

Jahrbuch
des Vereins zum Schutz
der Bergwelt

— vormals Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere —

51. Jahrgang

Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt

— vormals Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere —

Einer der letzten Braunbären in den Alpen



Schriftleitung:

Dr. Georg Meister, Schneizlreuth

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

— Alle Rechte vorbehalten —

Gesamtherstellung: Carl Bauer'sche Druckerei GmbH, Theresienstraße 134, 8000 München 2

Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt

— vormals Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere —

Schriftleitung:
Dr. Georg Meister, Schneizldreuth

51. Jahrgang

Seit



1900

1986

Selbstverlag des Vereins

Bankverbindungen

Inlandskonten:

Postscheckkonto München 99 05-808

Hypobank München 5 803 866 912 (BLZ 700 200 01)

Auslandskonten:

Österreich: Landeshypothekenbank Tirol Innsbruck,

Kto. Nr. 200 591 754

Italien: Volksbank Bozen, Kto. Nr. 10 287/18

Schweiz: Schweizerische Volksbank Basel, Kto. Nr. 17 215/0

INHALT

Die Verantwortung der Jäger für den Gebirgswald	9
Str a a ß, Veronika; Schr ö d e r, Wolfgang; W o t s c h i k o w s k y, Ulrich: Der Braunbär in Europa	13
H a f e n s c h e r e r, Johann; M a y e r, Hannes: Aufbau, Entwicklungsdyna- mik und Verjüngung von Latschenbeständen im Karwendeltal in Tirol . . .	37
B l ä t t l e r, Regine: Wald und Lawinen im Stubaital/Tirol	65
J e r z, Hermann; S c h a u e r, Thomas; S c h e u r m a n n, Karl: Zur Geo- logie, Morphologie und Vegetation der Isar im Gebiet der Ascholdingen und Pupplinger Au	87

* Zahlreiche Leser des „Jahrbuches“ haben den Wunsch geäußert, daß beim fachlich breitgestreuten Angebot an Aufsätzen jedem Aufsatz ein allgemeinverständlicher Vorspann vorangestellt wird. Die Schriftleitung ist diesem Wunsche gerne nachgekommen, möchte aber darauf hinweisen, daß jeder Vorspann den Inhalt des Gesamtaufsatzes nur in sehr groben Zügen und in seinen wichtigsten Ergebnissen wiedergeben kann.

Die Verantwortung der Jäger für den Gebirgswald

Wald im Hochgebirge ist vorrangig Schutzwald. Er schützt vor Bodenabtrag, Lawinen und Hochwässern. Naturnahe, intakte Bergwälder sind darüber hinaus unverzichtbare Erholungsräume für den Menschen sowie Lebensräume für zahlreiche, selten gewordene Tier- und Pflanzenarten. Viele ältere Schutzwälder sind verlichtet und vergrast, mittelalte und jüngere Wälder entmischt. Hauptursache für diese zielwidrige Entwicklung ist die Winterfütterung für Hirsche und Rehe im Gebirgswald seit mehr als hundert Jahren. Die allzuvielen Hirsche und Rehe ziehen im Winter von den zahlreichen Fütterungen aus durch den gesamten Gebirgswald und verbeißen fast überall die jungen Bäume.

Dieser großflächig angeschlagene Gebirgswald wird seit einigen Jahren zusätzlich durch die vergiftete Luft geschädigt. Genaue Waldschadensinventuren der letzten Jahre zeigen die Folgen dieser Vergiftung deutlich.

Mittel- und stark geschädigte sowie abgestorbene, über 80jährige Bäume in den Bayerischen Alpen:

Jahr	1983	1984	1985
ca. ‰	20	50	80

Der Direktor der Schweizer Anstalt für das forstliche Versuchswesen — Dr. Walter Bosshard — sagt zu den Waldschäden: „In 20 Jahren wird es im Alpenraum kaum mehr gesunde, sondern fast nur noch geschädigte und tote Bäume geben ... Das zukünftige Handeln hat sich nicht nach dem Grade der Wahrscheinlichkeit der Waldverluste zu richten, sondern nach dem Umfang, Ausmaß und Zeitpunkt der möglichen Folgeschäden.

Man muß handeln nach dem Grundsatz des größten Risikos.“ Dieses Risiko ist für Mensch und Natur im Alpenraum außerordentlich groß. Deshalb muß hier noch mehr als im Hügelland und Mittelgebirge immer wieder eine rasche, wirkungsvolle Entgiftung der Luft gefordert werden. Es wäre allerdings eine Illusion zu glauben, daß dies innerhalb weniger Jahre geschehen wird. Die Gefahren für Siedlungen und Straßen, aber auch für den jungen Wald werden deshalb weiter zunehmen. Es kommt zu einem dramatischen Wettlauf mit der Zeit, insbesondere gegen Steinschlag- und Lawinengefahren. Er wird nur gewonnen, wenn unter den lichter werdenden alten Schutzwäldern so rasch als möglich ein junger Wald aufwächst. Dieser „verzahnte Schutzwald“ kann die meisten Schutzfunktionen übernehmen. Diese zeitliche und räumliche „Verzahnung“ des alten mit dem jungen Schutzwald scheitert seit Jahrzehnten ganz überwiegend am Verbiß durch allzuvielen Hirsche, Rehe und Gamsen, örtlich auch am Tritt weidender Haustiere. Die Jäger tragen deshalb eine entscheidende Verantwortung für die Sicherheit der Siedlungs-, Verkehrs- und Erholungsräume in den Alpen. Selbstverständlich müssen daneben auch Einschränkungen der Waldweide gefordert werden. Als flankierende Maßnahme sind in Abstimmung mit dem Fremdenverkehr örtlich und zeitlich begrenzte Ruhe zonen für Tiere auszuweisen.

Die notwendigen Maßnahmen sind den Fachleuten seit langem bekannt, sie konnten jedoch nur in kleinen Teilbereichen verwirklicht werden.

Ein bemerkenswertes Beispiel sind die Salinenwälder von Reichenhall. Jahrhundertlang wurde dort großflächig Holz geschlagen. Trotzdem hat sich bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts immer wieder ein naturnah aufgebauter Bergmischwald entwickelt. Ursache dafür war ein ungestörtes Gleichgewicht zwischen Pflanzendecke und großen Pflanzenfressern. Nach Einführung der Winterfütterung für Hirsche und Rehe im Gebirgswald hat sich dies entscheidend verändert.

Heute finden wir naturnah aufgebaute junge Bergmischwälder fast nur auf schattseitigen, schneereichen Standorten. In einigen Waldteilen wachsen junge Tannen und Ahorne auch auf verbißgefährdeten Standorten außer Zaun. Dort stehen die Hirsche allerdings in der Regel im Winterhalbjahr im Wintergatter, die Rehe und die Gams werden im Bergwaldbereich scharf bejagt.

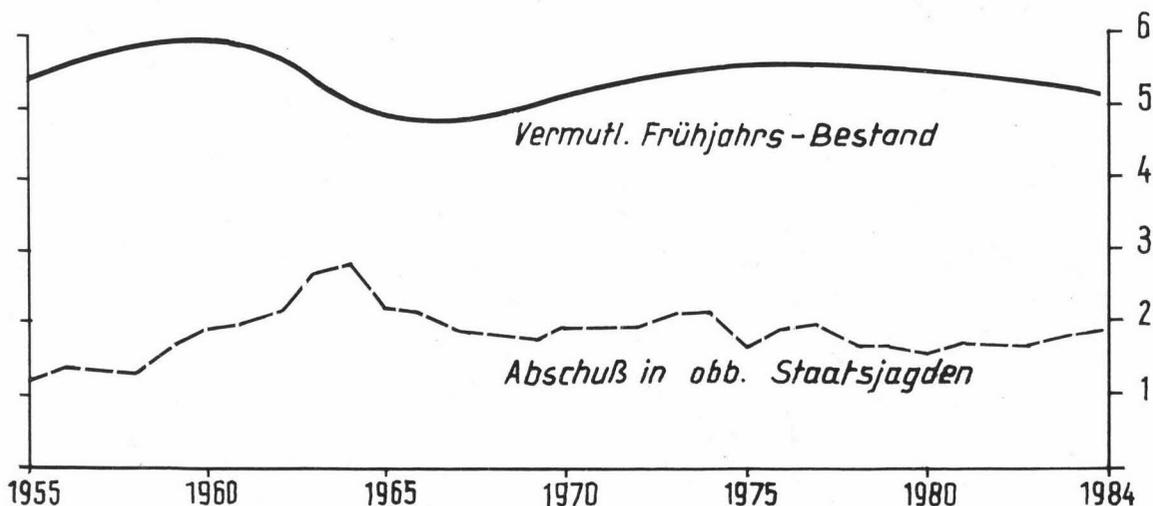
Immer wieder wird nach der Höhe der waldverträglichen Populationsdichten von Rot-, Reh- und Gamswild gefragt. Die Jäger behaupten, der Wildbestand sei schon stark reduziert, die Waldinventuren beweisen dagegen nach wie vor einen hohen Wildverbiß. Da man Hirsche, Gamsen und Rehe nicht zählen kann, muß man ihre Zahl aus

der Anzahl der Abschüsse längerer Jahresreihen ableiten. Für die Zeit ab 1955 liegen für die Staatsforsten in Oberbayern die Abschußzahlen für Rotwild vor. Dies sind etwa 40 Prozent des gesamten Rotwildabschlusses im gesamten bayerischen Hoch- und Vorgebirgsraum.

Nach vorliegenden Unterlagen verläuft die Kurve der Abschüsse in den von privaten Jägern betreuten Revieren in der Tendenz parallel zum oben aufgezeigten Verlauf. Dies gilt auch für den gesamten Rotwildbereich in den Allgäuer Alpen. Es gibt örtliche Beispiele für eine Reduktion der überhöhten Rotwildbestände. Für die Gesamtfläche der Bayerischen Alpen kann aber von einer bereits durchgeführten, dem jetzigen Stand der Waldbedrohung entsprechenden Reduktion des Rotwildbestandes keine Rede sein.

Von namhaften Jägern wurde der Rotwildbestand im Bayerischen Hochgebirge Anfang der 60er Jahre mit 24 000 Stück angegeben. Bei einer Rotwildfläche von etwa 470 km² und einem durchschnittlichen Bestand von gut 5 Stück/km² leben dort auch heute noch etwa

Rotwild im bayerischen Hochgebirge je km² Rotwildfläche



19—20 000 Hirsche im Frühjahr und etwa 26 000 im Sommer.

