersten Schnee herauschaute, so richten sich die Seitenäste auf und werden zu Teilkronen. Die Spitzen richten sich immer wieder auf, bis sie ihrerseits absterben oder brechen. Daher der bizarre Wuchs der Latsche auf vielen natürlichen Standorten und auch in den höheren Lagen des Wimbachtales.

Für die Landesanstalt ergibt sich als Konsequenz für die Saatgutgewinnung, daß eine Beerntung dieses Vorkommens vor allem aufgrund seiner charakteristischen Anpassung wichtig ist. Eine Unterscheidung nach streichenden und aufrechten Formen ist dafür nicht erforderlich. Eine Beerntung ist ausschließlich als ex-situ Generhaltungsmaßnahme gedacht. Das Saatgut wird hierfür in der Saatgutbank langfristig eingelagert um möglichem Verlust vorzubeugen. An reguläre Kunstverjüngung ist nicht gedacht. Das Saatgut ist problemlos über 20 und mehr Jahre lagerfähig.

Schrifttum:

- BUCCI, G., ANZIDEI, M., MADAGHIELE, A., VENDRAMIN, G.G. (1998): Detection of haplotypic variation and natural hybridisation in halepensis-complex pine species using chloroplast SSR markers. *Molecular Ecology* (in Druck).
- CHRISTENSEN, K.I. (1987): Taxonomic revision of the *Pinus mugo complex* and *P. x rhaetica* (*P. mugo x sylvestris*) (Pinaceae). *Nord. J. Bot.* 7: 623-635.
- GREGORIUS, H.-R. (1974): Genetischer Abstand zwischen Populationen. I. Zur Konzeption der genetischen Abstandsmessung. *Silvae Genetica* 23: 22-27.
- HEGI, G. (1981): Illustrierte Flora von Mittel-Europa; Band 1. Teil 2. (Paul Parey), Hamburg, Berlin.
- LIPPERT, W., SPRINGER, S., WUNDER, H. (1997): Die Farn- und Blütenpflanzen des Nationalparks, Forschungsbericht 37: 126 S.
- MAYER, H., SCHLESINGER, B., THIELE, K. (1967): Dynamik der Waldentstehung und Waldzerstörung auf den Dolomitschuttfächen im Wimbachgries (Berchtesgadener Alpen); Jahrbuch des Ver. zum Schutz der Alpenpflanzen u. -Tiere. Band 32: 132-160.
- PFISTERER, J. (1998): Kriechformen – Anpassung an die winterliche Schneedecke. *Deutsche Baumschule* 1: S 27.
- POWELL, W., MORGANTE, M., McDEVITT, R., VENDRAMIN, G.G., RAFALSKI, J.S. (1995): Polymorphic simple sequence repeat regions in chloroplast genomes: application to the population genetics of pines. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 92: 7759-7763.
- SCHRÖDER, C. (1926): Das Pflanzenleben der Alpen. I. Eine Schilderung der Hochgebirgsflora; Unveränderter Neudruck 1982, (Sändige Reprint) Schaan/Liechtenstein.
- THIELE, K. (1978): Vegetationskundliche und pflanzenphysiologische Untersuchungen im Wimbachgries. Aus den Naturschutzgebieten Bayerns; Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, (R.Oldenburger), München, Wien. Band 1: 1-74.
- VENDRAMIN, G.G., ZIEGENHAGEN, B. (1997): Characterisation and inheritance of polymorphic plastid microsatellites in *Abies*. *Genome* 40: 857-864.
- ZIEGENHAGEN, B., GUILLEMAUT, P., SCHOLZ, F. (1993): A procedure for minipreparations of genomic DNA from needles of silver fir (*Abies alba* MILL.). *Plant Mol.Biol.rep.* 11: 117-121.

Anschriften der Verfasser:

- Dr. Monika Konnert
Bayerische Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht
Forstamtsplatz 1
D-83317 Teisendorf
- Andreas Ludwig
Bayerische Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht
Forstamtsplatz 1
D-83317 Teisendorf
- Giuseppe Vendramin
Istituto Miglioramento Genetico Piante Forestali C.N.R.
Via Atto Vannucci 13
I-50134 Firenze

Tab. 1: Häufigkeiten der Genotypen und Allele (%) sowie genetische Abstände (%) an vier Genorten für die Kollektive der streichenden und aufrechten Bergkiefer aus dem Wimbachgries

Genort	Genotyp Allel	Häufigkeit		Genetischer Abstand (D, in %)
		streichend	aufrecht	
MDH-C	C ₁ C ₁	6,6	1,6	9,9
	C ₁ C ₂	24,5	34,5	
	C ₂ C ₂	68,9	63,9	
	C ₁	18,9	18,9	0,0
	C ₂	81,1	81,1	
SKDH-A	A ₁ A ₂	3,3	1,6	8,3
	A ₂ A ₂	31,1	39,3	
	A ₂ A ₃	32,7	32,8	
	A ₂ A ₄	3,3	3,3	
	A ₃ A ₃	23,0	19,7	
	A ₃ A ₄	6,6	3,3	
	A ₁	1,6	0,8	7,4
	A ₂	50,8	58,2	
	A ₃	42,7	37,7	
	A ₄	4,9	3,3	
LAP-B	B ₂ B ₂	88,6	90,2	3,2
	B ₂ B ₃	4,9	3,3	
	B ₂ B ₄	4,9	4,9	
	B ₃ B ₄	---	1,6	
	B ₄ B ₄	1,6	---	
	B ₂	93,4	94,3	0,8
	B ₃	2,5	2,5	
	B ₄	4,1	3,3	
MNR-A	A ₁ A ₃	13,1	11,5	8,2
	A ₃ A ₃	44,3	52,5	
	A ₃ A ₄	31,1	27,8	
	A ₄ A ₄	11,5	8,2	
	A ₁	6,6	5,8	5,8
	A ₃	66,4	72,1	
	A ₄	27,0	22,1	



Abb. 1: Blick vom Trischübel über den südlichen Teil des Wimbachtales.



Abb. 2: Aufrechte und kriechende Formen der Berg-Kiefer (*Pinus mugo*) im Wimbachgries.

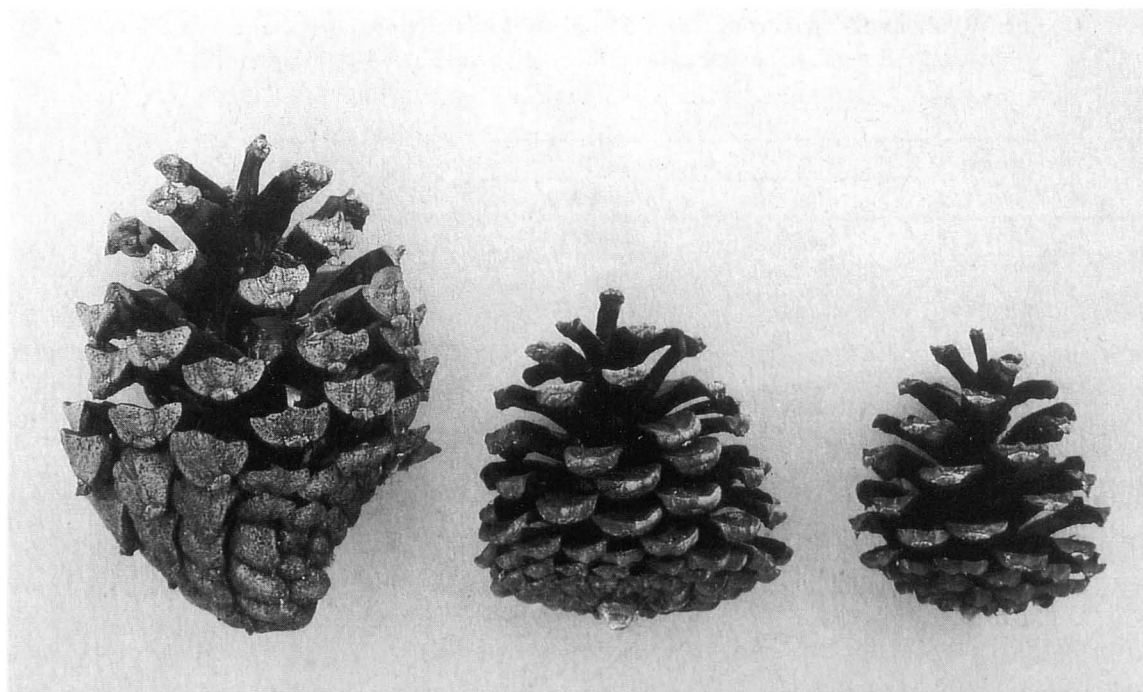


Abb.3: Zapfen der Haken-Berg-Kiefer (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*) aus den Pyrenäen (links) im Vergleich zu Zapfen von aufrechten Exemplaren der Berg-Kiefer (*Pinus mugo*) aus dem Wimibachtal (Mitte und rechts).

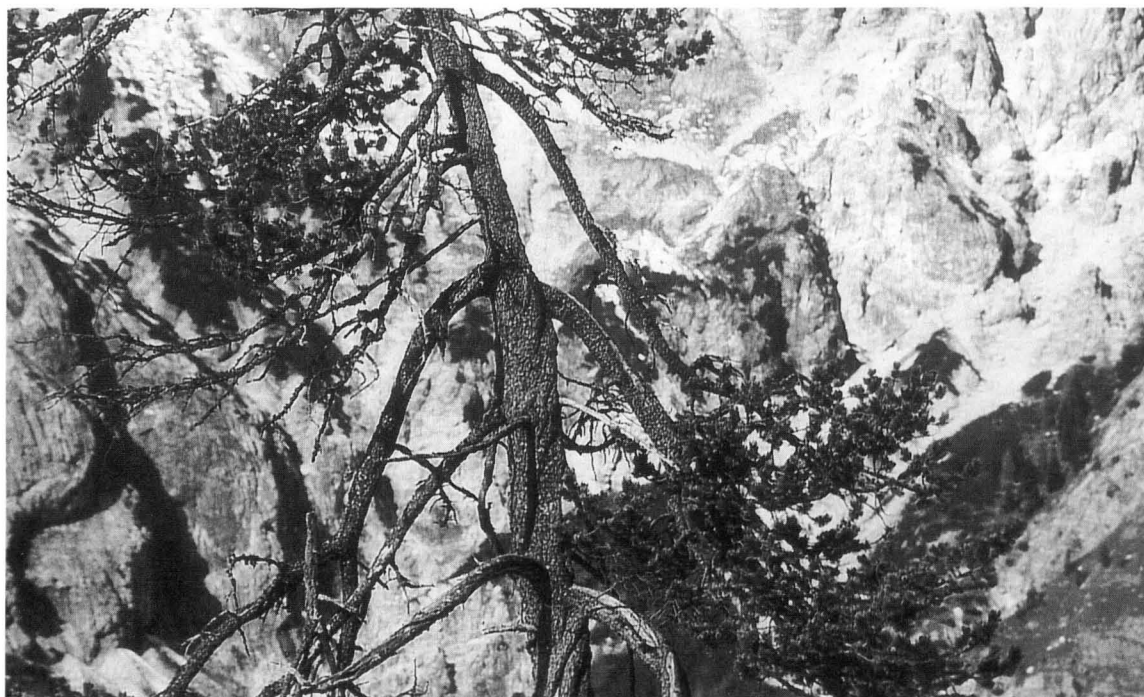


Abb. 4: Besonders stattliches Exemplar einer aufrechten Berg-Kiefer aus dem Wimibachtal.

Die Felsen-Johannisbeere (*Ribes petraeum* WULFEN) in den Bayerischen Alpen

Von Hans W. Smettan

Die bisher aus Bayern unbekannte Felsen-Johannisbeere (*Ribes petraeum*) kommt in 1000 m Höhe über NN in der Valeppschlucht/Mangfallgebirge vor.

Im Vergleich zu der hier ebenfalls auftretenden Alpen-Johannisbeere (*Ribes alpinum*) weist diese bis zu 2,8 m hoch werdende Neuentdeckung für Bayern hängende Blütentrauben, große und langgestielte Blätter sowie – als wichtigstes Merkmal – am Rand bewimperte Kelchblätter auf.

Die Felsen-Johannisbeere wurzelt in der Valeppschlucht in einem frischen, mittel bis stark sauren,

extrem humosen Boden eines Block-Fichtenwaldes (*Aspleno-Piceetum*). Aufgrund des Standortmosaiks weist diese Gesellschaft eine mannigfaltige, bemerkenswerte Flora auf. Sie wird hierbei von diesem Gebirgsstock zum ersten Mal vorgestellt.

Eine direkte Gefährdung der Pflanze scheint nicht gegeben zu sein. Es sollte jedoch überlegt werden, ob nicht zumindest dieses Gebiet als Naturdenkmal ausgewiesen oder – was am sinnvollsten wäre – das gesamte Tal der Valepp vor weiteren Eingriffen geschützt werden sollte.