Aus den wenigen positiven Beispielen kann man ableiten, daß ein naturnaher junger Wald je nach Anteil von Wiesen oder Almen im Sommer bei 2 bis 3 Hirschen je km² aufwachsen kann. Im Winter dürfen im Großteil des Bergwaldes grundsätzlich keine Hirsche umherziehen. Das heißt: Wenn der junge Schutzwald wieder aufwachsen soll, dürfen darin im Sommer nur etwa halb so viel Hirsche stehen wie heute, im Winter gehören sie ins Wintergatter. Wo es keine Wintergatter gibt, müßte der heutige Stand auf mindestens ein Viertel reduziert werden.

Die Gams müssen durch eine intensive Bejagung aus dem Wald wieder in ihre ursprünglichen Lebensräume über dem geschlossenen Wald zurückgedrängt werden. Die Zahl der Rehe darf im Gebirgswald auch im Sommer nur sehr niedrig sein. Im Winter dürfen sie nur in den jeweils tiefsten Lagen überwintern. Da die Jagd auf Rehe im geschlossenen Wald extrem schwierig ist, müssen erfolversprechende Jagdmethoden den notwendigen Abschluß ermöglichen.

Die entscheidende Verantwortung der Jäger ist damit klar und deutlich aufgezeigt. Alle, die diese Verantwortung mittelbar und unmittelbar mittragen, sind zu unverzüglichem Handeln aufgerufen. Und niemand kann sich mehr dieser Verantwortung entziehen mit dem Argument, er habe nicht gewußt, worum es geht.

In den letzten Jahrbüchern des Vereins zum Schutz der Bergwelt sind Abhandlungen über das Reh (1977), das Rotwild (1978), die Gams (1983), Probleme des „Waldsterbens“ (1983), den Wettlauf mit der Zeit sowie über waldbauliche Möglichkeiten, Wald und Jagd, Steilhangwälder und über Auswirkungen des Waldsterbens auf die Wildbach- und Lawinentätigkeit (1984) erschienen; darin sind auch die notwendigen Maßnahmen beschrieben. Die Zusammenfassungen und Bildteile dieser Arbeiten sollen in einem Sonderdruck einen knappen Überblick über diesen Bereich unserer Vereinsarbeit geben.

Verein zum Schutz der Bergwelt

— Die Vorstandschaft —

Der Braunbär in Europa

von *Veronika Strauß, Wolfgang Schröder und Ulrich Wotschikowsky*

Schon in grauer Vorzeit hat der Bär die Phantasie des Menschen beschäftigt. Neandertaler errichteten regelrechte Altäre für die Reliquien von erlegten Höhlenbären, in denen sie offenbar gottähnliche Wesen vermuteten. Viel Phantastisches hat seither das Verhältnis zwischen Bär und Mensch begleitet. Noch heute bitten indianische und asiatische Jäger den erlegten Bären in uralten überlieferten Riten um Absolution, als sei er von einer anderen, einer geistigen Welt.

Uns Mitteleuropäern bleibt nicht viel mehr als Phantasie, wenn wir uns mit dem Bären beschäftigen. Anders als die Naturvölker können wir daraus aber keine Zuversicht schöpfen: Bei uns ist der Bär nur mehr Geschichte. Braunbären wieder in den Wäldern der Alpen, in den Mittelgebirgen gar — ein absurder Gedanke. Wer von Wiedereinbürgerung redet, wird von niemandem ernstgenommen.

Und das zu Recht, wie's scheint. Denn Bären mögen große, stille, alte Wälder: Sie sind abgeholt oder zerstückelt. Sie lieben die Ruhe über alles: Wo sollen sie die heute noch finden! Sie vergreifen sich gelegentlich an menschlichem Hab und Gut: Es wird ihnen nicht gegönnt, trotz Fleisch-, Obst- und Getreidebergen. Sie haben auch schon mal einen Menschen verletzt oder umgebracht: Also weg mit ihnen. Kein Platz für Bären.

Andererseits: Die höchsten Bestände dieser faszinierenden Tiere gibt es nicht im Urwald, sondern in Osteuropa. Devisen finanzkräftiger Jäger aus dem kapitalistischen Westen und die Eitelkeit einheimischer Potentaten produzieren Bären in Hülle und Fülle, und ebenso wie den Hirschen in „gepflegten“ Revieren Westdeutschlands fehlt es ihnen an nichts.

Bär paradox — als positiver Wirtschaftsfaktor. Das allein zählt. So sichert jagdliche Perversion — wer will die Exekution dieser sensiblen Geschöpfe aus der komfortablen Schießkiste heraus am Futterplatz anders nennen! — so sichert jagd-

liche Perversion in unserer Zeit den Fortbestand der Bären.

Gelegentlich weicht einer den sozialen Spannungen in derart überbevölkerten Bärenbeständen sogar bis ins benachbarte Österreich aus. Jahrelang hielten sich einige Bären im Kärntner Gailtal, fürsorglich verteidigt und versichert(!) von einsichtigen Jägern. Und in Niederösterreich hat sich schon vor 14 Jahren einer häuslich niedergelassen. Ihm soll jetzt, wenn alles klappt, endlich eine Gefährtin zugestellt werden. Ist das die Wiederauferstehung des Bären in Mitteleuropa?

Sicher nicht. Euphorie ist fehl am Platz. Die siebte internationale Konferenz über Erforschung und Management des Bären in Plitvice, Jugoslawien, im März dieses Jahres machte die Chancen und die Grenzen für Meister Petz deutlich. Den kleinen Reliktpopulationen in den Alpen (Trentino), in den Pyrenäen und in West-Norwegen droht der genetische Verfall. Ihr Aussterben in naher Zukunft ist absehbar.

Sorgen ganz anderer Art müssen wir uns um die osteuropäischen Bären machen. Zu bloßem Schießobjekt verkommen, drohen mit den gedankenlosen Hegemaßnahmen Konflikte wie in den nordamerikanischen Nationalparks zu entstehen. Ermutigend in vielerlei Hinsicht scheint die Situation nur in Fennoskandien zu sein. Dort erlebt der Bär seit einem Tief im ersten Drittel dieses Jahrhunderts eine bemerkenswerte Renaissance. Und dies trotz unzähliger Rentiere und Schafe, die ohne Aufsicht frei im Wald weiden, ohne Fütterei und ohne das Geld zahlungskräftiger ausländischer Jäger.

Hat der Bär in Europa also das Schlimmste hinter sich?

Vielleicht. Seine Zukunft ist schwer vorauszusagen. Wenn er überleben soll, so wird dies entscheidend von einer neuen Einstellung des Menschen zur Natur und zu ihren Geschöpfen abhängen. Da bleibt noch viel zu tun. Aber am Bären sehen wir: Es ist nicht aussichtslos.

Fossilsammler entdeckten im vorigen Jahrhundert die Überreste eines bisher unbekanntes Tieres: Die Knochen unzähliger Bären hatten sich in Höhlen jahrtausendlang erhalten. Allein in der Drachenhöhle bei Mixnitz in der Steiermark häuften sich die Skelette von 30 000 Tieren.

Höhlenbären nannte man sie nach den Fundorten ihrer Überbleibsel, aber der Name täuscht: Wahrscheinlich verbrachten sie in den Höhlen nur ihre Winterruhe. Die mächtigen Tiere von der Größe eines ausgewachsenen Grizzly ernährten sich fast ausschließlich vegetarisch. Knochenfunde belegen, daß in den ohnehin kleinen Verbreitungsgebieten auch noch zahlreiche Lokalrassen des Höhlenbären existiert haben müssen. Mit dem Beginn der nächsten Eiszeit konnte sich die genetisch erstarre Art den Klimaveränderungen nicht mehr anpassen und starb aus.

In der spirituellen Welt der damaligen Jäger muß der Höhlenbär eine besondere Rolle gespielt haben: Forscher fanden in Felsnischen und eigens eingerichteten Steinkisten Bärenschädel, durch deren Jochbögen säuberlich die Beinknochen gesteckt

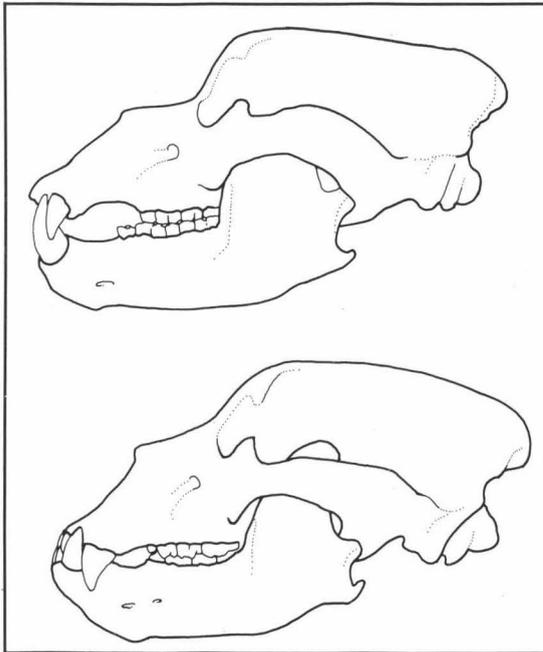


Abb. 1 Die stumpfen Backenzähne des Höhlenbären (oben) verraten den Vegetarier. Darunter zum Vergleich der Schädel des Braunbären.

worden waren. Funde in anderen Höhlen weisen darauf hin, daß die Jäger der Urzeit aufgespießte Bärenköpfe umtanzten.

Gottheit Bär

Unvergleichlich stärker als ackerbauende Stämme waren Jägervölker von der Gunst der Umstände abhängig. Geheimnisvolle Mächte schienen Kommen und Gehen der Beute, Erfolg und Mißerfolg auf der Jagd zu bestimmen. Mit kultischen Zeremonien versuchten sie, diese launischen Mächte gewogen zu stimmen. Der Höhlenbär ist seit dem Ende der Würmeiszeit vor 12 000 Jahren ausgestorben, Bärenkulte aber gibt es noch heute.

Es muß wohl die Kombination von beeindruckender Kraft und menschenähnlichen Bewegungen gewesen sein, die gerade dem Bären eine Sonderstellung einräumte und ihn zum herausragenden Kultobjekt machte. Noch heute sehen die Ureinwohner Asiens und Nordamerikas in ihm eine hohe geistige Persönlichkeit. In ihren Märchen unterscheidet nur noch die äußere Gestalt den Bären vom Menschen. Nordische Jägervölker verehrten ihn sogar als Waldgott und König der Tiere. Dieses geheimnisvolle Wesen ganz einfach zu jagen und zu verzehren muß sie in unvorstellbare Konflikte gestürzt haben. Nur besondere Zeremonien konnten sie von ihrer Schuld befreien.

Die nordamerikanischen Sioux etwa behängten sich mit Bärenfellen und tanzten und sangen vor der Jagd tagelang, um den Bärengest zu versöhnen. Viele asiatische Stämme wie die Giljaken oder die Ainu auf Hokkaido hielten zu Ehren der Beute Trauerfeiern ab, als sei ein lieber Verwandter gestorben. Die Lappen achteten sorgfältig darauf, beim Festessen die Bärenknochen nicht zu zerbrechen. Wie am lebenden Tier setzten sie das Skelett wieder zusammen und beerdigten es feierlich. Noch heute bitten die Cree im Norden Canadas den Bären um Verzeihung, bevor sie sich anschicken, ihn zu töten. Die Trommel soll das Herz des Bären wieder zum Schlagen bringen, und mit dem Rauch des Feuers beim großen Fest kehrt die Seele des Tieres wieder in den Busch zurück. Die ursprünglichen Jägerstämme waren überzeugt, daß

bei entsprechender Ehrerbietung — aber nur dann — das Tier nichts dagegen habe, getötet zu werden. Nur wer den Bären respektvoll behandelte, konnte auch in Zukunft auf Jagdglück hoffen.

Ein König dankt ab

Das Tier, die Jagdbeute, beherrschte Leben und Gedanken des Jägers durch mehrere Jahrtausende. Sobald aber durch Ackerbau und Viehzucht eine gewisse Unabhängigkeit erreicht war, begann der Mythos zu verblassen. Für die alten Römer war der Bär allenfalls noch ein Symbol der Kraft. Im Amphitheater ließen sie ihn in blutigen Massenschauspielen gegen Hunde und Gladiatoren kämpfen. Kaiser Caligula (bis 14 n. Chr.) verbrauchte auf diese Weise an einem einzigen Tag 400 Bären, Kaiser Gordianus (bis 235 n. Chr.) sogar 1000.

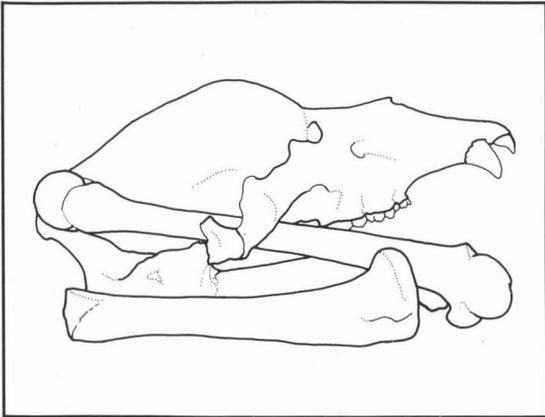


Abb. 2 So bewahrten die Jäger der Urzeit die Knochen erlegter Höhlenbären auf. Für sie war der Bär ein mächtiger Gott.

Wie die Römer, so war auch der europäische Jäger späterer Jahrhunderte weit davon entfernt, im Bären einen machtvollen Geist zu sehen. Die Jagd degenerierte zur Belustigung hoher Herren und Gott Bär verkam zur begehrten Jagdbeute. Ein umfangreiches Werk über die Aspekte des adeligen Landlebens aus dem 17. Jahrhundert charakterisiert die Jagd als „Übung des Leibes“. Es sei zu bemerken, daß sie „die Leibes-Kräfte merklich stärcket und abhärtet“, überdies diene sie der „Ge-

mütsquickung“ und „Schwermutsvertreibung“ und — nicht zu vergessen — sie sei eine „Feindin des Müßiggangs und aller deren daraus entspringenden Laster“. Überflüssig zu sagen, daß derlei Vergnügungen dem Adel vorbehalten blieben.

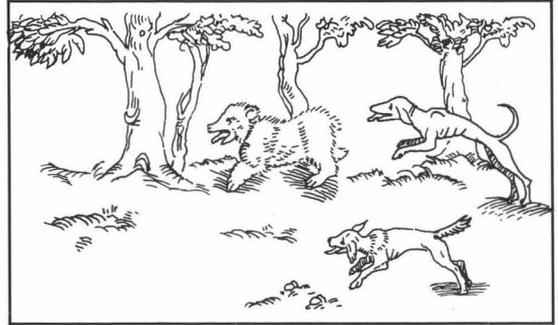


Abb. 3 Darstellungen aus dem Mittelalter verherrlichen den Bären nur noch als Jagdbeute.

Immerhin hatte diese Sicht der Dinge den Vorteil, daß Bären in besonderen Schutzgebieten gehegt wurden — wenn es auch nur zur Schießfreude des Adels geschah. Der Abruzzenbär verdankt sein Überleben der Tatsache, daß die Marsica von 1872 bis 1913 königliches Jagdgebiet war. Und polnische Bauern hatten im Mittelalter mit schwersten Strafen zu rechnen, wenn sie sich erdreisteten, einen Bären aus Notwehr zu töten.

Immer weiter drang der Mensch mit seinen Haustieren in die Wälder, in das Reich der Bären, vor. Schafe und Rinder vor ihrer Nase müssen auf sie etwa dieselbe Wirkung gehabt haben, wie das Futterhäuschen auf die Amsel. Sie schöpften aus dem Vollen und machten sich damit immer unbeliebter. Im 19. Jahrhundert brandmarkte man den Bären in Europa endgültig zum Schädling. Es hatte sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß Raubwild jeder Art von Übel und daher zu verfolgen sei. Gesetzestexte aus dieser Zeit lauten: „Bär und Wolf und Vielfraß sollen nirgendwo geschützt sein . . .“ und: „Alle sollen den Bären jagen, denn er ist in der Überzahl.“ Raubwildverfolgung wurde zur obersten Pflicht erhoben. Kopfgelder böten zusätzlichen Anreiz. Auch heute noch sind Schafzüchter nicht gut auf ihn zu sprechen. Was ist eigentlich dran am schlechten Ruf des Bären?

Vegetarier mit Ausrutschern

Der Speiseplan der Bären enthält so ziemlich alles, was irgendwie fressbar ist, angefangen bei Grünzeug (bevorzugt jung und knackig), Wurzeln, Beeren, Früchten, Harz aus der Bastsschicht von Bäumen über Bienen samt Brut und Honig (die restliche Insektenwelt ohnehin eingeschlossen) bis hin zu Vogelgelegen, Fischen, Mäusen, Fröschen und Aas — selbst noch im vergammelstem Zustand.

Auch größere Tiere sind willkommen, soweit sie sich eben erwischen lassen. Aber selbst wenn Fleisch im Überfluß geboten ist, verzichtet der Bär nicht auf die vegetarische Beilage: Bärenkot in der Nähe eines Schafkadavers enthielt immer noch zu drei Viertel pflanzliche Substanz.

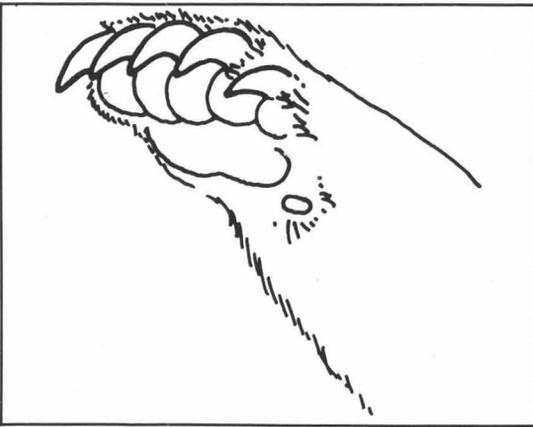


Abb. 4 Ein vielseitiges Werkzeug, aber auch eine gefährliche Waffe.

Fleischnahrung ist besonders im ersten Frühjahr wichtig, bevor Vegetarisches in genügender Menge auf dem Markt ist, und dann wieder im Herbst als Ersatz für eine schlechte Beerenernte.

In Nordamerika etwa fallen geschwächte Wapitis im Frühjahr reihenweise den ausgehungerten Grizzlies zum Opfer. Forscher beobachteten, wie zwei halbwüchsige Bären eine kleine Wapitiherde in Hundemanier 20 Minuten lang herumhetzten, bis eines der erschöpften Jungtiere aufgab. Gesunde, erwachsene Hirsche aber enden nur ausnahmsweise als Bärenfutter.

Braunbären in Alaska fischen Lachse mit den verschiedensten Jagdtechniken: Sie treiben die Fische in seichtes Wasser, stürzen sich von erhöhten Beobachtungsposten auf sie, nageln sie mit den Tatzen am Untergrund fest und schnappen im Tauchgang nach ihnen.

Jugoslawische Bären folgen den Spuren von Rehgeißen, bis sie beim Kitz landen, oder sie suchen einfach erfolgversprechende Stellen systematisch nach Kitzen ab.

Ein Bär verläßt seine Beute nicht ohne sie zu verstecken: Er kratzt Pflanzenstreu zusammen und begräbt den Kadaver darunter. Erwiesenermaßen ist der getarnte Fleischvorrat nicht nur vor Beutefeinden besser geschützt, er verwest auch langsamer.

Bären sind lernfähige Tiere. Hat sich eine Futterquelle einmal als ergiebig erwiesen, dann suchen sie sie immer wieder auf, seien es nun Lachsflüsse, Beerenfelder — oder eben Schafpferche, Bienenkörbe und Obstgärten. Die Vorwürfe der Landbevölkerung sind nicht aus der Luft gegriffen... In der Nähe von Ansiedlungen ist menschliches Eigentum noch relativ bärensicher. Bienenstöcke im Wald aber konnten in Österreich nur mit Ablenkfütterungen oder Elektrozäunen geschützt werden.



Abb. 5 Bäume im Bärengebiet haben nichts zu lachen.

Bärenkindheit

Jungbären bekommen das Grundhandwerk der Nahrungssuche schon bei der Geburt mit. Sie „wissen“, wie man Baumstümpfe entrindet, Steine umdreht und Wurzeln ausgräbt, lange bevor sie mit der Ausbeute ihrer Bemühungen etwas anfangen können. Mitten im Winter, im Dezember/Januar,



Abb. 6 Ein neugeborener Bär ist nicht größer als eine Ratte

kommen sie zur Welt als personifizierte Nesthocker: Blind, hilflos und kaum größer als eine Ratte. Irgendwann im vergangenen Jahr zwischen April und Juni wurde das Weibchen begattet. Eine lange Phase der Keimruhe sorgt dafür, daß die Bärinnen trotz der ausgedehnten Paarungsperiode etwa zur selben Zeit werfen.