Einleitung

Seit über zweihundert Jahren werden die Gefäßpflanzen von Bayern kartiert. Wenn aus den Alpen ab und zu noch neue Arten angeführt werden, handelt es sich zumeist um neu eingeschleppte Sippen oder um Vertreter schwieriger Formenkreise, die der Laie in der Regel nicht bestimmen kann.

Um so überraschender war es, daß im August 1997 mit der Felsen-Johannisbeere ein ziemlich leicht kenntlicher „Altbürger“ der bayerischen Flora entdeckt werden konnte. Dies war Anlaß, Merkmale, Standort, Vergesellschaftung und Gefährdung von der bisher übersehenen Population zusammenzustellen.

Bezeichnung und Merkmale

Die wissenschaftliche Erstbeschreibung der Felsen-Johannisbeere geht auf den 1728 in Belgrad (Beograd) geborenen Freiherrn Franz Xaver von Wulfen zurück. Er war Professor für Mathematik in Görz (Gorizia), für Philosophie in Laibach (Ljubljana) und schließlich für Physik und Mathematik in Klagenfurt. Von ihm wurde dieser Strauch wohl in der Umgebung von Lienz gesammelt und 1781 dafür der Name „*Ribes petraeum*“ festgelegt (DALLA TORRE u. von SARNTHEIN 1900: 332). Dabei bedeutet die Artbezeichnung (πετραίος) „auf Felsen wachsend“. Die Gattungsbezeichnung stammt von einem arabischen Wort: Im Libanon und Antilibanon wächst eine als Arzneimittel verwendete Rhabarberart, die die Araber Ribâs nannten. Als sie bei der Eroberung von Spanien ihr „Ribâs“ nicht antrafen, gaben sie der ebenfalls säuerlich schmeckenden Johannisbeere diesen Namen. Daraus machten die mittelalterlichen Botaniker „*Ribes*“ (HEGI 1975: 43-44).

Da möglicherweise an weiteren Standorten in den Bayerischen Alpen Felsen-Johannisbeeren gefunden werden können, seien auch die wichtigsten Merkmale angeführt: Dabei kann man sie in den Alpen mit der an ähnlichen Standorten vorkommenden Alpen-Johannisbeere (*Ribes alpinum*) und in den tieferen Lagen mit verwilderten Roten Johannisbeeren (*Ribes rubrum*) verwechseln.

Von ersterer unterscheidet sich *Ribes petraeum* durch spätestens zur Fruchtzeit hängende Trauben. Die Trag-

blätter (Deckblätter) sind kürzer als die Blütenstiele und die Laubblattstiele sind mindestens so lang wie die halbe Blattspreite. Oft ist der Blattstiel von *Ribes petraeum* sogar länger als das Blatt (siehe Abb. 1).

Außerdem kann eine Geschmacksprobe hilfreich sein. Während die Früchte der Alpen-Johannisbeere fad schmecken, sollen die der Felsen-Johannisbeere nach HEGI (1975: 49) sehr sauer sein. So erklärt sich, daß sie in Tirol den Volksnamen „Sau(e)rbeeren“ bekamen (MARZELL 1977: 3. Bd. Spalte 1372). Ich selbst fand sie zwar auch als säuerlich, aber nicht als unangenehm. Daher wird sie auch zur Zubereitung von Marmeladen in Gärten verpflanzt und kultiviert.

Gegenüber der Roten Johannisbeere findet man bei *Ribes petraeum* einzelne Drüsen auf der Laubblattoberseite. Auch ist die Traubenachse kräuselhaarig.

Das sicherste Merkmal, das bei keiner anderen rotfrüchtigen Art in Mitteleuropa auftritt, erkennt man aber einwandfrei nur mit der Lupe: Die Kelchblätter, die oft auch noch an den reifen Beeren erhalten sind, haben am Rand weiße, 0,1 – 0,2 mm lange Wimpern! Die Autoren verschiedener Floren sprechen hierbei von gewimpert, bewimpert oder behaart.

Auffällig ist in der Natur auch die unterschiedliche Größe der Sträucher. In der Literatur werden für *Ribes alpinum* und *rubrum* 150 cm, für *Ribes petraeum* 200-250 cm angegeben. Ich selbst konnte in der Valeppschlucht bei einem Felsen-Johannisbeerenstrauch sogar 280 cm messen (siehe Abb. 2).

Standort

In der Regel wurzelt in Mitteleuropa die Felsen-Johannisbeere in humosem Substrat über kalkarmen Gestein. Dies ist so im Schwarzwald, in den Vogesen, in den Sudeten und in den Zentralalpen. Dabei reichen die Wuchsorte in den Alpen von 800 bis 2450 m Höhe (HEGI 1975: 49).

Ganz vereinzelt trifft man aber den Strauch auch in den Kalkgebirgen wie dem Schweizer Jura (HESS, LANDOLT, HIRZEL 1977: 305) und der Schwäbischen Alb (SEBALD, SEYBOLD, PHILIPPI 1992: 283-284) an.



Abb. 1: Die hängenden Blüentrauben und die langen Blattstiele zeichnen die Felsen-Johannisbeere (*Ribes petraeum*) gegenüber der manchmal an ähnlichen Standorten vorkommenden Alpen-Johannisbeere (*Ribes alpinum*) aus. Das wichtigste Merkmal – die bewimperten Kelchblätter – sind aber nur mit der Lupe erkennbar. Die Aufnahme entstand am 2. Juni 1998 in der Valeppschlucht/Mangfallgebirge.

Auch im vorliegenden Fall handelt es sich um ein Vorkommen über diesem Gestein: Der im August 1997 entdeckte, für Bayern bisher einzige Wuchsort liegt im Mangfallgebirge, einem Gebirgsstock der nördlichen Kalkalpen, der im Westen von der Isar und im Osten vom Inn begrenzt wird. In seiner Mitte liegt der kleine Spitzingsee, der mit der Roten Valepp nach Süden entwässert. Folgt man ihrem Lauf, so kann man die Felsen-Johannisbeeren rechter Hand vom Wanderweg, der vom Blecksteinhaus zum Wirtshaus Valepp führt, bald sehen: Noch bevor man das Elektrizitätswerk erreicht hat, wachsen zwischen 1005 und 995 m Höhe in einer von Felsblöcken (wohl Oberhähkalk) durchsetzten Waldlandschaft etwa ein Dutzend Sträucher. Ihre Anzahl kann nicht genau angegeben werden, da sich bei Johannisbeeren einzelne Äste durch Bewurzelung „verselbständigen“ können.

Für die Kartierung sei noch erwähnt, daß der „Wohnplatz“ dieser Sträucher in der Teilfläche 8337/32 des Meßtischblattes liegt.

Zwei Bodenproben, die unter je einem Strauch aus 5 bis 10 cm Tiefe entnommen wurden, zeigten die pH-Werte 4,8 beziehungsweise 5,5. Der Humusgehalt erwies sich mit 94,2 und 78,2 Prozent Glühverlust als sehr hoch. Man kann also von einem frischen, mittel bis stark sauren, extrem humosen Boden (Torf) sprechen. Dabei gibt es am Standort auf engstem Raum große Unterschiede.

Vergesellschaftung

Von den kalkarmen Gebirgen Mitteleuropas wird die Felsen-Johannisbeere aus hochmontanen bis subalpinen Staudenfluren, Gebüsch und Bergmischwäldern angegeben. Sie gilt als Charakterart der Klasse *Betulo-Adenostyletea* (OBERDORFER 1990: 495).

Die pflanzensoziologische Aufnahme des Wuchsortes in Bayern (siehe Tab. 1) zeigt die Artenkombination eines Block-Fichtenwaldes (= Streifenfarn-Fichtenwald = *Asplenio-Piceetum*), wie er zuerst von KUOCH 1954 aus der Schweiz beschrieben wurde.

Die vorliegende Tabelle ist hierbei typisch für die in den nördlichen Kalkalpen auftretende *Moehringia muscosa*-Rasse (OBERDORFER 1992: 74 und Tab. 272).

Ort: Schlucht der Roten Valepp zwischen Blecksteinhaus und Elektrizitätswerk

Höhe: 995 – 1005 m über NN

Exposition: Ost

Bodenneigung: 0 – 90°

Aufnahmefläche: 20 x 5 m

Aufnahmedatum: 2.6.1998 mit Ergänzungen vom 26.7.1998

Baumschicht: Deckung etwa 25% Höhe 30 m
 Strauchschicht: Deckung etwa 30 Höhe 1-3 m
 Krautschicht: Deckung etwa 40% Höhe 10-90 cm
 Moosschicht: Deckung etwa 90%

Baumschicht:

<i>Picea abies</i>	2	Fichte
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1	Berg-Ahorn

Strauchschicht:

<i>Picea abies juv.</i>	2	Fichte
<i>Ribes petraeum</i>	2	Felsen-Johannisbeere
<i>Lonicera nigra</i>	2	Schwarze Heckenkirsche
<i>Salix appendiculata</i>	1	Schlucht-Weide
<i>Rosa pendulina</i>	1	Alpen-Heckenrose
<i>Acer pseudoplatanus juv.</i>	1	Berg-Ahorn
<i>Sorbus aucuparia juv.</i>	+	Vogelbeere
<i>Ribes alpinum</i>	+	Alpen-Johannisbeere
<i>Fagus sylvatica juv.</i>	r	Rotbuche
<i>Sambucus racemosa</i>	r	Trauben-Holunder

Krautschicht:

Mullbodenbesiedler:

<i>Mercurialis perennis</i>	2	Wald-Bingelkraut
<i>Dryopteris dilatata</i>	2	Breitblättriger Dornfarn
<i>Oxalis acetosella</i>	1	Wald-Sauerklee
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	1	Eichenfarn
<i>Thelypteris phegopteris</i>	1	Buchenfarn
<i>Adenostyles alliariae</i>	1	Grauer Alpendost
<i>Asarum europaeum</i>	1	Haselwurz
<i>Dryopteris expansa</i>	+	Feingliederiger Dornfarn
<i>Senecio ovatus</i>	+	Fuchs-Greiskraut

<i>Paris quadrifolia</i>	+	Einbeere
<i>Saxifraga rotundifolia</i>	+	Rundblättriger Steinbrech
<i>Streptopus amplexifolius</i>	+	Knotenfuß
<i>Veronica urticifolia</i>	+	Nesselblättriger Ehrenpreis
<i>Luzula pilosa</i>	+	Behaarte Hainsimse
<i>Dentaria enneaphyllos</i>	+	Quirlblättrige Zahnwurz
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	+	Wechselblättriges Milzkraut
<i>Petasites albus</i>	+	Weißer Pestwurz
<i>Epilobium montanum</i>	r	Berg-Weidenröschen
<i>Lamium flavidum</i>	r	Blaßgelbe Goldnessel
<i>Dryopteris filix-mas</i>	r	Männlicher Wurmfarne
<i>Polygonatum verticillatum</i>	r	Quirlblättrige Weißwurz
<i>Lycopodium annotinum</i>	r	Sprossender Bärlapp
<i>Aconitum lycoctonum</i>	r	Wolfs-Eisenhut
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	(+)	Preiselbeere

Besiedler kalkreicher Felsen/Felsspalten:

<i>Moehringia muscosa</i>	2	Moos-Nabelmiere
<i>Asplenium viride</i>	1	Grüner Streifenfarn
<i>Valeriana tripteris</i>	1	Dreiblättriger Baldrian
<i>Cystopteris fragilis</i>	+	Zerbrechlicher Blasenfarn
<i>Campanula cochleariifolia</i>	+	Zwerg-Glockenblume

sonstige:

<i>Vaccinium myrtillus</i>	2	Heidelbeere
<i>Rubus idaeus</i>	1	Himbeere
<i>Aruncus dioicus</i>	+	Wald-Geißbart
<i>Urtica dioica</i>	+	Große Brennessel
<i>Ranunculus aconitifolius</i>	+	Eisenhutblättriger Hahnenfuß
<i>Solidago virgaurea subsp. virg. aurea</i>	+	Gewöhnliche Goldrute
<i>Huperzia selago</i>	r	Teufelsklaue
<i>Athyrium filix-femina</i>	r	Wald-Frauenfarn
<i>Fragaria vesca</i>	r	Wald-Erdbeere

Moosschicht:

Besiedler mehr oder minder saurer Waldböden:

<i>Hylocomium splendens</i>	2
<i>Pleurozium schreberi</i>	2
<i>Dicranum scoparium</i>	2

<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	2
<i>Polytrichum formosum</i>	2
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	1
<i>Plagiothecium undulatum</i>	1
<i>Bazzania trilobata</i>	1
<i>Sphagnum quinquefarium</i>	1
<i>Mylia taylori</i>	1
<i>Dicranella heteromalla</i>	1
<i>Cladonia sp.</i>	1
<i>Tetraphis pellucida</i>	+
<i>Sanionia uncinata</i>	+
<i>Rhizomnium punctatum</i>	+
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	+

Besiedler kalkhaltiger Gesteine:

<i>Ctenidium molluscum</i>	1
<i>Bartramia halleriana</i>	1
<i>Bartramia pomiformis</i>	1
<i>Tortella tortuosa</i>	+
<i>Conocephalum conicum</i>	+
<i>Plagiochila asplenoides</i>	+

Tab. 1: Vegetationsaufnahme eines Block-Fichtenwaldes (*Asplenio-Piceetum*) im bayerischen Mangfallgebirge, in dem die Felsen-Johannisbeere (*Ribes petraeum*) vorkommt. Das Torfmoos bestimmte freundlicherweise Dr. A. Hölzer vom Staatlichen Museum für Naturkunde in Karlsruhe.