Ein altes indianisches Sprichwort sagt: „Wenn ein Blatt fällt, hat der Adler es fallen gesehen, der Koyote es fallen gehört — und der Bär es fallen gerochen.“ Schon die unbeholfenen Jungen leben in einer Geruchswelt. Vor allen anderen Sinnen bestimmt der Geruchssinn ihr späteres Leben. Bereits mit vier Monaten klettern die Jungbären souverän im Geäst herum — kein Spiel sondern eine lebensnotwendige Fertigkeit. Der leiseste Warnlaut der Bärin jagt sie sofort in den nächsten Baum. Alleingelassen können unbedeutende Kleinigkeiten sie in die Flucht jagen, mit dem Bollwerk der Mut-

ter im Rücken sind sie stark und mutig. Aus gutem Grund: Eine führende Bärin ist für Artgenossen wie für Menschen ein furchtbarer Gegner. Wäre sie es nicht, dann wäre die Art vielleicht schon an ihrem eigenen Kannibalismus zugrunde gegangen: Ein Viertel der Jungtiere erlebt den dritten Lebenswinter nicht, und bis zu 50 Prozent dieser Verluste sind Artgenossen anzulasten.

Den zweiten Winter verschlafen junge Bären noch mit ihrer Mutter, aber schon im dritten können sie auf sich selbst gestellt sein: Verpaart sich die Bärin neu, dann müssen die Jungen ihre eigenen Wege gehen. Wenn sie Glück haben, wartet schon eine Adoptivtante auf sie, die ihre eigenen Jungen verloren hat. Gelegentlich versuchen solche kinderlosen Weibchen sogar, der Nachbarin die Jungen abzuwerben.

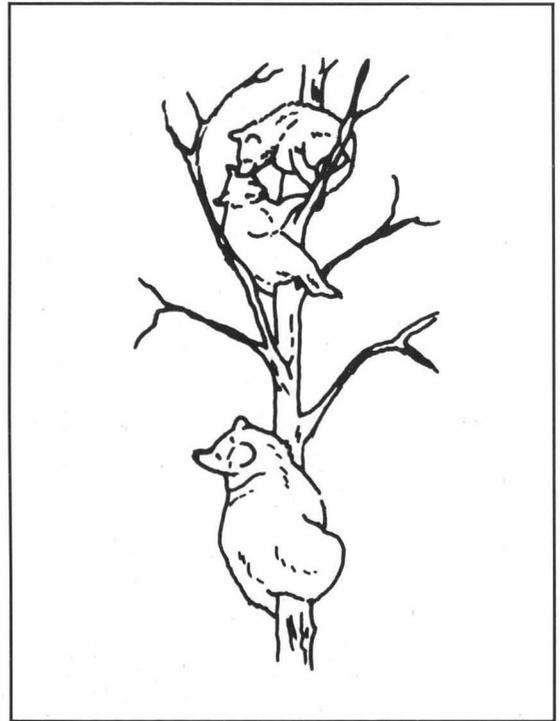


Abb. 7 Ein Warnlaut der Bärin und die Jungen verschwinden im nächsten Baum.

Gefahren von ihresgleichen drohen den Jungtieren vor allem dort, wo sich Bären an Müllkippen, Lachsflüssen oder Beerenfeldern in Scharen



Abb. 8 Führende Bärinnen sind mit äußerster Vorsicht zu genießen.

versammeln. Führende Bärinnen stehen hier zu Recht im Ruf furchterregender Kampfeskraft. Nur sie wagen es, den aggressiven, alten Männchen — das sind die ranghöchsten Bären — die Stirn zu bieten. Halbwüchsige Bären wiederum sind in der Freßgemeinschaft für ihre Harmlosigkeit bekannt. Sie schlagen um höhergestellte Artgenossen einen großen Bogen und müssen sich mit der schlechteren Nahrung in der Peripherie begnügen.

Die Gesellschaft der Einzelgänger

Der Verhaltensforscher wird bei solchen Bärentreffs vergeblich nach differenziertem Imponierverhalten und Unterwerfungsgesten suchen. Zu ausgeprägtem Mienenspiel sind die Einzelgänger nicht fähig. Sie brauchen es auch nicht: Nur wer mit seinesgleichen dauernd auf engem Raum auskommen muß, lernt es, seine Gemütsbewegungen zur Schau zu stellen. Der Braunbär bedient sich der Ausdruckssignale, die auch auf größere Entfernung noch eindeutig seine Stimmung verraten: Körperhaltungen, Bewegungen und Laute. Man rauft sich halt zusammen — oft genug im wahren Sinne des Wortes.

Kampfhandlungen unter Braunbären spielen sich stets vor einer eindrucksvollen Geräuschkulisse ab.

Je näher sich die beiden Kontrahenten kommen, desto lauter und drohender klingt ihr Knurren. Viele Attacken entpuppen sich indessen als Bluff: Nach drei bis vier imposanten Sätzen geht der Angreifer zur Tagesordnung über. Andere Kämpfer wiederum sind sich ihrer furchteinflößenden Wirkung nicht recht sicher. In eigenartig übertriebenen, schaukelnden Sätzen hopsen sie auf den Gegner zu. Ist ein Kampf aber ernst gemeint, dann entfaltet er sich in seiner ganzen Brutalität, mit Tatzenhieben auf Brust und Schultern und Bissen in Hals und Kopf des Gegners.

Trotz aller Aggression, die Bären bisweilen gegeneinander entfalten: Territorial sind sie nicht. Ihr Ziel ist nicht, ihresgleichen aus einem bestimmten Gebiet fernzuhalten. Sie verteidigen nur ihre Jungen oder, je nach Stimmung, ihre persönliche Ellbogenfreiheit.

Braunbären sind durch ihr Nahrungsspektrum gezwungen, dem Zyklus der Vegetation hinterherzulaufen, zur rechten Zeit am rechten Ort zu sein. Je nach Lage ihrer Futterquellen müssen sie dabei oft lange Strecken ohne Fraß überwinden. Dementsprechend riesig fallen die Wohngebiete bisweilen aus. Erwachsene Männchen in Schweden durchstreiften bis zu 400 km², Jährlinge um 100 km².

Schläfrige Zeiten

Schlechtwettereinbrüche signalisieren dem Bären, daß es nun an der Zeit ist, sich ins Winterlager zurückzuziehen. Zuvor aber hat er sich einen Speckvorrat bis zu einem Drittel seines Körpergewichtes angefressen, um die lange Fastenzeit von vier bis fünf Monaten zu überstehen. Im zerklüfteten, unzugänglichen Gelände, in den Alpen bis zu 2300 m Höhe, ist er während der Winterruhe vor Störungen halbwegs sicher.

Unter dem Winterlager eines Bären darf man sich nichts Gewölbeartiges vorstellen. Bereits ein Hohlraum von ein mal eineinhalb Meter, mit einer dicken Matratze aus Pflanzenmaterial isoliert, genügt für einen Einzelschläfer. Wichtig ist vor allem, daß das Lager vor Zugluft, Nässe und extremer Kälte geschützt ist. Winterlager an Steil-

hängen haben den großen Vorteil, daß sie die Wärme besser halten und zudem im Frühjahr nicht voll Schmelzwasser laufen. Schwedische Bären nutzen oft die Isolierwirkung alter Ameisennester und graben ihr Lager dort hinein.

Von Dezember bis April ist der durchschnittliche, mitteleuropäische Bär nun von der Bildfläche verschwunden. Winterschlafende Braunbären (untersucht am nordamerikanischen Grizzly) machen einige interessante physiologische Anpassungen durch: Die Körpertemperatur sinkt um fünf Grad, die Herzschlagfrequenz reduziert sich auf 44 Prozent, bei älteren Bären sogar auf 25 Prozent der Ausgangswerte. Im Winterschlaf kommt ein Bär daher mit halb soviel Sauerstoff aus wie im Wachzustand. Da die Tiere in ihrer Winterpause nicht urinieren (und koten), bleibt der Wassergehalt des Blutes konstant. Geringe Wasserverluste wer-

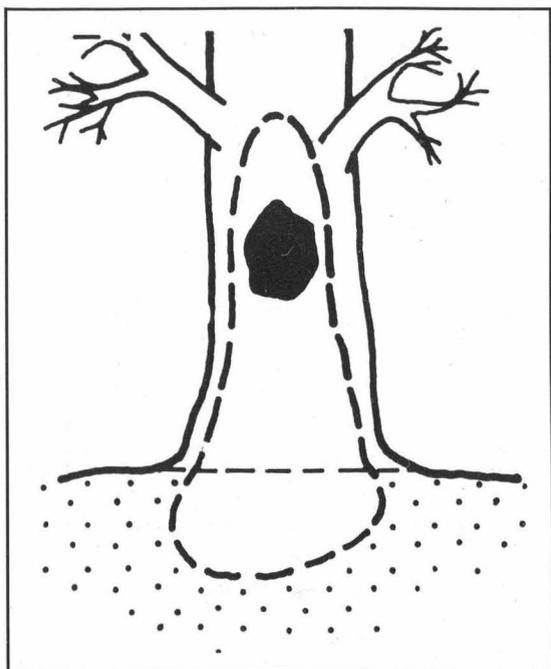


Abb. 9 Hohle Bäume...

den über den Abbau von Depotfett ausgeglichen. Ein raffiniertes Stickstoff-Recycling verhindert, daß der Harnstoff im Blut zu gefährlichen Konzentrationen ansteigt und den Bären im Schlaf vergiftet.

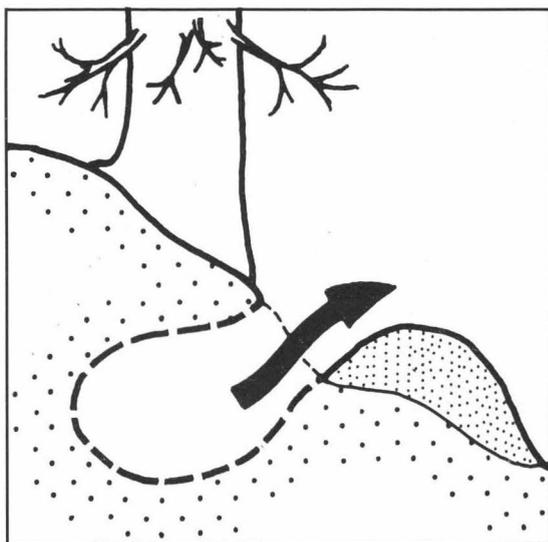


Abb. 10 ...oder Wurzelgeflecht, ein idealer Platz für das Winterlager.

Da ein winterschlafender Bär keinen einzigen Krümel frisst, wird es auch manchen Parasiten ungemütlich, von denen Bären befallen sein können. Eingeweide-Untermieter, die auf beständige Nahrungszufuhr angewiesen sind, verlassen alljährlich vor dem Winterschlaf die ungestlichen Gedärme.

Kaum ein Bär war im 19. Jahrhundert noch in seinem Winterlager sicher. So mancher fiel Verfolgungswahn und pervertierten Jagdvorstellungen zum Opfer. Mit Feuer und Knüppeln trieb man bis in unser Jahrhundert hinein die Bären aus ihren Lagern in den Kugelhagel wartender Schützen. Bis zu 1500 Treiber durchkämmten in Schweden die Urwälder in einer Breite von 65 Kilometern. Mit Schlageisen, Gift und Hunden, mit allen Mitteln drückte man den europäischen Bären in beängstigendem Tempo die Luft ab.

Ein „Schädling“ wird rehabilitiert

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren von den einst riesigen Beständen nur noch kleine Fragmente übrig, und in Österreich, Deutschland und der Schweiz war das Kapitel Bär Geschichte.

Nun, da die Raubzeugbekämpfung ihrem ruhmreichen Ende entgegenseh, meldeten sich auf ein-

mal doch Bedenken. Erste Schutzmaßnahmen verboten die Jagd während der Wintermonate und langsam setzte sich in fast allen europäischen Ländern die ganzjährige Schonzeit durch. Unter Bären

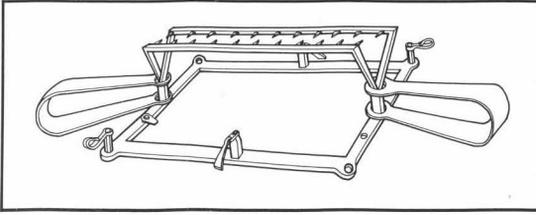


Abb. 11 Falle, Gift und Kugel drängten den Bären immer mehr zurück.

renüberfällen leidende Bauern wurden für ihre Verluste entschädigt. Diese Regelung wird inzwischen in fast allen Ländern praktiziert.

Die Bären schienen derlei Good-Will-Aktionen zu würdigen und vermehrten sich planmäßig: In den Karpaten sollen heute wieder 7000 Bären leben und in einigen Bereichen des benachbarten Jugoslawien erreichen sie mit 0,62 Tieren auf 100 ha die höchste Dichte in Europa. Osteuropäische Bärenbestände haben für ihre Zukunft nichts mehr zu befürchten, denn handfeste wirtschaftliche Überlegungen sprechen für ihre Erhaltung: In- und ausländische Jäger lassen sich das Image des großen Bärenjägers etwas kosten. Von der sicheren Kanzel am Luderplatz aus schießen sie alljährlich um die zehn Prozent der herangefütterten Tiere. Selbst Angriffe führender Bärinnen auf Menschen, wie sie in Jugoslawien jedes Jahr vorkommen, stellten die Existenzberechtigung dieses „Exportgutes Nummer eins“ nie in Frage.

Die Bärenbestände der skandinavischen Länder mit 1100 bis 1200 Tieren sehen ebenfalls besseren Zeiten entgegen. Langsam erobern sie ihre ehemaligen Verbreitungsgebiete zurück, in Finnland vom Osten und in Schweden vom Norden her. Von Mittelschweden aus dringt der Bär beständig nach Süden vor.

Die skandinavischen Populationen stehen untereinander und mit dem sowjetischen Bestand in Verbindung. Genetische Verarmung ist also nicht zu befürchten, abgesehen von einigen Kleinstpopula-

tionen in West-Norwegen, deren Kontakt zu anderen Bärenvorkommen fraglich ist. Rentier- und Schafzüchter allerdings wären den Bären lieber heute als morgen los. Norwegen läßt sich die Entspannung in der politischen Bärenszene und den Schutz der Bären etwas kosten: Auf Antrag erlegen von der Regierung aufgestellte Jäger-Teams einzelne Schadbären. Von 1978 bis 1982 fielen nur acht Bären diesen diplomatischen Bemühungen zu Opfer. Dem Schutz der Art können solche Blitzableiteraktionen nur nützen.

In Schweden trägt man den unterschiedlichen Bärenrichten dadurch Rechnung, daß die Anzahl freigegebener Bären auf die Gegebenheiten jedes Bezirks abgestimmt wird. Ist der Abschuß erfüllt, dann ist die Jagdzeit in diesem Gebiet für dieses Jahr zu Ende.

Kein Platz für Bären?

In anderen Gebieten Mitteleuropas steht es um den Bären weitaus schlechter. Probleme, unter denen alle europäischen Bärenbestände zu leiden haben, wirken sich bei kleinen Populationen besonders fatal aus: Eine einseitige nutzungsorientierte Forstwirtschaft räumt Totholz und Unterwuchs aus den Wäldern — und zerstört damit Deckung und Nahrungsgrundlage des Bären. Wenige gewilderte Exemplare können für kleine Restpopulationen den Untergang bedeuten. 40 Prozent der Verluste an Abruzzenbären seit 1970 sind Wilderern anzulasten. Schutzgebiete und Nationalparks sind zu klein für den gewaltigen Raumbedarf des Bären. Außerhalb der Reservate aber sind sie erhöhten Gefahren ausgesetzt. Forststraßen mit Erholungssuchenden im Gefolge bringen Lärm und Unruhe auch noch in die hintersten Winkel.

Als Folge ständiger Beunruhigung werden die Bären immer scheuer. Erst in den letzten Jahren entdeckten norwegische Wissenschaftler, daß sich 17 Populationen des Braunbären in heimlichster Lebensweise über die Jahre der Verfolgung getretet hatten. Und die Bären des Brenta-Gebietes in Norditalien waren so scheu geworden, daß Einheimische die Sache mit dem Bären für Jägerlatein hielten. Erstaunlich genug, daß es dem Schweizer

Hans Roth dennoch gelang, das Leben dieser letzten Alpenbären zu ergründen. Kotfunde, Fährten und Befragungen der ansässigen Bevölkerung waren zunächst seine einzigen Informationsquellen. Er errechnete, daß ein Jäger oder Hirte im Gebiet der Brenta in 30—50 Jahren statistisch betrachtet ein einziges Mal einem Bären begegnet. Es gelang ihm, zwei der mißtrauischen Tiere mit Sendern zu markieren und so mehr über ihre Lebensweise zu erfahren: Jedes Element ihres Verhaltens ist von dem Bemühen geprägt, dem Menschen aus dem Weg zu gehen. Die Tiere verbringen jeden Tag in anderen Einständen, verlassen kaum jemals den Wald, machen sich nur nachts auf die Nahrungssuche, kurz sie meiden den Menschen, wo immer sie können. 15—18 Bären leben heute noch in der Brenta.



Abb. 12

Auch für die Bären der Abruzzen (70—100 Tiere), der Pyrenäen (maximal 20 Tiere) und des Kantabrischen Gebirges in Spanien (70—100 Tiere) gilt, daß sie sich in jahrhundertelanger Konfrontation mit dem Menschen in ein Schattendasein geflüchtet haben.

In Österreich denkt man seit einiger Zeit darüber nach, das Rad der Geschichte zurückzudrehen:

Seit 13 Jahren hat der Bezirk Lilienfeld in Niederösterreich „seinen“ Bären. WWF und Jagdverbände beraten nun, ob es an der Zeit sei, dem Einzelgänger eine Gefährtin zu spendieren und damit

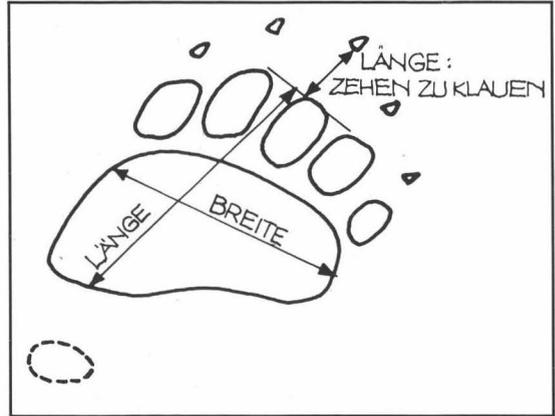


Abb. 13 Erfahrene Biologen können aus den Maßen der Fährte das Alter des Bären bestimmen.

den Grundstein für einen österreichischen Bestand zu legen. Möglicherweise machen die Tiere diese Frage ohnehin unter sich aus, denn immer wieder zwingt die hohe Dichte in Kocevje in Jugoslawien einzelne Tiere dazu, über die grüne Grenze in den Karawanken abzuwandern.

Warum eigentlich macht man soviel Wesens um den Bären? Warum geht man gerade an das Thema Bär nicht mit der sachlich-kühlen Frage heran, die sonst unsere Entscheidungen zu bestimmen pflegt: Was für einen Nutzen haben wir davon?

Die Bauern der Abruzzen sind stolz, ihn zum Nachbarn zu haben, Bewohner des Trentino befürworten seinen Schutz, Menschen in Norwegen stehen auf seiner Seite. Irgendwo in uns muß ein winziger Rest des Mythos Bär die dünnen Zeiten des Nutzen-Schaden-Denkens überstanden haben. Es wird sich zeigen, ob dieser Rest für die Erhaltung des Bären reicht . . .

Bärenperspektiven

Stehen dem Braunbären gute oder schlechte Zeiten bevor? Eines ist jetzt schon deutlich absehbar: Sein Schicksal hängt direkt von der Haltung der Menschen ab. Der Bär ist zu groß, zu anspruchs-

voll, zu problematisch, als daß er sich unbemerkt in unserem Kielwasser tummeln könnte wie Rotfuchs oder Rabenkrähe. Wenn wir ihn wollen, dann muß sich dies in wirkungsvollen Schutzprogrammen niederschlagen; wollen wir ihn nicht, oder stehen wir ihm indifferent und unentschlossen gegenüber, dann schrumpft das Verbreitungsgebiet weiter, und die kostbaren isolierten Populationen am Apennin, in den Alpen und den Pyrenäen sterben aus.



Abb. 14 In Westeuropa wurde der Bär bis auf winzige Reste verdrängt.