Eigentlich wird bei dieser Assoziation eine Grundlage der Pflanzensoziologie, nämlich die Einheitlichkeit des Standortes und der Physiognomie, unterlaufen. Vielmehr handelt es sich um ein Standortmosaik von Kalkfelsblöcken, Windlöchern, aus denen feuchtkühle Luft austritt, Totholz, staudenreichen Mullböden und moosreichen Rohhumusdecken. Deshalb variieren die einzelnen Vegetationsaufnahmen von Block-Fichtenwäldern stark.

So wird bei ungünstigem Mikroklima der Rohhumus kaum mineralisiert, so daß sich die Gesellschaft durch kümmernde Fichten und das fast völlige Fehlen einer Staudenflur auszeichnet (z. B. SMETTAN 1981: Tab. 172). In der Valeppschlucht liegt jedoch eine relativ nährsalzreiche Ausbildung dieser Assoziation vor. Sie ermöglicht der im Bezug auf Nährsalze verhältnismäßig anspruchsvollen Felsen-Johannisbeere das Vorkommen.

Gefährdung

Da die Felsen-Johannisbeere bisher aus Bayern nicht bekannt war, sucht man sie auch vergeblich in einer Schutzverordnung (STMLU 1997).

Zwar scheint der Strauch nicht durch Abreißen oder Ausgraben bedroht zu sein, aber wegen des sehr kleinräumigen Wuchsortes und der wenigen Individuen liegt eine potentielle Gefährdung auf jeden Fall vor. Entscheidend ist deshalb die Erhaltung des besonderen Lebensraumes in der Valeppschlucht, nämlich des Block-Fichtenwaldes.

Weil diese Assoziation in Bayern nur selten zu finden ist und kleine Areale aufweist, gehört sie selbst in diesem Bundesland zu den potentiell gefährdeten Waldgesellschaften (WALENTOWSKI, RAAB u. ZAHLHEIMER 1990: 24). Zusätzlich handelt es sich hier um den bisher einzigen Beleg aus dem Mangfallgebirge. Eine Ausweisung des Wuchsortes als Naturdenkmal wäre deshalb sinnvoll. Andererseits muß man darauf hinweisen, daß das ganze Tal der Roten Valepp ab ihrem Ursprung im Spitzingsee vor weiteren „Erschließungen“ geschützt werden sollte, zumal hier vor kurzem auch die Scopoli-Braunwurz (*Scrophularia scopoli*) aufgefunden werden konnte (SMETTAN 1998).

Schrifttum

- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (STMLU) (Hrsg.) (1997): Schützen und blühen lassen. Die in Bayern geschützten Pflanzen. 19. Aufl. 192 S. München.
- DALLA TORRE, K. W. von u. L. von SARNTHHEIN (1900-1913): Flora der gefürsteten Grafschaft Tirol, des Landes Vorarlberg und des Fürstenthumes Liechtenstein. 6 Bde. in 9 Teilen 6138 S. (Wagner) Innsbruck.
- HAEUPLER, H. u. P. SCHÖNFELDER (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. 768 S. + Folienkarten (Ulmer) Stuttgart.
- HEGI, G. (1975): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. IV Teil 2 A. 2. Aufl. 448 S. (Parey) Berlin u. Hamburg.
- HESS, H. E., E. LANDOLT, R. HIRZEL (1977): Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Bd. 2. 2. Aufl. 956 S. (Birkhäuser) Basel.



Abb. 2: Bis zu 2,8 Meter hoch sind die Felsen-Johannisbeeren, die in einem Block-Fichtenwald (*Asplenio-Piceetum*) in der Valeppschlucht südlich vom Spitzingsee wachsen (2.6.1998).

- MARZELL, H. (1943-1979): Wörterbuch der deutschen Pflanzennamen. 5 Bde. (Hirzel) Leipzig/Stuttgart u. (Steiner) Wiesbaden.
- OBERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora 6. Aufl. 1080 S. (Ulmer) Stuttgart.
- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsch. A. Textband 282 S. und B. Tabellenband 580 S. 2. Aufl. (Fischer) Jena-Stuttgart-New York.
- SEBALD, O., S. SEYBOLD u. G. PHILIPPI (1992): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bd. 3. Spezieller Teil Droseraceae bis Fabaceae. 483 S. (Ulmer) Stuttgart.
- SMETTAN, H. (1981): Die Pflanzengesellschaften des Kaisergebirges/Tirol. 188 S. + Tabellenteil + Vegetationskarte. (Jubiläumsausgabe des Vereins zum Schutz der Bergwelt) München.
- SMETTAN, H. (1998): Die Scopolia-Braunwurz (*Scrophularia scopolii* HOPPE), ein Neubürger in den Bayerischen Alpen? Berichte der Bayer. Botan. Gesellschaft zur Erforsch. der heim. Flora. Bd. 69.
- WALENTOWSKI, H., B. RAAB, W. A. ZAHLHEIMER (1990): Vorläufige Rote Liste der in Bayern nachgewiesenen oder zu erwartenden Pflanzengesellschaften. Berichte der Bayer. Botan. Gesellschaft zur Erforsch. der heim. Flora. Beiheft zu Bd. 61. 62 S.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Hans W. Smettan
Riedleiten 1
83080 Oberaudorf

Zur Ökologie des Alpenapollo (*Parnassius phoebus* Fabricius 1793)

Von Eberhard Pfeuffer

Pflanzen und Tiere haben sich durch einen Jahrtausende währenden Entwicklungsprozeß den Bedingungen ihrer Lebensräume angepaßt. Nur die Arten, die in ihr Ökosystem „passen“, können sich im „Kampf um's Überleben“ (DARWIN 1859) auf Dauer behaupten.

Dieser Prozeß der Anpassung hinterläßt deutliche Zeichen. Sie treten besonders auffällig bei Arten in Erscheinung, die unter extremen Umweltbedingungen leben. Bei Pflanzen und Tieren der Hochalpen lassen sich deshalb verschiedene Überlebensstrategien besonders gut erkennen. Ebenso wird bei alpinen Arten sehr deutlich, daß sich jede Art auf ihre Weise ihren Umweltbedingungen anpaßt und dadurch spezifische Merkmale entwickelt. Ganz allgemein ist dieser Entwicklungsprozeß wesentlichste

Grundlage sowohl für die Einmaligkeit jeder einzelnen Art als auch für die Vielfalt der Arten insgesamt.

Dies soll am Beispiel des Alpenapollo (*Parnassius phoebus* F.) aufgezeigt werden. Bei dem Versuch, die Ökologie dieses Tagfalters der Hochalpen wenigstens in den Grundzügen zu verstehen, wird auch deutlich, wie komplex und wie spezifisch Anpassungsmechanismen an einen extremen Lebensraum sein müssen. Ebenso wird deutlich, daß Arten und ihre Ökosysteme einmalige und unwiederholbare Ergebnisse der Evolution sind.

Für den Naturschutz ergibt sich aus dieser (nicht neuen) Erkenntnis eine wesentliche Konsequenz: Spezialisierte Arten sind nur durch den Schutz ihres Ökosystems zu erhalten.

1. Einleitung

Ein grundlegendes Merkmal allen Lebens ist die Anpassung von Organismen an spezifische Lebensräume. Dabei ist für die Überlebensfähigkeit einer Art der Grad der Anpassung entscheidend. Nur die Art, die in ihr Ökosystem „paßt“, kann sich auf Dauer im „Kampf um's Dasein“ (DARWIN 1859) behaupten.

Die einzelnen Faktoren, die Pflanzen und Tieren eine erfolgreiche Einnischung in ihr Ökosystem ermöglichen, sind äußerst komplex und in ihrer Gesamtheit kaum erfaßbar. Bei einigen Arten treten jedoch wesentliche Merkmale und Verhaltensweisen als sehr augenfällige Zeichen einer Anpassung in Erscheinung. Der Versuch, sie aus evolutionären Gesichtspunkten zu verstehen, ermöglicht eine besonders faszinierende Betrachtung der Natur.

Deshalb soll hier vor allem unter diesem Aspekt über den Alpenapollo (*Parnassius phoebus* F.), eine bekannte und leicht zu beobachtende Schmetterlingsart, berichtet werden. Dabei soll deutlich werden, wie diese Art durch Anpassung an ihren Lebensraum ihre ökologische Nische gefunden hat.

2. Der Alpenapollo (*Parnassius phoebus* Fabricius 1793)¹⁾

2.1. *Parnassius phoebus* F. – ein Apollofalter

Apollofalter sind Bergschmetterlinge. Diese Unterfamilie *Parnassiinae* aus der Familie der Ritterfalter (*Papilionidae*) erreicht ihre größte Artenvielfalt in Zentralasien. Hier fliegen einzelne Arten oft nur in eng begrenzten Bereichen bis in Höhen über 5500 m NN, also an der oberen Grenze möglichen Insektenlebens (DIERL 1969, SBORDONI u. FORESTIERO 1984).

Apollofalter gelten als ursprüngliche Gruppe, da sich bei ihnen noch Merkmale aus einer früheren Entwicklungsstufe, z.B. die Verpuppung in einem Gespinnst am Boden, erhalten haben (DIERL 1969). Eine weitere Besonderheit ist eine sog. Begattungstasche (Sphragis) aus Chitin, die vom Männchen während der Paarung produziert und ans Hinterleibsende des Weibchens an-

geheftet wird. Dieses nur bei Apollofaltern vorkommende Gebilde verhindert eine weitere Kopula. Die Raupen haben, wie alle Raupen der Ritterfalter, auf dem vordersten Brustsegment eine ausstülpbare Nackengabel (Osmaterium), aus der sie ätherisch riechende Substanzen freigegeben können.

2.2 Alpenapollo (*Parnassius phoebus* F.) und Apollo (*Parnassius apollo* L.) – zwei sehr ähnliche Arten²⁾

In Mitteleuropa kommen neben dem Alpenapollo nur zwei weitere Apollo-Arten vor: der Apollo (*Parnassius apollo* LINNAEUS 1758) und der Schwarze Apollo (*Parnassius mnemosyne* LINNAEUS 1758). Während der Schwarze Apollo sich schon durch das Fehlen der roten Augen und Flecken deutlich unterscheidet, sind sich Apollo und Alpenapollo sehr ähnlich, auch im Verhalten. Deutlichste Unterscheidungsmerkmale

2) Beide Schmetterlinge imponieren als besonders prächtige Arten. Dies deuten schon ihre Namen an. Die Unterfamilie benannte Linne nach dem griechischen Gebirge Parnaß, auf dem die Musen unter der Führung des Lichtgottes Apollo tanzen und singen (HUNGER 1969). Apollo selbst stand Pate für die Namensgebung des heute allgemein als „Apollo“ bekannten Falters *Parnassius apollo*. Phoibos, „der Leuchtende“ (ein Beiwort Apollos als Sonnengott (GEMOLL 1959)), nannte der Erstbeschreiber FABRICIUS den Alpenapollo.

Apollofalter haben auch Schriftsteller und Dichter fasziniert: „Auf den seidenen, weißen Flügeln traten dunklere Adern in zarten Linien mit metallischem Glanze hervor, und mitten auf dem weißen, seidenen Grunde glänzten hellblutrot die prachtvollen Augen“ (H. HESSE 1901); oder: „Mein Apollo vom Fränkischen Jura ist ein Märchenschmetterling nach dem Motiv: weiß wie Schnee, rot wie Blut, schwarz wie Ebenholz“ (F. SCHNACK 1928). Selbst in der lyrischen Verfremdung, wie in den Gedichten „Das Seelchen“ von C. F. MEYER und „Der Schmetterling“ von H. HESSE ist unschwer die charakteristische Flügelzeichnung des Apollo (oder des Alpenapollo?) zu erkennen. (Da C. F. MEYER sein Gedicht im Juli 1871 in Davos schrieb, dürfte wohl der Anblick eines Alpenapollo ihn inspiriert haben). Auch J.-H. FABRE, Entomologe und Schriftsteller, schreibt in seinem Bericht „Eine Besteigung des Mont Ventoux“ (1865) begeistert von der Begegnung mit dem Apollo: „Sobald die Sonne mehr Kraft hat, werden wir einen prächtigen Schmetterling mit weißen Flügeln, mit vier lebhaften karminroten, schwarz eingerahmten Flecken darauf, von einem Blütenbüschel zum anderen taumeln sehen. Das ist der *Parnassius Apollo*, ein zierlicher Gast aus fernen Alpen und Gletschern“.