Hier sind uns die Amerikaner wieder einmal voraus: Ein Team von Fachleuten erarbeitet derzeit einen „Grizzly Bear Recovery Plan“, einen Aktionsplan zur Rettung des Grizzlys. Und dies, obwohl der Grizzly ungleich aggressiver ist als unser Braunbär, durch ihn auch Menschen zu Tode kommen und natürlich die Viehzüchter gegen jede Form von Grizzlyschutz sind. Rechtsgrundlage dieses Aktionsplanes ist der sogenannte „Endangered Species Act“ von 1973, nach dem für jede gefährdete Art Maßnahmen ausgearbeitet und ergriffen werden müssen, um Tier und Lebensgrundlage zu

sichern. Vergleichbare politische Willenserklärungen fehlen in praktisch allen europäischen Ländern.

Zuckerbrot und Peitsche

Sind die Bestände einmal gesichert, so kann auf die Jagd nicht verzichtet werden, wenn Bär und Mensch konfliktarm zusammenleben sollen. Der Bär muß scheu bleiben. Studien an den restlichen Alpenbären zeigen, daß er über die Jahrtausende der Verfolgung gelernt hat, den Menschen zu meiden wie der Teufel das Weihwasser. Brentabären verlassen den dicht-schützenden Niederwald bestenfalls im Dunkel der Nacht, gerade weit genug, um an die erste Reihe von Obstbäumen zu gelangen. Die Obstgärten in Val di Sole und die Müllkippe von Spormaggiore — in den Augen der Bären eine Attraktion — bleiben unberührt, für nordamerikanische Bärenforscher ein unverständliches Phänomen. Diese Scheu muß wohl dosiert aufrechterhalten bleiben und das geht nicht ohne den Tod der allzudreisten Individuen (natürlich dürfen die Abgänge die Population nicht gefährden, wie dies in der Brenta der Fall ist).

Haben bestimmte Verhaltensweisen böse Folgen, lernt ein Tier die Strafe zu vermeiden. Verfolgung und Abschuß sind solche Strafen. Der Bär begreift schnell, schneller als viele andere Säugetiere. Sogenannte negative Konditionierung veranlaßt ihn, unbekümmertes Verhalten im Umgang mit dem Menschen abzulegen. Er lernt die Angst. Ohne sie treten bald Gewöhnungsprozesse mit bedenklichen Folgen auf. Bären können sich so sehr an den Menschen gewöhnen, daß sie vor Zuschauern die Müllkippen besuchen, wenn man es ihnen erlaubt. Ein Zusammenleben mit Bären ohne strikte räumliche Trennung geht nur dann gut, wenn der Bär ausreichend Angst vor menschlichen Siedlungen und vor allem vor Menschen hat. Er darf aber nicht so verängstigt sein, daß mäßig besuchte Wälder schon völlig als Lebensraum für ihn ausscheiden. Wir kennen Probleme in beiden Richtungen.

In manchen Ländern sichert die Jagd den Fortbestand des Bären, zumal dann, wenn sie devisenbringend ausgerichtet wird. Der Bär spielt dort dieselbe Rolle wie in anderen Ländern der Rot-

hirsch. In einigen Revieren betreibt man heute intensivste Bärenhege. An Luderplätzen werden die Tiere mit Mais, Kuh- und Pferdekadavern gefüttert, bis zu 14 kg je Bär und Tag. Für ein Hegegebiet mit 12 Fütterungen wird von 0,62 Bären pro km² berichtet. Das sind 150 Bären auf einer Fläche in der Größe des Nationalparks Berchtesgaden. Es soll hier nicht die Rede sein von der fragwürdigen Art zu jagen, wenn sich die Politiker und Funktionäre in gegenseitiger Konkurrenz Rekordbären heranmästen lassen und auch nicht von jenem Jagdtourismus, der es dem Devisenbringer aus dem sicheren Häuschen heraus ermöglicht, den an den Luderplatz gewöhnten Bären totzuschießen. Hier sollen vielmehr die Folgen überlegt werden. Was Amerikaner und Kanadier in mühevoller Arbeit weitgehend geschafft haben, nämlich diese aus Unverstand und Schaugründen eingerichteten Bärenfütterplätze in den Nationalparks wieder aufzulösen und die Bären wieder auf die Suche nach ihrer natürlichen Nahrung ins Hinterland zu schicken, das wird hier umgekehrt. Alle Erfahrungen zeigen, daß dies nicht ohne Konflikte geht. Bären gewöhnen sich an die Fütterung und sie gewöhnen sich an den Heger im Häuschen, der nachts

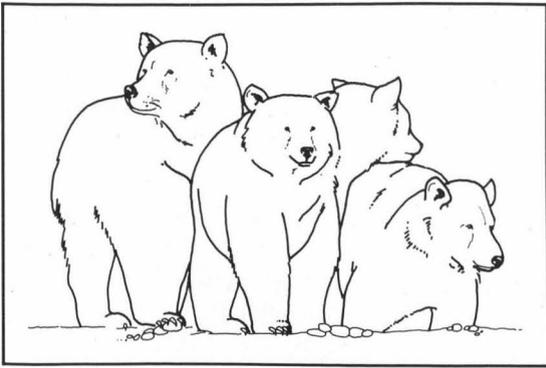


Abb. 15 Bären an Müllkippen waren in amerikanischen Nationalparks einmal die große Attraktion... bis sie dem Menschen gefährlich wurden.

Bärenköpfe zählt. Sie lernen ihn als ungefährlich kennen. Neuerdings werden sogar Fotosafaris in diese überdichten Bärengebiete organisiert. In den letzten Jahren gab es mehrere Unfälle mit Bären in Jugoslawien, bei denen Menschen zu Schaden kamen. Der Zusammenhang ist naheliegend.

Größte Sorge gilt den kleinen und isolierten Populationen, den letzten Resten ehemaliger Verbreitung. Ihre Zukunftschancen sehen rabenschwarz aus. Für die kleinsten unter ihnen, die Vorkommen in den Pyrenäen und der Brenta mit jeweils weniger als 20 Bären, ist die Wahrscheinlichkeit des Aussterbens weitaus größer als die des Fortbestehens. Zufällige Ereignisse treffen nämlich Kleinpulationen bis ins Mark, während sie von größeren leichter gepuffert werden können. So sind drei gewilderte Bären etwa 20 Prozent der Population im Trentino. Wenn es dazu noch Muttertiere sind, deren Tod auch den der Jungen nach sich zieht, ist es wahrscheinlich ein fataler Schlag für die Population.

Bären-Genetisches

Auch die Genetik kleiner Populationen hat ihre Eigenheiten. Bei abnehmender Populationsgröße kommt es zu übermäßigen Verlusten an Genen. Das liegt an den Gesetzmäßigkeiten der Populationsgenetik und ist dem Laien nicht gleich einleuchtend. Bleiben Populationen klein, so verlieren sie viel von ihrer genetischen Vielfalt. Was dies nun für Folgen hat, ist Streitsache unter den Gelehrten. Man kann nur hoffen, daß die Auswirkungen so schlimm nicht sind, wie es gegenwärtige Theorien andeuten. Aus diesen Gründen versuchen Wildbiologen aus den Erkenntnissen der Feldstudien mit viel Computeraufwand und ökologischem Sachverstand etwas zu definieren, was sie als „minimale überlebensfähige Population“ bezeichnen. Darunter versteht man beispielsweise eine Bärenpopulation, die unter den voraussehbaren Umweltbedingungen die nächsten 100 Jahre überlebt. Akut war diese Frage bei den isolierten Grizzlies im Yellowstone Nationalpark, USA.

Die Quintessenz aller Berechnungen ist ein Mindestbestand von 125 Bären. Wird die Population kleiner, so ist die Wahrscheinlichkeit gering, daß sie die nächsten 100 Jahre übersteht.

Noch etwas wird dabei deutlich: die Größe des erforderlichen Gebietes als Lebensraum. Bären leben in einer der Ergiebigkeit der Landschaft ent-

sprechenden Dichte. Im Yellowstone Nationalpark mit Kiefern und Fichtenwäldern, armen Standorten, ist diese Dichte nicht sehr groß. 125 Bären brauchen daher ein Gebiet über die Parkgrenzen hinaus.

Wie groß dieses Gebiet insgesamt sein soll, wird durch die Abgänge, meist Abschlüsse aus den verschiedensten Gründen, außerhalb des Parks deutlich. Der Park allein ist zu klein, um die Zukunft der Bären zu sichern. Und das bei einer Größe von rund 1 000 000 ha oder 10 000 km², einem Quadrat mit der Seitenlänge Garmisch—München! Nun sind europäische Bärengebiete produktiver, die Dichte kann höher sein. Die vorangestellten Überlegungen rauben aber jede Illusion, Bären auf kleiner Fläche sinnvoll erhalten zu können.

Die wichtigste Erkenntnis zur Sicherung der Kleinpopulationen ist deshalb: Erhöhung der Individuenzahl und Ausdehnung des Verbreitungsgebietes. — In den Abruzzen könnte dies gelingen. Wenn die illegalen Abgänge eingeschränkt werden, könnte das Bärenareal manchen Gebirgszug außerhalb des Nationalparks der Abruzzen umfassen. Für uns ist es lehrreich zu erfahren, daß Bären selbst im dichtbesiedelten Italien reelle Überlebenschancen haben, eine Stunde von Rom, in einer Region mit 40 000 Schafen, unzähligen Touristen und unter dem italienischen Jagdsystem. Am kostbarsten erscheinen die Bären der Brenta im Trentino.

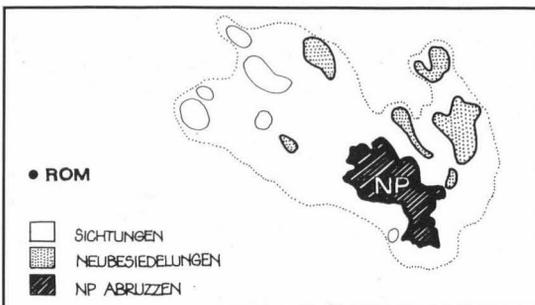


Abb. 16 Der Abruzzen-Nationalpark schützt nur einen kleinen Teil des Bärengebietes.

Mit ihnen würden die letzten Alpenbären auf ewige Zeiten dahingehen. Es ist ein dringendes Gebot, auch dort die Verluste einzuschränken und Ausbreitung der Bären zu tolerieren. Auch in den

benachbarten Bergen in Südtirol müßte der Bär wieder gelitten werden. Lobenswert erwähnt sei der gesetzliche Schutz des Bären im Trentino und so mancher Verzicht auf Straßenbau durch Gemeinden in kritischen Bäreneinständen.