Natürlich fehlen Apollofalter auch nicht in den berühmten kolorierten Stichen früher Künstler und Forscher. So finden wir beispielsweise *P. apollo* L. in den „Insecten-Belustigungen“ von JOHANN AUGUST RÖSEL VON ROSENHOF (1705-1759) und – besonders naturgetreu – bei JACOB HÜBNER: „Geschichte europäischer Schmetterlinge“ (1793-1818). *P. phoebus* F. (anerkannte Erstbeschreibung 1793!) wird hier allerdings noch nicht aufgeführt, obwohl von HÜBNER circa 4200 (!) Schmetterlingsarten bearbeitet wurden. (Dies spricht für einen sehr geringen Bekanntheitsgrad des Alpenapollo als eigene Art zu dieser Zeit).

1) Die hier aufgeführten eigenen Beobachtungen wurden in den Lechtaler Alpen von 1982 bis 1998 gemacht.

zwischen diesen zwei Arten sind folgende: Der Alpenapollo ist kleiner; sein Fühlerschaft ist schwarz geringelt; an seinem Vorderflügel findet sich meist ein roter Fleck, der beim Apollo fast immer schwarz ist.

Auffallend ist die individuelle Variabilität innerhalb einer Population bei beiden Arten: kein Schmetterling gleicht genau dem anderen.

Die Habitate des Apollo liegen in der Regel unterhalb, die des Alpenapollo oberhalb der Baumgrenze (SBN 1987). Dies trifft weitgehend auch für die Lechtaler Alpen zu ³⁾. Einzelne kleine Populationen des Alpenapollo leben hier allerdings knapp unter der Baumgrenze.

2.3 Verbreitung und Habitat

Die Gesamtverbreitung des Alpenapollo erstreckt sich über den Mittel- und Nord-Ural, über Gebirgszüge in Altai, Tienschan, Süd- und Mittel-Sibirien, Jakutien, Magadan, Kamtschatka, und Nord-Amerika. In Europa fliegt er nur in den Alpen ⁴⁾ (in Frankreich: Alpes-Maritimes bis Haute-Savoie; in Italien: Alpi Marittime bis Ostalpen; in der Süd-Schweiz: Wallis bis Engadin; in Österreich: Tirol bis Steiermark und Kärnten (TOLMAN u. LEWINGTON 1997); in Bayern: Hochlagen der Allgäuer Alpen, des Wettersteingebirges und der Berchtesgadener Alpen (GEYER u. BÜCKER 1992)). Diese Aufsplitterung des Verbreitungsgebietes führte, wie beim Apollofalter, zu einer Vielzahl von Unterarten (ROSE 1995).

In den Alpen lebt *Parnassius phoebus* L. an Gebirgsbächen und auf Quellfluren in Höhen von 1200m NN bis über 2500m NN (SBN 1987). In den Lechtaler Alpen fand ich ihn weit verbreitet an Bächen, seltener auf überrieseltem Steinschutt oder in sickernassen Senken zwischen 1300m NN und 2000m NN, – und zwar nur dort, wo der Bach-Steinbrech, seine Raupenwirtspflanze, wächst. ⁵⁾

3) Hier ist mir allerdings nur eine kleine Population des Apollo (*Parnassius apollo* L.) bekannt.

4) Die Alpen liegen extrem entfernt (und isoliert) von seinem Hauptverbreitungsgebiet in Asien. Bei Berücksichtigung seiner Ansprüche an Kältezonen ist eine Zuwanderung nur während eiszeitlicher Epochen denkbar. Wie bei vielen arktisch-alpinen Arten erfolgte durch die auf die Eiszeit folgende Erwärmung eine Isolation auf die Hochtäler der Alpen. Die Pyrenäen scheint er nicht erreicht zu haben. Dort wurde er trotz Vorkommen des Bach-Steinbrechs nie nachgewiesen.

2.4 Die Raupenwirtspflanze: Der Bach-Steinbrech (*Saxifraga aizoides* L.):

In den Lechtaler Alpen konnte ich Raupen nur auf dem Bach-Steinbrech entdecken. Dies stimmt mit den allgemeinen Angaben zur Futterpflanze von FORSTER u. WOHLFAHRT (1984) und TOLMAN u. LEWINGTON (1997) überein. Hinweise auf eine weitere – vielleicht nur unter Zuchtbedingungen akzeptierte – Raupenwirtspflanze, die Berg-Hauswurz (*Sempervivum montanum* L.) (CARTER u. HARGREAVES 1987 u. SBN 1987), ließen sich hier nicht bestätigen. So sah ich an den trockenen (!) Hängen, wo die Berg-Hauswurz häufig wächst, nie einen Falter des Alpenapollo und nie die zugehörige Raupe auf den Pflanzen.

Der Bach-Steinbrech, auch Fetthennen-Steinbrech oder Bewimperter Steinbrech genannt, ist eine arktisch-alpine Art. In den Alpen besiedelt er humus- und feinerdearme Areale vorwiegend auf steinig-kiesigem Grund bis in Höhen von 2470 mNN (OBERDORFER 1994). Auffällig ist, daß er nur dort wächst, wo es naß oder zumindest feucht ist. Er folgt den Bächen und Flüssen von der alpinen Höhenstufe bis ins Tal (GAMERITH 1997). So ist er – durch Hochwasser angeschwemmt – entlang dealpiner Flüsse bis weit ins Alpenvorland zu finden. Sein nördlichstes und am weitesten von den Alpen entferntes Vorkommen liegt in der Lechaue bei Augsburg.

2.5 Entwicklung und Verhalten des Alpenapollo

2.5.1 Eiablage

Bei der Eiablage krabbelt das Weibchen in den Polstern oder in der unmittelbaren Umgebung des Bach-Steinbrechs umher und berührt immer wieder mit den Fühlern Teile der Wirtspflanze. Häufig betritt es auch Blätter mit den Vorderbeinen. Die Eier wurden nach meinen Beobachtungen fast immer an abgestor-

5) HELWEGER („Die Großschmetterlinge Nordtirols“ (1914)) fand den Alpenapollo nur selten: „Scheint den nördlichen Kalkalpen fast ganz zu fehlen, nur auf der Alpe Stein b. Zams u. an einer sehr beschränkten Stelle über der Höttingeralpe getroffen“ (zitiert nach OSTHELDER 1925). OSTHELDER (1925) gibt für Tirol nach einem Gewährsmann an: „oberes Lechtal und Seitentäler“. GAMERITH (1997) findet ihn im Lechtal „regelmäßig bis in Höhen über 2000 m“.

bene Pflanzenteile, seltener an Gestein und nur ausnahmsweise direkt an Stiel- oder Blatteile der Wirtspflanze einzeln und fest angeheftet. Bestimmte Steinbrech-Polster werden als Eiablageplatz offensichtlich bevorzugt. Besonders exponierte Lage für Sonnenbestrahlung, kiesiger Untergrund und lückiges Wachstum der umgebenden Vegetation dürften dafür wesentliche Gründe sein.

Andere beschriebene Methoden der Eiablage (SBN 1987) konnte ich nicht beobachten.

2.5.2 Raupe

Die Raupe überwintert vollentwickelt teils in der Eihülle, teils auch außerhalb zwischen den Wurzeln der Wirtspflanze (SBN 1987, TOLMAN und LEWINGTON 1997, CARTER u. HARGREAVES 1979). Die Raupenentwicklung dauert von Ende April bis spätestens Mitte Juli (SBN 1987).

An sonnig-warmen Tagen fressen die Raupen auf den Polstern des Bach-Steinbrechs vorwiegend Blütenknospen. Dabei vergrößern sie besonders bei hohen Temperaturen mit blitzschnell hackenden Bewegungen die Fraßspuren sehr schnell. Immer wieder verlassen die Raupen nach unterschiedlich langen Freßperioden vorübergehend die Wirtspflanzen, um kurz auf benachbarten Steinen in der Sonne zu ruhen. Bei Berührung bewegen sie sich mit schnellen schlängelnden Bewegungen, wobei sie sich oft von der Futterpflanze wegschnellen. Bei trüb-kaltem Wetter fand ich nie Raupen.

2.5.3 Puppenstadium

Die Puppenruhe dauert zwischen zehn Tagen und mehreren Wochen. Dabei liegt die Puppe zwischen Stengeln der Wirtspflanze oder zwischen Pflanzenteilen und Steinen am Boden in einem Gespinst (SBN 1987)⁶⁾.

2.5.4 Imaginalstadium

Wie alle Apollofalter fliegt der Alpenapollo nur in einer langgestreckten Generation: von Ende Juni bis Ende August (TOLMAN u. LEWINGTON 1997).

Diese Flugzeit trifft nach meinen Beobachtungen auch für die Lechtaler Alpen zu. Gegen Ende der Flugzeit überwiegen die Männchen. Nach einer längeren trocken-heißen Periode fand ich bereits am 8.8. und 9.8.98 an verschiedenen Stellen nur noch Männchen, die noch immer mit verschlissenen und „abgeflogenen“ Flügeln erfolglos nach Weibchen suchten.

Die Größe der einzelnen Populationen ist sehr unterschiedlich. Die Dichte größerer Populationen variiert von Jahr zu Jahr sehr. Zehn Jahre lang, von 1988–1998, konnte ich eine sehr kleine Population (vier bis fünf fliegende Männchen) in einem von anderen Populationen weit abgeschiedenen Tälchen beobachten.

An warmen Tagen fliegen die Männchen bei Sonnenschein unermüdlich teils flatternd-schwirrend, teils gleitend-gaukelnd ein ziemlich exakt begrenztes Areal ab. Bächen jeder Größe scheint als Leitstruktur bei diesen Patrouillenflügen eine wesentliche Funktion zuzukommen, da die Falter entlang der Bäche besonders häufig ihr „Revier“ absuchen. Bodenstrukturen wie steinige Areale mit lückiger Vegetation, kleinere Felsareale und Senken sowie wallartige Erhebungen werden besonders häufig angefliegen.⁷⁾

Die Männchen rasten nur kurz, um Nektar zu saugen. An einem besonders heißen Tag sah ich, wie ein Männchen sich mehrmals in feuchtem Moos am Bachufer niederließ, um hier lange Wasser zu saugen. Wird die Sonne von einer Wolke verdeckt, so unterbrechen die Falter jäh ihren Flug und lassen sich ohne sorgfältige Auswahl des Ruheortes in der Vegetation oder auf dem Boden nieder. Die Weibchen fliegen weit weniger und nur kurze Strecken. Sie sitzen gerne mit zur Sonne ausgebreiteten Flügeln auf steinigem Grund, aber auch auf exponierten Stellen in der Vegetation. Von überfliegenden Männchen werden sie sofort entdeckt. Die Männchen stürzen geradeweg auf die Weibchen herab. Das Balzspiel ist kurz: Betasten mit den Fühlern unter Flügelschlagen und Umrunden des Weibchens.⁸⁾ Be-

7) WEIDEMANN (1995) beschreibt ein ähnliches Verhalten beim Patrouillenflug des Apollofalters mit Bevorzugung von „u-förmigen Senken im Gelände, deren Struktur den „Schneetälchen“-Habitaten des Hochalpen-Apollo entspricht“.

8) Nach WEIDEMANN (1995) dauert die Kopulation beim Apollofalter (*Parnassius apollo* L.) viel länger als bei anderen Faltern; bei ungünstigem Wetter oft mehrere Tage. Derartig langdauernde Beobachtungen konnte ich beim Alpenapollo nicht machen und entsprechende Angaben in der Literatur nicht finden.

6) Keine eigenen Beobachtungen.

reits begattete und mit der charakteristischen Begattungstasche „versiegelte“ Weibchen schließen beim Überflug eines Männchens sehr schnell die Flügel. Häufig werden sie dennoch vom Männchen erkannt und angefliegen. Nicht selten versuchen sich die Männchen – natürlich erfolglos – mit diesen Weibchen zu paaren, was von den Weibchen mit heftigem Flügelschlagen abgewehrt wird.

Bei der Wahl der Nektarpflanzen scheint der Alpenapollo nicht so wählerisch zu sein wie der Apollo. Große blauviolette Blüten bevorzugt auch er besonders. Daneben sucht er gelbe und seltener weiße Blüten auf. So saugt er an Compositen wie Disteln, Flockenblumen, verschiedenen Habichtskraut- sowie Wucherblumenarten und seltener auch an Orchidaceen⁹⁾. Mit seinem relativ kurzen Rüssel rüsselt er mit sehr heftig nickenden Kopfbewegungen intensiv und an geeigneten Blüten auch sehr lange.¹⁰⁾

Selbst bei warmer Witterung ist der Alpenapollo ohne Sonnenbestrahlung weitgehend flugunfähig. Bei Störung zeigt er in diesem Zustand das gleiche Schreckverhalten wie der Apollo: Ruckartig spreizt er die Vorder- und Hinterflügel möglichst weit auseinander, sodaß die Flügelzeichnung mit den charakteristischen Augen schlagartig sichtbar wird. Gleichzeitig entsteht ein deutlich hörbares Knistern durch Reiben des zweiten und dritten Beinpaars an der Flügelwurzel der Hinterflügel (SBN 1987). In dieser Schreckstellung verharrt der Schmetterling besonders bei kühler Witterung sehr lange (nach meiner Beobachtung bis zu einer halben Stunde).

2.6 Gefährdung

Im Gegensatz zum Apollo, der in Deutschland mancherorts schon früh durch „rücksichtsloses Treiben der gewerbsmäßigen Apollojäger und -händler“ (WERNER 1926) und bis in jüngste Zeit durch die Vernichtung seiner Habitate (WEIDEMANN 1989, EBERT u. RENNWALD 1991) bis auf wenige Restpopulatio-

nen ausgerottet wurde, steht es um die Bestände des Alpenapollo wesentlich besser. Zwar wird der Alpenapollo in der *Roten Liste der gefährdeten Tiere Bayerns* als eine vom Aussterben bedrohte Art (Gefährdungsstufe 1) geführt (GEYER u. BÜCKER 1992). Abgesehen von den Populationen in den Bayerischen Alpen, einem Grenzbereich seiner Verbreitung, ist sein Vorkommen in anderen Teilen der Alpen nicht oder nur lokal gefährdet (SBN 1987, HUEMER et al. 1994). Dies gilt nach meiner Einschätzung auch für die derzeitige Bestandssituation in den Lechtaler Alpen.

3. Die ökologische Nische des Alpenapollo

3.1 Zum Begriff der ökologischen Nische

Unter ökologischer Nische versteht man die funktionale Beziehung, in der eine Art zum Ökosystem steht (HEINRICH u. HERGT 1991)¹¹⁾. Der Begriff ökologische Nische steht gleichbedeutend für die Nutzung aller biotischen und abiotischen Ressourcen (CAMPBELL 1997). Bei optimaler Nutzung dieser Ressourcen spricht man von einer fundamentalen Nische. Vor allem wegen Interaktionen mit anderen Arten, insbesondere wegen Konkurrenz und Raub, ist fast immer nur ein Teil dieser fundamentalen Nische verwertbar. Die Ressourcen, die eine Art tatsächlich nutzen kann, nennt man realisierte Nische.

Evolutionär entstehende Anpassungsmechanismen, die eine möglichst schnelle und große Annäherung an eine fundamentale Nische ermöglichen, verbessern die Überlebenschance einer Art. Dabei können zwei Arten mit überlappenden ökologischen Nischen nicht langfristig im gleichen Biotop leben. Entweder stirbt eine der beiden Arten aus oder sie ändert evolutionär ihre ökologische Nische (HALBACH 1981). Letzteres wird bei Alpenapollo und Apollo deutlich: Diese sehr ähnlichen Arten besetzen zwei unterschiedliche ökologische Nischen. So haben sie sich verschiedenen Klimabedingungen und verschiedenen Nahrungsressourcen angepaßt. Ihr Abwehrverhalten gegenüber Freßfeinden ist dagegen gleich.

9) Dabei rüsselt er nach meinen Beobachtungen nicht in der Blüte, sondern nur auf der Vorderlippe. Dieses Verhalten läßt sich auch bei anderen Schmetterlingen, besonders häufig beim Geissklebläuling (*Plebejus argus* L.), beobachten.

10) Der Nahrungsbedarf ist beim Apollo nach Zuchtexperimenten (WEIDEMANN 1995) sehr groß. Dies dürfte bei Berücksichtigung des sehr ausgeprägten Blütenbesuchs auch für den Alpenapollo zutreffen.

11) Der Biologe E. ODUM führt einen Vergleich an, der zum Verständnis dieses Konzeptes beiträgt: Wenn der Standort eines Organismus seine Adresse ist, ist die ökologische Nische sein Beruf. Anders ausgedrückt bedeutet dies, die ökologische Nische einer Art ist ihre ökologische Rolle (zitiert nach CAMPBELL 1997).

3.2. Anpassung an Klima und Habitat

Der Alpenapollo besiedelt supalpine und alpine Zonen. Das Klima dieser Region ist geprägt von langen schneereichen Wintern und kurzen Sommern mit häufigen Niederschlägen, wobei selbst im Sommer kurze Kälteperioden mit Schneefall möglich sind. Außerdem sind hohe Temperaturgegensätze sowohl makro- wie mikroklimatisch typisch.¹²⁾

Bezüglich seines Habitats nimmt der Alpenapollo unter den alpinen Schmetterlingsarten eine Sonderstellung ein (BLAB u. KUDRNA 1982). Das Larvalhabitat, geprägt von dichten Polstern des Bach-Steinbrechs, liegt fast ausschließlich im Überschwemmungsbereich von Quellfluren und Bächen. Periodische Hochwasser führen diese Uferzonen immer wieder in ein frühes Sukzessionsstadium und schaffen damit auf freien Kies- und Steinflächen günstige Standortbedingungen für den Bach-Steinbrech. Auf ihm sind besonders dann Raupen des Alpenapollo zu finden, wenn sich blütenreiche Areale in unmittelbarer Nähe befinden.

Die Entwicklung und das Verhalten des Alpenapollo hat sich diesen differenzierten und teils extremen Klima- und Standortbedingungen in allen Stadien angepasst.¹³⁾

3.2.1 Angepaßte Entwicklung

Die Art der Eiablage (2.5.1) mindert ebenso wie die Methode der Überwinterung (2.5.2) das Risiko einer Gesamtvernichtung durch Überflutung zur Zeit der Schneeschmelze (Risikostreuung). Auch später können die Raupen, die immer im potentiellen Überschwemmungsbereich leben (FORSTER u. WOHLFAHRT 1984), offensichtlich ebenso wie die Puppen eine gewisse Zeit unter Wasser überleben.¹⁴⁾

12) Beispielsweise wurden an einem sonnigen Augusttag in 2200 m NN an den Blättern einer Berg-Hauswurz (*Sepervivum montanum*) zwischen 6-7 Uhr 5 Grad C, zwischen 13-14 Uhr 51 Grad C gemessen (nach HEINRICH u. HERGT 1990).

13) Die enge Anpassung an sein Ökosystem bindet ihn jedoch an einen sehr begrenzten Lebensraum. So fliegt der Alpenapollo ausschließlich an Gewässern subalpiner und alpiner Regionen. Er kann in keine anderen Bereiche „ausweichen“. Nie besiedelt er als alpine Art die Talsohle des Oberen Lechtales oder die Isar- und Lechauen, auch dann nicht, wenn hier seine Raupenwirtspflanze und seine Nektarpflanzen als „Schwemmlinge“ zu finden sind.

Die Entwicklungszeit der Raupe, immer wieder durch klimatisch bedingte Diapausen¹⁵⁾ unterbrochen, dauert circa 60 Tage. Sie ist damit mehr als doppelt so lang wie beispielsweise die etwa 25-tägige Larvalzeit des Schwarzen Apollo (BINK, zitiert nach WEIDEMANN 1995). Wesentliche Bedingung ist deshalb eine relativ lange Vegetationszeit der Raupenwirtspflanze, – und dies in einer Klimazone, in der die Vegetationsperiode allgemein kurz ist.¹⁶⁾ Diese Bedingung erfüllt der Bach-Steinbrech als immergrüne Pflanze. Ohne Verzögerung kann die Raupenentwicklung im Frühling beginnen, sobald es die klimatischen Verhältnisse erlauben: Die Wirtspflanze bietet schon zu diesem Zeitpunkt reichlich Nahrung; die Raupe, bereits im Vorjahr entwickelt, ist „startbereit“. Ab Juni wachsen die von der Raupe bevorzugten Blütenknospen besonders üppig. Dies ist gerade auch die Zeit, in der die Raupen bei steigenden Temperaturen besonders viel Nahrung benötigen. Das Raupenwachstum ist also mit der Entwicklung der Raupenwirtspflanze „synchronisiert“ (Begriff geprägt von WEIDEMANN 1995).

Der Platz der Puppenruhe unter Steinen bietet gerade unter alpinen Bedingungen ein wesentlich ausgeglicheneres Mikroklima als die sonst bei Ritterfaltern übliche Verpuppung an oberirdischen Pflanzenteilen. Dadurch können die komplexen Stoffwechselvorgänge in der Puppe kontinuierlicher und damit bezogen auf die Gesamtdauer der Metamorphose schneller ablaufen. So wird auch unter den rauen makroklimatischen Verhältnissen eine sehr kurze Puppenzeit möglich.¹⁷⁾ Der Falter kann genau dann schlüpfen, wenn „seine“ Nektarpflanzen zu blühen beginnen.

3.2.2 Angepaßtes Verhalten

Während der seltenen Warmwetterperioden müssen die Raupen in kurzer Zeit erhebliche Nahrungsmen-

14) „Die Puppen ertragen es, längere Zeit untergetaucht zu sein.“ (CARTER u. HARGREAVES 1987)

15) Entwicklungshemmung durch äußere Faktoren.

16) Der vorwiegend in der montanen Zone lebende Schwarze Apollo kann bei günstigeren Klimabedingungen Raupenwirtspflanzen, verschiedene Lerchensporenarten, mit nur kurzer Vegetationszeit nutzen.

17) Alle anderen europäischen Ritterfalter überwintern als Puppe. Auch viele andere alpine Schmetterlingsarten überwintern als halberwachsene Raupe oder als Puppe, wobei sie Jahre überdauern („überliegen“) können.

gen zu sich nehmen und verwerten. Deshalb fressen sie bei günstiger Witterung extrem schnell. Die dabei immer wieder eingelegten „Ruhepausen“ (vgl. 2.5.2) auf besonnten und im Vergleich zu den kühl-feuchten Polstern der Wirtspflanze deutlich wärmeren Steinen dienen wohl zur Aufwärmung der Körpertemperatur.¹⁸⁾ Als wechselwarme Tiere können sie so den Stoffwechsel der Nahrungsverwertung beschleunigen. Die Raupen fressen, wann immer die Witterung es erlaubt, den ganzen Tag, auch in den frühen Morgenstunden. Vermutlich ist dies möglich, weil die Raupe analog dem Flugverhalten des Falters (s.u.) schon bei relativ niedrigen Körpertemperaturen aktiv sein kann. Zusätzlich wirken sich wohl mikroklimatische Vorteile des Raupenhabitats günstig aus. Die Ausbildung von Polstern durch die Wirtspflanze und die Nähe zum Wasser schwächen Temperaturschwankungen, insbesondere durch nächtliche Abkühlung bis zu Nachtfrösten, erheblich ab.

Für Partnerfindung, Paarung und Eiablage ist ebenfalls eine möglichst rasche Nutzung günstiger Wetterbedingungen wesentlich. Deshalb suchen die Falter innerhalb ihres Habitats Standorte mit günstigem Mikroklima auf, vorzugsweise besonnte Steine und windgeschützte Stellen. Hier erreichen sie mit ihren gegen die Sonne ausgebreiteten Flügeln schneller und häufiger die für die Flugfähigkeit erforderliche Körpertemperatur. Diese liegt mit 17-18 Grad C (CHAPLIN u. WELLS, zitiert nach KUDRNA 1990) auffallend niedrig.¹⁹⁾ So können die Männchen auch bei relativ kühler Witterung Weibchen finden. Diese sind bereits unmittelbar nach dem Schlüpfen zur Paarung bereit, da sie bereits in diesem Stadium voll ausgereifte Eier besitzen (BROS u. RUCKSTUHL 1988). Geeignete Nektarpflanzen fliegen die Falter gezielt an und rüsseln hier ebenso hektisch, wie sie als Raupen gefressen haben. So können auch sie in kurzer Zeit ihren hohen Nahrungsbedarf (vgl. 2.5.4) stillen. Andererseits sparen die Falter Energie: Die Weibchen fliegen insgesamt nur wenig, die Männchen nur bei Sonnenlicht. Die Begattungstasche ermöglicht den befruchteten Weib-

chen eine wirksame Abwehr paarungswilliger Männchen ohne großen Energieaufwand.

3.3 Schutz vor Feinden

Auf den ersten Blick scheint der Alpenapollo eine leichte Beute für Freßfeinde zu sein: Die grell gefärbten Raupen sind ebenso wie die großen und leuchtend weißen Falter sehr auffällig. Beim Rüsseln auf Blüten könnte man die Falter sogar mit der Hand leicht fangen. Sie fliegen besonders im Gleitflug langsam. Ohne Sonnenbestrahlung sind sie weitgehend flug- und damit auch fluchtunfähig. Die Populationen leben in einem eng begrenzten Habitat, das die Falter fast nie verlassen.

Trotz dieser ungünstig erscheinenden Umstände hat der Alpenapollo überlebt. Dies belegt, daß er effektive Schutzstrategien entwickelt hat.

3.3.1 Tarnung (Mimese)

Ruhende Alpenapollofalter sind nicht leicht zu finden. Beim Aufwärmen sitzen sie vorwiegend auf hellen Steinen mit weit ausgebreiteten Flügeln. Bei nachlassender Sonnenbestrahlung (und damit abnehmender Flugfähigkeit!) überdecken sie die auffällige Zeichnung der Hinterflügel mit den Vorderflügeln. Dadurch gleichen sie sich dem steinigen Untergrund an.²⁰⁾ Durch zeitweises Schließen der Flügel in bestimmten Situationen können zumindest die Weibchen den Grad der Tarnung noch verbessern (vgl. 2.5.4).