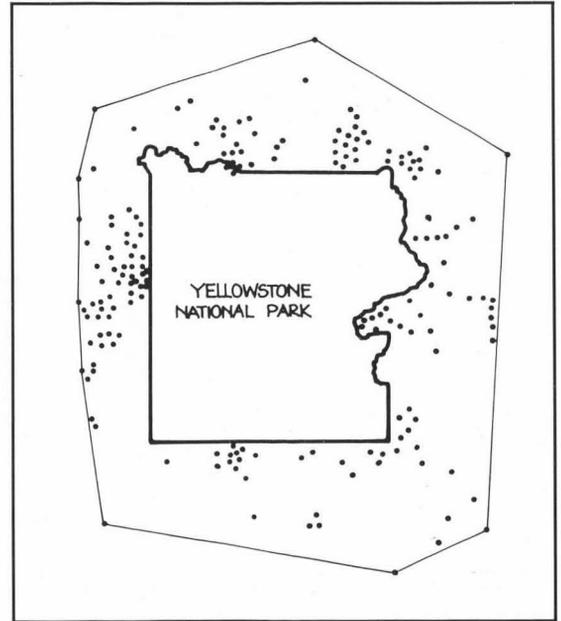


Abb. 17 Selbst der riesige Yellowstone-Park ist für Bären zu klein. Zahlreiche Abschlüsse jenseits der schützenden Parkgrenzen beweisen es.

In Österreich stellt sich die Frage, was von den aus Jugoslawien zuwandernden Einzelbären zu halten ist. Grundsätzlich ist ein sich selbst tragender Bärenbestand in einigen Gebirgszügen denkbar. Dann gäbe es sicher auch Schäden an Weidetieren, die durch richtige Maßnahmen gering gehalten werden können. Schäden tolerieren wir in gewissem Umfang auch bei anderen Arten, zum Beispiel beim Rotwild. Natürlich gäbe es anfänglich Unbehagen in der Bevölkerung. Aber in den österreichischen Alpen würde man sich an die Bären gewöhnen wie in der Brenta oder in den Abruzzen. Aus der Mala Fatra, einem Gebirgszug der CSSR, lernen wir, daß sogar hohe touristische Nutzung Bären nicht ausschließen muß. Dort kommt es in manchen Jahreszeiten zu durchschnittlich einer Bärenbeobachtung pro Tag durch Touristen. Ein Szenario für die Zukunft wäre ein lockerer Bestand

in gut geeigneten Bergen in Österreich, Slowenien, Norditalien einschließlich Südtirol, der Schweiz und in Frankreich. Die österreichischen Bären und die in Norditalien könnten gelegentlich Kontakt mit jenen im Bärenschwerpunkt südlich von Ljubljana haben. Die Wanderungen gibt es heute schon und es gäbe sie öfter, wenn das jugoslawische Bärengebiet nicht durch Abschlüsse so rigoros begrenzt wäre.

Eines ist sicher: der Lebensraum ist nach wie vor geeignet. Es ist nur eine Frage, ob wir den Bären haben wollen. Heute mag der Gedanke an eine

Bärenverbreitung in den Alpen manchen befremden. Sicher, es müßte noch viel umgedacht werden. Aber sehen wir nicht deutliche Zeichen hierfür: die Sympathien für den Einzelgänger in Niederösterreich, die Versuche gewichtiger Verbände, ihm eine Bärin näherzubringen, die schützende Hand der Jägerschaft über die einwandernden Bären in Kärnten? Der Mensch ist zu vielem fähig, auch in der Wiedergutmachung. Es gab Zeiten, da war der Steinadler fast verschwunden, bis an den Rand der Ausrottung verfolgt. Seine Rückkehr hätte damals kaum jemand für möglich gehalten.

Anschrift der Verfasser:

Veronika Strauß
 Wolfgang Schröder
 Ulrich Wotschikowsky
 Wildbiologische Gesellschaft München e. V.
 Postfach 170
 D-8103 Oberammergau

Das farbige Bild auf dem Einband stellte freundlicherweise Stefan Meyers zur Verfügung.

Zu den Abbildungen:

- | | | | |
|-------------------|---|---------|---|
| Abb. 1, 2, 11, 15 | von Regina Zimmermann | Abb. 12 | von Regina Zimmermann nach einer Zeichnung von Steve Mark. |
| Abb. 3 | nach einer Jagdszene aus dem 16. Jahrhundert | Abb. 13 | von Regina Zimmermann nach HERRERO |
| Abb. 4, 5, 6 | von Regina Zimmermann nach FAUNA | Abb. 16 | von Regina Zimmermann nach ROTH, H. |
| Abb. 7, 8 | nach GRZIMEKS TIERLEBEN | Abb. 17 | von Regina Zimmermann nach CRAIGHEAD, J. (1979): A proposed delineation of critical Grizzly Bear habitat in the Yellowstone Region. Bear Biology Association Monographs Series No. 1. |
| Abb. 9, 10 | von Regina Zimmermann nach RÖSLER, R. (1984): Beitrag zur Kenntnis des Braunbären der rumänischen Karpaten. In: Nat.-wiss. Forschung über Siebenbürgen II. Böhlau Verlag, Köln. | | |

Literaturverzeichnis:

- Herrero, S. (1985): Bear attacks. Winchester Press, New York.
- Martinka, C. J. und K. L. McArthur, eds. (1980): Bears — their biology and management (fourth International Conference on Bear Research and Management 1977). Bear Association Conference Series No. 3.
- Pelton, M. R., J. W. Lentfer und G. E. Folk, eds. (1976): Bears — their biology and management (third International Conference on Bear Research and Management 1974). IUCN Publication New Series No. 40, Morges.
- Roth, H.-U. (1978): Zur Verbreitungsdynamik der letzten autochthonen Braunbären (*Ursus arctos*) der Alpen, Trentino, Italien. Dissertation, Universität Bern.
- Sälzle, K. (1965): Tier und Mensch — Gottheit und Dämon. BLV, München.



Bild 1 Der Bär als Herr der Wälder: So sahen ihn die Jäger der Urzeit.
(Foto: W. Scherzinger)



Sic capitur gladijs, et acutis cuspidis hastis, Præcepis sanguinea dū se rotat versus arena.

Bild 2 Darstellungen aus späterer Zeit verherrlichen den Bären nur noch als begehrte Jagdbeute.



*Subdit calcar equo pernix venator, acuto
Splendida per campos iactans venabula ferro:*

*Dum se præcipitem media rotat Urfus arena,
Stridentem virum circum se discurit hastas.*

Bild 3 Die Bärenjagd mit Treibern und Hunden degradierte zum Freizeitspaß des Adels.



Bild 4 Noch heute begegnet man in einigen Ländern dem legendären Tanzbären.
(Foto: I. Reiter)



Bild 5 In den bewaldeten Bergen der Abruzzen haben bis heute 70—100 Bären überlebt.
(Foto: K. Zeimentz)

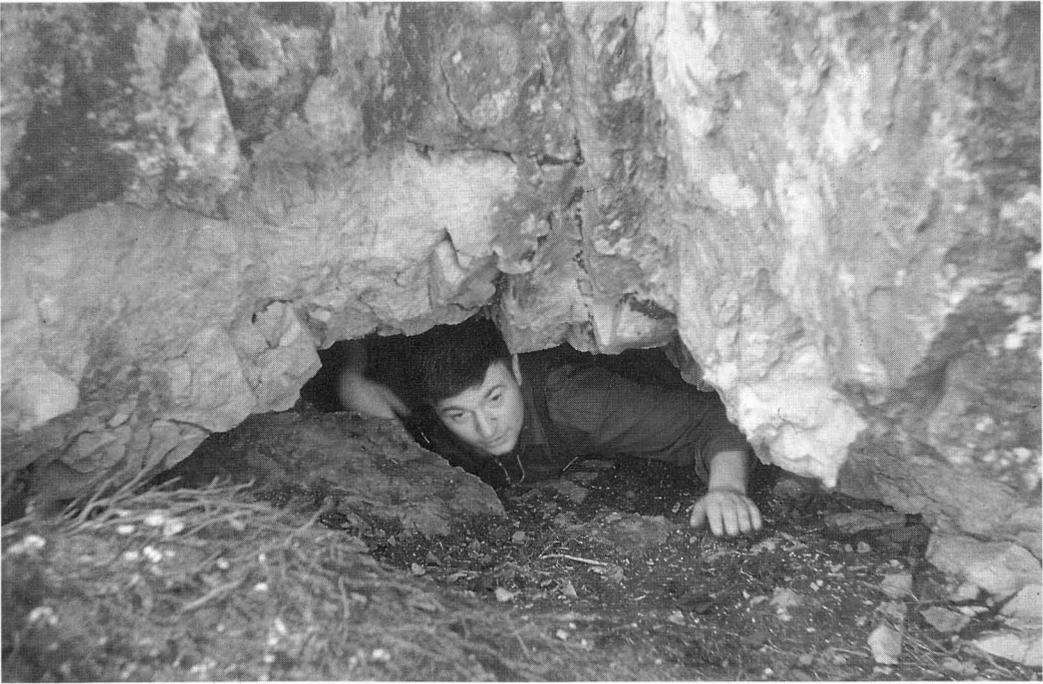


Bild 6 Ein Biologe hat das Winterlager eines Bären entdeckt. Vier bis fünf Monate verbringen die Tiere schlafend in solchen Höhlen.
(Foto: H. Roth)



Bild 7 Nach dem Winterschlaf haben die abgemagerten Tiere viel aufzuholen.
(Foto: V. Desancic)



Bild 8 Bienenkörbe im Bärenland müssen gut geschützt werden. Stacheldraht ...
(Foto: H. Roth)



Bild 9 ... und Elektrozäune sollen die Bären abschrecken.
(Foto: H. Roth)



Bild 10 In Gebieten mit intensiver Schafhaltung können Bären zu problematischen
Nachbarn werden.
(Foto: H. Roth)



Bild 11 Bären können Bäume mühelos entrinden. Keiner weiß, warum sie das tun.
(Foto: W. Schröder)



Bild 12 Dieser Kothaufen mit seinen Beerenüberresten zeigt deutlich, wovon sich der Urheber ernährt hat.
(Foto: U. Wotschikowsky)



Bild 13 Bären in Osteuropa haben keine Nahrungsprobleme: An Luderplätzen holen sie sich ihre tägliche Mais- und Fleischration.
(Foto: V. Desancic)