Besonders wichtig ist ein geeigneter Ruheplatz für die Nacht. Gezielt fliegen die Falter in den späten Nachmittagstunden immer wieder verschiedene weiße Blüten- und Fruchtstände an. Häufig wechseln sie ihren Standort, bis sie endgültig einen Schlafplatz gefunden haben. Hier sind sie auf hellem Untergrund mit geschlossenen Flügeln besonders aus der Aufsicht, d.h. aus der Vogel (!)-Perspektive, kaum zu entdecken.²¹⁾

18) Anders läßt sich dieses besonders bei mäßig warmer Witterung häufig zu beobachtende Verhalten nicht sinnvoll erklären.

19) Beim Schwalbenschwanz (*Papilio machaon* L.) liegt die erforderliche Körpertemperatur bei 28-30 Grad C (WASSERTHAL 1975, nach KUDRNA 1990).

20) Häufig fand ich die Falter in diesem Zustand auch dann nicht, wenn ich von einiger Entfernung ihre „Landung“ im Geröll beobachtet hatte. Erst wenn sie fluchtartig aufflogen, sah ich, daß sie oft unmittelbar vor mir auf hellem Gestein gesessen hatten.

21) Die Möglichkeit der Tarnung ist aber nicht immer gegeben. So kann der Alpenapollo bei plötzlichem Wetterwechsel keine geeigneten Ruheplätze mehr suchen. Jäh muß er bei Verschwinden der Sonne seinen Flug oder seine Nahrungsaufnahme abbrechen. Häufig sitzt er dann fluchtunfähig auf grünen Pflanzenteilen oder auf Blüten seiner Nektarpflanzen.

Auch das graue Gespinst der Puppe ist seiner Umgebung zwischen Steinen und Pflanzenteilen am Boden farblich sehr gut angepaßt. Außer einem thermischen und mechanischen Schutz bietet es damit die für die unbewegliche Puppe besonders wichtige Tarnung.

3.3.2 Warnung (Mimikry)

Das Vermögen der Tarnung ist beim Alpenapollfalter, verglichen mit vielen anderen Schmetterlingen, nicht sehr ausgeprägt. Abgesehen von den beschriebenen Sondersituationen dominieren bei ihm gerade sehr auffällige Farben: Gelb-Schwarz bei der Raupe ²²⁾ und Rot-Schwarz auf den weißen Flügeln des Falters.

Im Flug ist der Apollfalter als leuchtend weißer Schmetterling weithin sichtbar. Die weiße Grundfarbe teilt er mit einer Reihe anderer Schmetterlinge, die in seinem Lebensraum häufig vorkommen: Aurorafalter (*Anthocharis cardamines* L.), Großer Kohlweißling (*Pieris brassicae* L.), Kleiner Kohlweißling (*Pieris rapae* L.), Rapsweißling (*Pieris napi* L.) und Bergweißling (*Pieris bryoniae* HÜBNER). Diese Weißlinge (*Pieridae*), von WEIDEMANN (1995) als „Senfö-Weißlinge“ zusammengefaßt, speichern auch noch als Falter Senföle (Isothiocyanate), die aus ihren Raupenwirtspflanzen (verschiedene Kreuzblütler) stammen. Sie sind dadurch für Vögel wenig schmackhaft bzw. ungenießbar. Das Weiß ihrer Flügel signalisiert den Freßfeinden nach WEIDEMANN (1995) diese Ungenießbarkeit (sog. *Müllersche Mimikry*) ²³⁾. Vögel, abgeschreckt durch Freßversuche an diesen häufig vorkommenden Weißlingen, meiden im Sinne der *Bateschen Mimikry* ²⁴⁾ auch den weißflügeligen Alpenapoll. Er

ist damit gerade als großer und auffälliger „Schein-Weißling“ trotz seiner Genießbarkeit vor der Nachstellung durch Vögel geschützt. Bei seinem begrenzten Flugradius und seiner Art des intensiven und „unvorsichtigen“ Blütenbesuchs ist dies von existentieller Bedeutung.

Weiß wird als Warnfarbe nur von Schmetterlingen genutzt. Die bekannte Warnfärbung Gelb-Schwarz und Rot-Schwarz (WICKLER 1973, CURIO 1978, ZABKA 1990) ist im Tierreich dagegen weit verbreitet: von der Wespe über die Wespenspinne bis zum Salamander bzw. vom Widderchen über die Streifenwanze bis zum Bauch der Rotbauch-Unke. Die grelle und kontrastreiche Farbgebung ist als sog. aposematische Färbung ²⁵⁾ im Sinne der *Müllerschen Mimikry* gerade wegen ihrer Häufigkeit besonders erfolgreich.

Auch im Lebensraum des Alpenapoll verteidigen sich mit der gelb-schwarzen Warntracht eine Reihe von Insekten: vorwiegend Hautflügler wie Wespen, Bienen und Hummeln sowie die Raupen des Jakobskrautbärs (*Tyria jacobaeae* L.) ²⁶⁾ und verschiedener Widderchen ²⁷⁾. Die Raupen dieser Schmetterlinge, durch den Gehalt an Alkaloiden bzw. Blausäure sehr giftig und widerlich schmeckend, erreichen durch ihre Warntracht einen „trefflichen Schutz gegenüber Freßfeinden, wie z.B. Vögeln“ (EBERT 1997). Als Imagines demonstrieren Jakobskrautbär und Widderchen wiederum ihre Ungenießbarkeit, jetzt aber mit dem Farbkontrast Rot-Schwarz (EBERT 1997, HOFMANN 1994). Diese giftigen „Vorbilder“ ahmt der Apollfalter jeweils im Larval- und im Imaginalstadium nach. Er täuscht so mit seiner gelb-schwarzen Färbung als Raupe und seiner rot-schwarzen Flügelzeichnung die Ungenießbarkeit von Widderchen und Jakobskrautbär vor (Scheinwarntracht im Sinne der *Bateschen Mimikry*).

3.3.3 Schrecken

Vögel schrecken, wie Laborversuche (BLEST 1957) ergaben, regelmäßig zurück, wenn z. B. ein bedrohtes

22) Ich fand seltener auch Raupen mit mehr orangen Flecken.

23) Die *Müllersche Mimikry* ist nach dem deutschen Naturforscher Fritz Müller benannt. Er entdeckte am Beispiel tropischer Schmetterlinge 1879, daß eine gemeinsame Warntracht zweier oder mehrerer nicht eng verwandter Arten sehr vorteilhaft ist. Die Freßfeinde müssen anstelle von mehreren Warnsignalen nur eines lernen. Der Tribut, der beim Erlernen dieser Warntracht anfällt, teilt sich auf die Beteiligten der „Interessengemeinschaft“ (WICKLER 1973) auf.

24) Die *Batesche Mimikry* ist nach dem englischen Naturforscher Henry Walter Bates benannt. Er wies – wiederum am Beispiel tropischer Schmetterlinge – 1862 nach, daß genießbare Arten durch das Nachahmen ungenießbarer Arten gegenüber Freßfeinden einen Schutz erreichen. Allerdings müssen, wie auch später experimentell nachgewiesen wurde (BROWER 1960), die Vorbilder häufiger als die Nachahmer sein. (Diese Voraussetzung ist beim Häufigkeitsverhältnis Weißlinge - Alpenapoll erfüllt.)

25) Als Warnung für Feinde dienende gleichartige intensive Färbung von Tieren mit wirksamen chemischen oder physikalischen Abwehrmechanismen.

26) In den tiefer gelegenen Habitaten des Alpenapoll in den Lechtaler Alpen fand ich sie nicht selten.

27) vorwiegend des in den Lechtaler Alpen häufig vorkommenden Alpen-Widderchens (*Zygaena exulans* REINER u. HOHENWARTH 1792).

Tagpfauenauge (*Inachis io* L.) durch Aufklappen der Flügel plötzlich seine Augenflecke zeigt. Diesen Überraschungseffekt nutzen viele Schmetterlinge als letzte Möglichkeit der Verteidigung dann, wenn andere Methoden wie beispielsweise die Tarnung versagt haben. Auch der Alpenapollo kann bei unmittelbarer Bedrohung durch ruckartiges Spreizen seiner Vorder- und Hinterflügel schlagartig seine durch die Vorderflügel verdeckten „Augen“ auf den Hinterflügeln zeigen (vgl. 2.5.4).²⁸⁾ Diese roten Augenflecke sind auf den weißen Flügeln des Alpenapollo besonders auffällig. Sie sind etwas asymmetrisch rund, weiß gekernt und von einem schwarzen Ring umgeben. Sie kombinieren damit die Warntracht Rot-Schwarz mit einer von einem konzentrischen Ring umgebenen runden Form. Derartige Formen haben, wie BLEST (1957) experimentell nachweisen konnte, einen größeren Abschreckungseffekt als andere einfache Muster.²⁹⁾ Beim Alpenapollo wird dieser Überraschungseffekt möglicherweise noch durch das beschriebene akustische Signal (2.5.4) optimiert.

3.3.4 Zusammenwirken der Abwehrmechanismen

Die einzelnen Abwehrmechanismen (3.3.1, 3.3.2 und 3.3.3) sind in ihrer Gesamtheit so komplex, daß sie wie ein ausgedachter „Stufenplan der Verteidigung“ anmuten.

Während die Grundfarbe Weiß besonders aus größerer Distanz dominiert (besonders beim Flug und beim Blütenbesuch mit flatternden Flügelbewegungen), wirkt die kleinflächige rot-schwarze Zeichnung der Flügel wohl erst bei direkter Bedrohung. Versagt auch diese Abwehr, hat der Falter bei unmittelbarer Konfrontation mit einem Freßfeind als letzte Möglichkeit den Einsatz seiner „Schreck-Tracht“. Auch die Raupe schreckt bei unmittelbarer Gefahr durch unge-

wöhnliche Bewegungen und mit einer allen Ritterfaltern eigenen chemischen Abwehrmöglichkeit. Die aus der sehr schnell ausstülpbaren Nackengabel freigesetzten übelriechenden Substanzen dürften Freßfeinden eine Ungenießbarkeit des ganzen Körpers vortäuschen.

Die Kombination gestaffelt einsetzbarer Abwehrmechanismen bewährt sich wohl gerade auch dann besonders, wenn Freßfeinde aus Erfahrung den „Bluff“ einzelner Strategien bereits „erkannt“ haben.

4. Der „Kampf um's Dasein“

4.1 Anpassung durch „natürliche Auslese“ (Selektion)

Nach der Evolutionslehre Darwins (1859) sind die beschriebenen Anpassungen und Abwehrstrategien des Alpenapollo eine entwicklungsgeschichtliche Folge des Wettstreits der Arten um den größten Fortpflanzungserfolg. Darwin prägte für diesen Wettstreit den Begriff „struggle for existence“. Im deutschen Sprachraum hat sich dafür seit der ersten Übersetzung im Jahr 1860 bis heute die Wendung „Kampf um's Dasein“ erhalten. Der Begriff „Kampf“ suggeriert jedoch nur allzu leicht die Vorstellung einer mehr oder weniger gewaltsamen Auseinandersetzung. „Struggle for existence“ bedeutet dagegen überwiegend ein Sichbehaupten gegenüber Konkurrenten und Feinden mit äußerst subtilen und differenzierten Methoden.³⁰⁾ Nur die Art, die sich am schnellsten und effektivsten ihrer Umwelt anpaßt, gewinnt diesen Wettstreit. Sie kann ihre ökologische Nische besetzen und hat damit als die „tüchtigste“³¹⁾ Art die besten Überlebenschancen. Andere, weniger „tüchtige“ Arten sterben aus.

4.2 Der Alpenapollo – eine erfolgreiche Art

Der Alpenapollo existiert als ursprüngliche und entwicklungsgeschichtlich alte Art (2.1) noch immer.

28) Diese Abschreckung durch eine „Ungewohnt-Tracht“ oder „Schrecktracht“ (SBN 1987) ist bei Schmetterlingen weit verbreitet. Die vom Alpenapollo dabei eingenommene „Schreckhaltung“ mit weit gespreizten Vorder- und Hinterflügeln wird zumindest bei europäischen Schmetterlingen außer den Vertretern der Ritterfalter nur von Nachtfaltern – hier aber meist besonders perfekt – eingenommen.

29) Die „Augen“ auf den Flügeln entsprechen jedoch nicht der von BLEST ermittelten Form mit einem optimalen Abschreckungseffekt. Nach der Versuchsanordnung von BLEST wäre experimentell leicht zu klären, ob die rot-schwarze Farbgebung diesen Nachteil kompensiert.

30) Neben Merkmalen der Anpassung hinterläßt der „Kampf um's Dasein“ bei allen Arten auch mehr oder weniger deutlich sichtbare Zeichen der Abwehr von Feinden. Einige Schmetterlingsarten haben derartige Mechanismen so perfekt entwickelt, daß sie in der Literatur geradezu als Beweis für die Richtigkeit der Evolutionstheorie angeführt werden. Besonders trifft dies für Mimikse und Mimikry zu. (WICKLER 1973, CURIO 1978, ZABKA 1990). Der Alpenapollo wird in diesem Zusammenhang nie als typisches Beispiel erwähnt, da seine Strategien, einzeln betrachtet, nicht so spektakulär wie die einiger anderer Arten sind. In ihrer Gesamtheit (3.3.4) sind sie aber besonders eindrucksvoll.

31) Darwin (1859) benutzte dafür den Begriff „fittest“.

Dies beweist sein Durchsetzungsvermögen im „Kampf um's Dasein“. Er hat auf die komplexen Bedingungen seiner Umwelt mit einer Vielzahl unterschiedlichster Anpassungsmechanismen reagiert (3.2).³²⁾

Konkurrenten konnte der Alpenapollo allein schon durch die „Wahl“ seines extremen Lebensraumes weitgehend ausschließen. Seine Anpassungsmechanismen sind nicht nur dem Klima der subalpinen und alpinen Region, sondern auch den extremen Bedingungen seines Larvalhabitates sehr spezifisch angepaßt. Keine andere Art kann in der eng begrenzten Zeitspanne des Bergfrühlings und Bergsommers einen derartig extremen Lebensraum so nützen wie er.

Seine Abwehrmechanismen gegen Freßfeinde (3.3) sind in ihrer Gesamtheit, insbesondere in ihrem „Zusammenspiel“, offensichtlich so wirksam, daß sie ihm selbst als großem und auffälligem Insekt ein Überleben in der offenen alpinen Landschaft ermöglichen.

5. Ausblick

Arten und ihre Ökosysteme sind einzigartige und unwiederholbare Ergebnisse einer Evolution, deren Zeitmaß außerhalb menschlicher Erfahrung liegt (GOULD 1995). Die enge Bindung einer Art an ihr

Ökosystem beruht vorwiegend auf einer in Jahrtausenden entstandenen Anpassung durch „natürliche Auslese“ (Selektion).

Wie differenziert die ökologische Nische einer Art ist, sollte hier am Beispiel des Alpenapollo wenigstens in den Grundzügen aufgezeigt werden. Dabei wird sehr deutlich, daß vermutlich kein natürliches Ökosystem wegen seiner außerordentlichen Komplexität jemals in allen seinen Wechselbeziehungen vollständig erfaßt und dargestellt werden kann (BLAB 1993). Ebenso wird deutlich, wie verletzlich derartige Systeme sind. Durch Einzelbeispiele wissen wir, daß bereits der Verlust eines einzigen Faktors zum Erlöschen einer oder mehrerer Arten führen kann. Bezüglich eines umfassenden Kenntnisstandes gilt aber vielfach noch immer die Aussage Darwins von 1859: „Nichtsdestoweniger ist unsere Unwissenheit so tief und unsere Anmaßung so groß, daß wir uns wundern, wenn wir vom Aussterben eines organischen Wesens hören“.

Aus diesen Erkenntnissen ergibt sich für den Artenschutz als unabdingbare Konsequenz: Spezialisierte Arten sind nur durch den Schutz ihres Ökosystems zu erhalten.

32) Man sollte allerdings bedenken, daß nicht die gesamte Evolution aus der Entwicklung von Anpassungen durch die natürliche Selektion besteht. (Darauf hatte schon Darwin (1859) hingewiesen!). Viele andere Faktoren, wie z.B. Zufall, beeinflussen ebenfalls die Selektion (FUTUYMA 1990).

Schrifttum

- Blab, J. (1993): Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere. (Kilda) Greven.
- Blab, J. u. O. Kudrna (1982): Hilfsprogramm für Schmetterlinge. (Kilda) Greven.
- Blest, A. D. (1957): The Function of Eyespot Patterns in the Lepidoptera. Behaviour 11: 209-255.
- Bros, E. u. Ruckstuhl, Th. (1988): Unsere Schmetterlinge. (Mondo) Lausanne.
- Brower, L. P. u. van Zandt Brower, J. (1964): Birds, Butterflies, and Plant Poisons. Zoologica 49: 137-159.
- Campbell, N. A. (1997): Biologie. (Spektrum) Heidelberg Berlin Oxford.
- Carter, D. J. u. Hargreaves, B. (1987): Raupen und Schmetterlinge Europas und ihre Futterpflanzen. (Parey) Hamburg u. Berlin.
- Curio, E. (1978): Wie Insekten ihre Feinde abwehren. In: Evolution II (Hrsg. H. v. Ditfurth) S. 85-105 (Hoffmann u. Campe) Hamburg.
- Darwin, Ch. (1859): Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. (Wiss. Buchgesellschaft, 1992) Darmstadt.
- Dierl, W. (1969): Die Schmetterlinge. In: Enzyklopädie der Tiere (Hrsg. Grzimek B.) Bd. II: 306-370 (Kindler) Zürich.
- Ebert, G. u. Rennwald, E. (1991): Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Bd. I: Tagfalter I. (Ulmer) Stuttgart.
- Ebert, G. (1997): Tyria jacobaeae. In: Die Schmetterlinge Baden-Württembergs (Hrsg: Ebert G.) Bd V: S 361-365. (Ulmer) Stuttgart.
- Fabre, J.-H. (1865): Die Besteigung des Mont Ventoux. In: Das offenbare Geheimnis (Hrsg. Guggenheim K. u. A. Portmann (1989). S 119-135. (Diogenes) Zürich.
- Forster, W. u. Wohlfahrt Th. A. (1984): Die Schmetterlinge Mitteleuropas. Bd. II. (Franckh) Stuttgart.
- Futuyma, D. J. (1990): Evolutionsbiologie. (Birkhäuser) Basel Boston Berlin.
- Gamerith, W. (1997): Lechtal – Eine Landschaft erzählt ihre Geschichte. (Tyrolia). Innsbruck Wien.
- Gemoll, W. (1959): Griechisch-Deutsches Schulwörterbuch. (Freitag) München.
- Geyer, A. u. Bücher, M. (1992): Rote Liste gefährdeter Tagfalter (Rhopalocera) Bayerns. Schriften. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 111: 206-213.
- Gould, St. J. (1995): Die Evolution des Lebens. Spektrum der Wissenschaft. Spezial 3: S. 52-60.
- Halbach, U. (1981): Einführung in die Ökologie. In: Biologie: Eine Vorlesungsreihe für Mediziner und Naturwissenschaftler (Hrsg. Starck D.) S. 693-763 (Chemie) Basel.
- Heinrich, D. u. Hergt, M. (1991): dtv-Atlas zur Ökologie. (Deutscher Taschenbuch Verlag) München.
- Hesse, H.: „Der Schmetterling“ und „Apollo“. In: Hermann Hesse: Schmetterlinge (1982). S.: 21 u. 40-43. (Insel – Suhrkamp) Frankfurt.
- Hofmann, A. (1994): Zygaeninae. In: Die Schmetterlinge Baden-Württembergs (Hrsg. Ebert, G.) Bd. III. S 197-335. (Ulmer) Stuttgart.
- Hübner, J. (1793-1818): Geschichte europäischer Schmetterlinge. Augsburg.
- Huemer, P., Reichl, E. R. u. Wieser, Ch. (1994): Rote Liste der gefährdeten Großschmetterlinge Österreichs (Macrolepidoptera) in: Rote Liste gefährdeter Tiere Österreichs (Moser) Graz.
- Hunger, H. (1974): Lexikon der griechischen und römischen Mythologie (Rowohlt) Reinbek.
- Kudrna, O. (1990): Butterflies of Europe. Bd. II (Aula) Wiesbaden.
- Meyer, C. F. (1871): „Das Seelchen“. In: Conrad Ferdinand Meyer – Sämtliche Werke Bd. II: S 57. (Winkler) München.
- Oberdorfer, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora (Ulmer) Stuttgart.
- Osthelder, L. (1925): Die Großschmetterlinge Südbayerns und der angrenzenden nördlichen Kalkalpen. I. Teil. Beilage zum 15. Jahrgang der Mitt. der Münchener Ent. Ges.
- Rose, K. (1995): Zur Unterarten-Inflation in der Gattung Parnassius. Nachr. Ent. Ver. Apollo N.F. 10: 243-252.
- Rösel von Rosenhof, A. J. (1740): Insecten-Belustigung. In: Bibliophile Taschenbücher (Nachdruck) (1979) (Harenberg) Dortmund.
- Sbordoni, V. u. Forestiero, S. (1984): Weltenzyklopädie der Schmetterlinge. (Südwest) München.
- SBN (Schweizerischer Bund für Naturschutz) (1987): Tagfalter und ihre Lebensräume. Basel.
- Schnack, F. (1928): Das Leben der Schmetterlinge. (Hegner) Köln Olten.
- Tolman, T. u. Lewington, R. (1997): Die Tagfalter Europas und Nordwestafrikas. (Kosmos) Stuttgart.
- Weidemann, H. J. (1989): Die Bedeutung von Sukzession und „Störstellen“ für den Naturschutz. Schr. R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz 29: S. 239-247.
- Ders. (1995): Tagfalter beobachten, bestimmen. (Weltbild) Augsburg.
- Werner, H. (1926): Schützet den Apollo! Veröff. st. Stelle NatSchutz Württ. 3: 134-144.
- Wickler, W. (1973): Mimikry – Nachahmung und Täuschung in der Natur. (Fischer) Frankfurt.
- Zabka, H. (1990): Tarnung und Täuschung bei Pflanzen und Tieren. (Landbuch) Hannover.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Eberhard Pfeuffer
Leisenmahl 10
86179 Augsburg



Abb. 1: Der Lebensraum des Alpenapollon: an Gebirgsbächen und auf Quellfluren der Alpen in Höhen zwischen 1200 m NN bis über 2000 m NN. Hier: ein Hochtal in den Lechtaler Alpen.

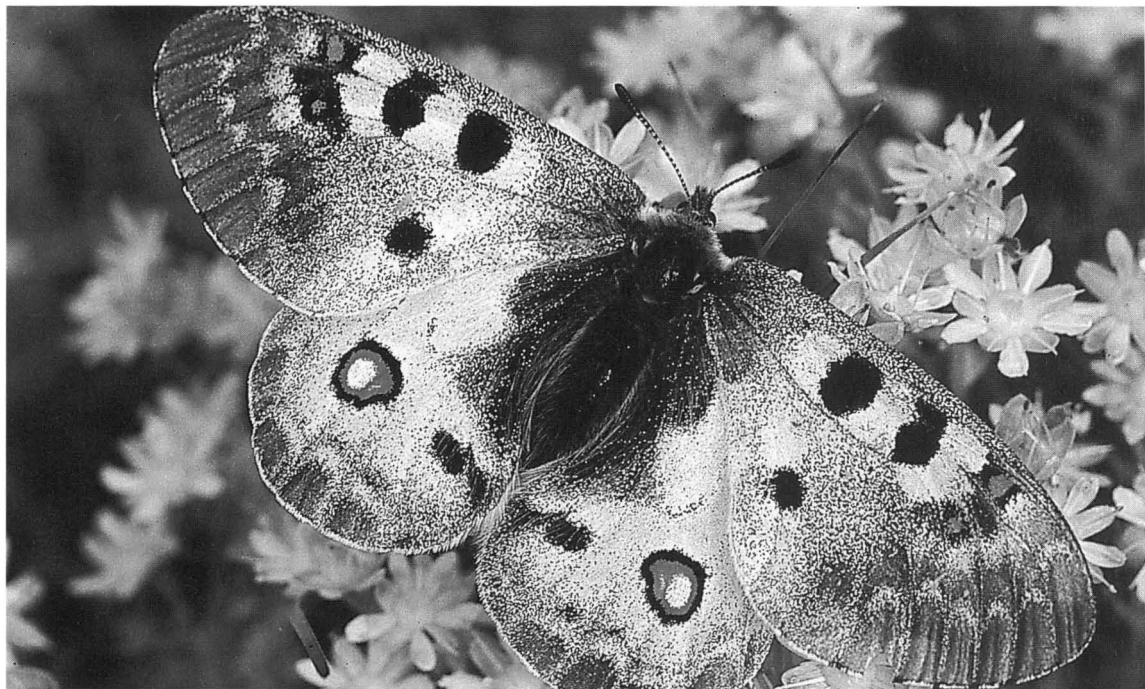


Abb. 2: Alpenapollo (*Parnassius phoebus* F.) und ...



Abb. 3: ... Apollo (*Parnassius apollo* L.): zwei besonders prächtige und nahverwandte Schmetterlinge. Die sehr ähnlichen Arten besetzen unterschiedliche ökologische Nischen. Sie haben sich verschiedenen Klimabedingungen angepaßt und nutzen verschiedene Nahrungsressourcen. Ihr Abwehrverhalten gegenüber Freßfeinden ist dagegen gleich.



Abb. 4: Die Raupenwirtspflanze des Alpenapollo, der Bach-Steinbrech, besiedelt humus- und feinerdearme Areale vorwiegend an Gebirgsbächen, vielerorts im Überflutungsbereich.



Abb. 5: Bei der Eiablage sind die Weibchen sehr wählerisch. Ausgiebig betriellern sie Teile der späteren Raupenwirtspflanze, bevor sie die Eier einzeln und sehr fest an (vorwiegend abgestorbene) Pflanzenteile anheften. (Ei mit Pfeil gekennzeichnet)



Abb. 6: Die Raupen fressen, wann immer die Witterung es erlaubt, den ganzen Tag, auch in den frühen Morgenstunden. Bevorzugte Nahrung sind die (energiereichen) Blütenknospen, die die Wirtspflanze genau dann bietet, wenn die Raupen am schnellsten wachsen.



Abb. 7: Vorwiegend dort, wo in der alpinen Höhenstufe Wildbäche durch blütenreiche und lückig bewachsene Bereiche fließen, fliegt der Alpenapollo. Hier findet er seine Nektarpflanzen ebenso wie Balz- und Ruheplätze.



Abb. 8: Hier ruht ein Männchen des Alpenapollo auf einem Bach-Steinbrech-Polster. (Die Flugzeit des Alpenapollo deckt sich weitgehend mit der Blütezeit des Bach-Steinbrechs und damit mit der Hauptblütezeit in der alpinen Höhenstufe.)



Abb. 9: Kurz nach dem Schlüpfen wurde dieses Weibchen begattet. Es kann bereits die befruchteten Eier ablegen (deutlich ist am Hinterleibsende die Begattungstasche (Sphragis) zu erkennen).

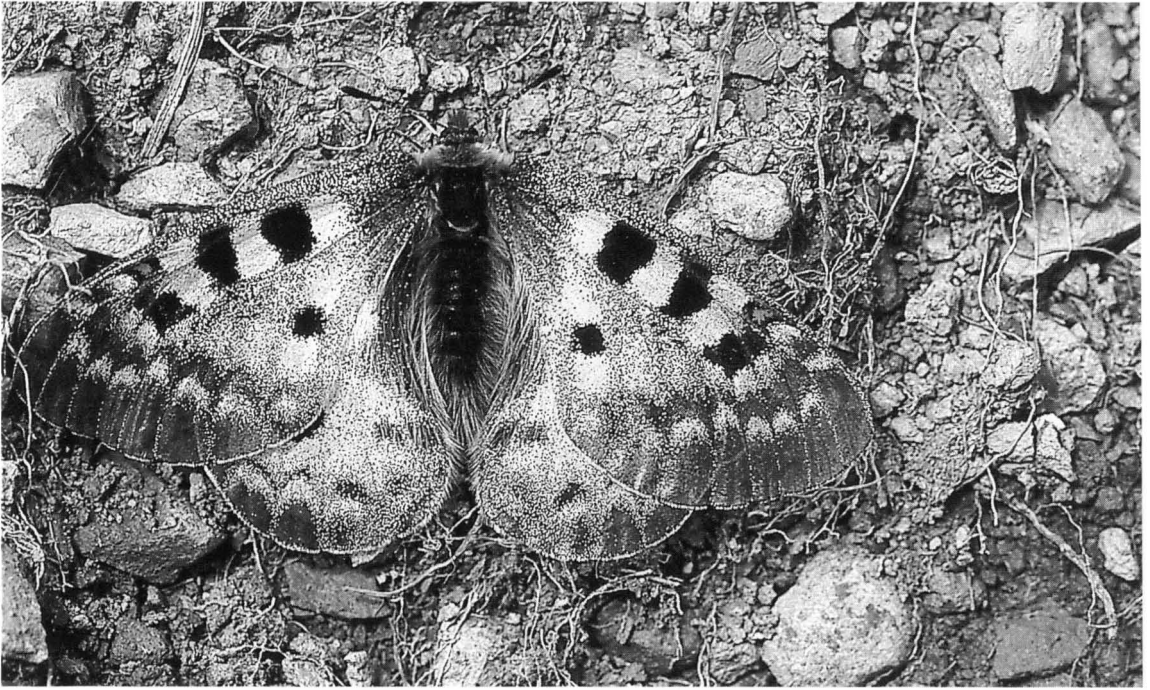


Abb. 10: Ruhende Apollofalter sind nicht leicht zu finden. Wenn die Falter mit den Vorderflügeln die „Augen“ auf den Hinterflügeln bedecken, gleichen sie sich dem Untergrund besonders gut an.

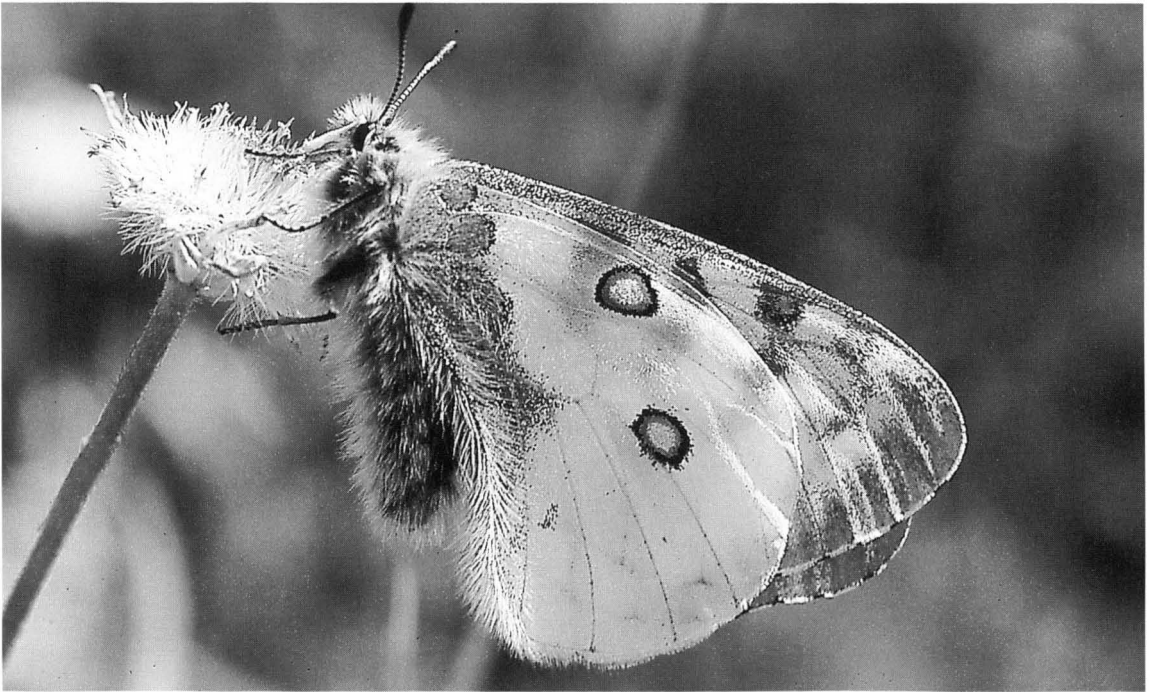


Abb. 11: Besonders wichtig ist ein geeigneter Ruheplatz für die Nacht. Gezielt fliegen die Falter verschiedene weiße Blüten und Fruchtsstände an. Hier sind sie, insbesondere aus der Vogel(!)-Perspektive, kaum zu entdecken.

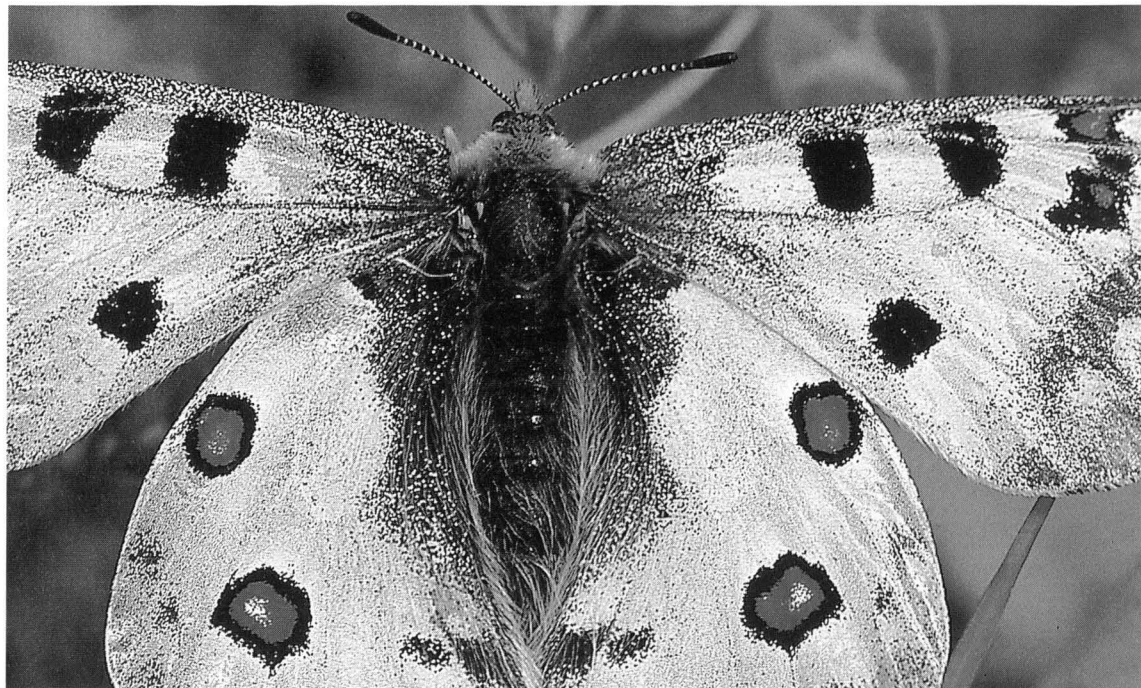


Abb. 12: Durch ruckartiges Spreizen seiner Vorder- und Hinterflügel kann der Alpenapollo schlagartig seine roten Augenflecken auf den Hinterflügeln zeigen. Dieses Verhalten schreckt, wie BLEST 1957 an Modellen experimentell beweisen konnte, Freßfeinde – vorwiegend Vögel – wirkungsvoll ab.

Die Vorstandschaft des Vereins zum Schutz der Bergwelt e.V., München

Erster Vorsitzender:

Dr. Peter Jürging
Dipl. Ing. Landespflege
Adolf-Kolping-Str. 1
85435 Erding
Telefon 0 81 22 / 89 24 66

Zweiter Vorsitzender:

Prof. Dr. Michael Suda
Forstwissenschaftler,
Universität der LMU München
Tulpenstr. 6
85419 Mauern
Telefon 0 81 61 / 71 46 20

Schatzmeister:

Reiner Neuger
Stiftungsbeamter
Trendelstr. 2a
82340 Feldafing
Telefon 0 81 57 / 92 96 50

Geschäftsführender Vorsitzender:

Ulrich Fuchs
Rechtsanwalt
Bayerwald 9
83708 Kreuth
Telefon 0 80 29 / 12 75

Geschäftsführerin:

Luitgard Plössl-Neuger
Versailler Str. 21
81677 München
Telefon und Fax 0 89 / 47 90 53

Seit



1900

Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. München
– vormals Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere e.V. –

Anschrift: Praterinsel 5, 80538 München, Fax und Fernruf 089/479053

Der getreue Freund aller Bergsteiger und Naturfreunde seit über 95 Jahren
bittet um Ihre Mithilfe beim Schutz der Bergwelt

Jahresmindestbeitrag DM 50,–
(für Jugendliche, Familienmitglieder und Studenten DM 25,–)

Jedes Mitglied erhält das Jahrbuch des Vereins kostenlos
Außerdem kostenlose Lieferung wertvoller Vereinsveröffentlichungen

Aufklärungs- und Werbematerial kostenlos

Die meisten Jahrbücher früherer Jahre können gegen Unkostenbeitrag nachgeliefert werden.

Postgirokonto München 9905-808 (BLZ 700 100 80)
Bankverbindungen: Hypobank München 5803866912 (BLZ 700 200 01)

Auslandskonten:
Österreich: Landeshypothekenbank Tirol, Innsbruck: Kto. Nr. 200 591 754
Italien: Volksbank Bozen, Kto. Nr. 39 8070-JTL
Schweiz: Schweizerische Volksbank Basel, Kto. Nr. 17 215/0

Der Unterzeichnete erklärt hiermit seinen Beitritt zum „Verein zum Schutz der Bergwelt“
Bitte leserlich schreiben – (Maschinen- oder Blockschrift)

Name: _____
Vor- und Zuname, Firmenbezeichnung

Geburtsdatum: _____ Beruf: _____

ständige Anschrift: _____
Postleitzahl, Ort, Straße/Platz

Telefon: _____

Alpenvereins-Mitglied (Sektion): _____

Abbuchung: ☐ ja ☐ nein

Wird Zusendung des Vereinsabzeichens
(DM 6,–) gewünscht? ☐ ja ☐ nein

Datum _____

_____ eigenhändige Unterschrift