Bild 14 Hans Roth gelang es, einige der scheuen norditalienischen Bären in Fußschlingen zu fangen. Die verwüstete Umgebung zeugt von den Befreiungsversuchen des Tieres.
(Foto: H. Roth)

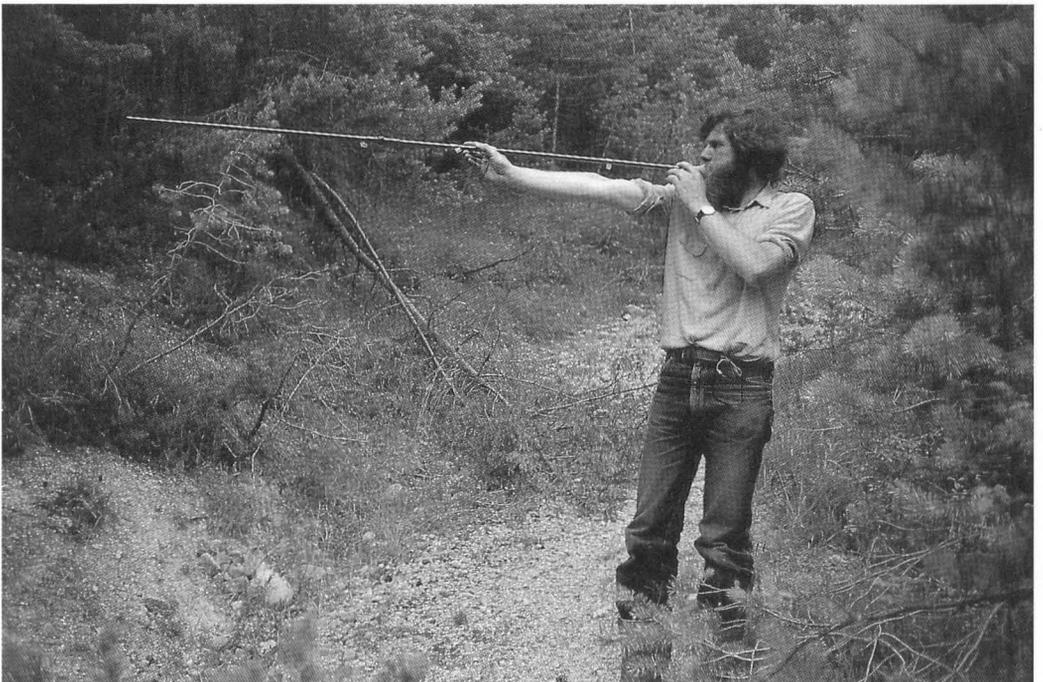


Bild 15 Mit der fliegenden Spritze aus dem Blasrohr betäubt Hans Roth den gefangenen Bären.
(Foto: H. Roth)



Bild 16 Hans Roth kann mit Hilfe der Peilantenne den Bärenalltag kennenlernen, ohne das Tier zu stören.
(Foto: L. Constantini)



Bild 17 Bärenforschung auf neuen Wegen: Ein Minisender im Halsband meldet künftig den Standort des Tieres.

Aufbau, Entwicklungsdynamik und Verjüngung von Latschenbeständen im Karwendeltal in Tirol

von *Johann Hafenscherer* und *Hannes Mayer*

Latschenwälder schützen in mittleren und tieferen Hanglagen Kulturland, Straßen und Siedlungen vor Erosion. Über der Waldgrenze bilden sie eine breite Vegetationsstufe. Dies sind die umfangreichsten Natur-, ja Urwälder der Alpen.

Schon seit Jahrzehnten sind diese Latschenwälder durch überhöhte Gamswildbestände, den Winter- und Sommertourismus sowie durch Nutzungen für die Kosmetikindustrie stark gefährdet. In den letzten Jahren hat ein lokal schon flächiges Latschensterben eingesetzt. Die Ursachen sind erst teilweise untersucht. Schadstoffe in der Luft spielen dabei eine entscheidende Rolle. Absterbende Latschenwälder müssen rasch wieder verjüngt werden. Dazu müssen Verjüngungsdynamik und Wuchsentwicklung der Latschenwälder bekannt sein. Erstmals konnte jetzt der komplizierte Lebensablauf geklärt werden, der den extremen Standortsbedingungen sehr gut angepaßt ist.

Auf allen Standorten verjüngt sich die Latsche zunächst durch Samen. Sobald sich ein Latschenbestand geschlossen hat, bilden sich neue Individuen nahezu ausschließlich durch die Bewurzelung absinkender älterer Äste im humusreichen Oberboden. Junge und alte Individuen stehen so kleinflächig nebeneinander, daß Latschenwälder durch Jahrzehnte, ja Jahrhunderte immer gleich aussehen können.

Wo Latschenwälder auf extremen Standorten durch Nutzung oder durch Luftschadstoffe zerstört werden, kann es über der Waldgrenze 200 bis 500 Jahre und länger dauern, bis sich wieder eine schutzfähige Latschenbestockung entwickelt. Die Schadstoffe in der Luft müssen deshalb rasch entscheidend vermindert und alle flächigen Eingriffe in die Latschenwälder beendet werden. Wenn dies nicht geschieht, werden schwerwiegende Schäden im darunterliegenden Schutzwald sowie an Straßen und Kulturland einsetzen.

Aus dem Waldbau-Institut der Universität für Bodenkultur, Wien.

Über die Latsche existiert eine umfangreiche botanische und vegetationskundliche Literatur (SCHROETER, SCHARFETTER, PAULSCHÖNAU, AICHINGER), die aber ungenügend waldbauliche Gegenwartsfragen beantworten kann. *Gefährdungen* der Latschen-Schutzwaldbestände sind vielfältig: Überhegte Gamswildbestände, zunehmend ausgedehnte Nutzungen für die Herstellung von Kosmetik-Artikeln, flächige Eingriffe für den Skitourismus (Seilanlagen und Skipisten), ungeklärtes flächiges Absterben und nunmehr beginnende Schädigung durch Fernimmissionen. Wie hoch oder wie niedrig ist die biologisch-ökologische Belastbarkeitsgrenze anzusetzen? Wie rasch kann sich die Latsche regenerieren? Wie kann man direkt und indirekt die Verjüngung der Latsche begünstigen? Soll man plentern oder femeln? Auf diese offenen Fragen, die für die Schutzwaldpflege in einer Zeit steigender Ansprüche der Öffentlichkeit an den Bergwald von Bedeutung sind, gibt die Untersuchung eine erste Antwort. Nur in Initialphasen dominiert die Samenverjüngung, in reifen Phasen verjüngt sich die Latsche fast ausschließlich vegetativ durch Zweigableger, das heißt durch Bewurzelung der am Boden aufliegenden Äste.

Primäre Latschenbuschwälder sind natürliche Lebensgemeinschaften. Sie sind die umfangreichsten Naturwald-, ja Urwaldbestände in den Alpen. Durch den extremen Standort, den geringen wirtschaftlichen Wert und die schwierige Begehrbarkeit haben sie sich bis heute naturnah erhalten. Seit Jahrzehnten und Jahrhunderten haben die subalpinen Latschenbestände eine physiognomisch einheitlich erscheinende Struktur. Diese strukturelle Kontinuität über Jahrhunderte und vielleicht Jahrtausende ist nur mit dem tropischen Regenwald vergleichbar. Latschenbestände können als ungleichaltrige Plenterwälder besonderer Art angesprochen werden, deren Entwicklungsdynamischer Strukturwandel einmalig ist. Die generativ angekommenen Latschen wachsen in die Oberschicht durch. Mit zunehmendem Alter sinkt der Latschen-Hauptast infolge Schwerkraft oder Belastung (Lawine, Steinschlag) in die untere Ober- bis Mittelschicht ab, verjüngt sich durch Astbewurzelung vegetativ und

der Ablegerast steigt wieder die die Oberschicht auf. Dieser oftmalige positive und negative Bestandessoziologische Schichtenwechsel kann sich über Jahrhunderte bis Jahrtausende wiederholen. Durch den mosaikartigen Aufbau dieser Stadien ergibt sich die physiognomische Kontinuität, ein zeitlich wie strukturell kleinflächig differenziertes Werden und Vergehen.

Die Natur hat für diesen Extremstandort eine einmalige Entwicklungsdynamik entwickelt, damit der Schutzwaldspezialist Latsche auf die Dauer existieren und vegetieren kann. Wir Bergbewohner werden heute immer mehr durch das Waldsterben infolge Immissionen in eine ökologische Extremsituation gedrängt. Nur wenn wir rechtzeitig, ausreichend und ähnlich beweglich mit intellektuellem Einsatz positiv vorbeugen oder durch leidvolle Katastrophenverluste retrospektiv ähnlich vielseitig reagieren, können wir in den kommenden extremen Situationen nachhaltig weiter existieren.

1. Problemstellung

Die Latsche (*Pinus* [montana] *mugo* var. *prostrata* ssp. *mughus*, Alpen-Dinariden; *P. pumilio* HAENKE, abgesplitterte Ost-Areale) besitzt eine weite vertikale Verbreitung (inneralpin bis 2400 m, Relikte bis 450 m), wobei sie von subalpinen zu tiefmontanen Lagen durch Konkurrenz auf immer extremere Spezialstandorte verdrängt wird. Maximales Auftreten primär in hochsubalpinen klimabedingten Waldgrenzbestockungen der Rand- und Zwischenalpen (Latschengürtel 1800—2000/2200 m, Waldersatzgesellschaft seit dem Subboreal) und in edaphisch oder lokalklimatisch extremen Gesellschaften (subalpin-montan); reliktsch auf subalpinen-tiefmontanen Hochmoorstandorten der Alpen, des Alpenvorlandes und des herzynischen Gebirges (MAYER 1984). Durch ausgeprägten Pioniercharakter erweitert die niederwüchsige Latsche ihr Areal bei natürlichen und anthropogenen Katastrophen auf Initialstandorten (MAYER 1974).

Zwar existieren viele botanische (systematische) Veröffentlichungen, aber keine, die sich eingehend mit der Entstehung, Entwicklungsdynamik und vor allem mit der Verjüngung der langfristig „unver-

änderlich“ erscheinenden Latschenfelder befassen. Besonderheiten der Latschenbestände:

- Über der Waldgrenze langfristig physiognomisch einheitliche Reinbestände.
- Sehr stabile Strukturen, keine ausgedehnten Zerfallsphasen wie im subalpinen Fichtenwald.
- Keine flächige Ansamung.
- Latschenäste streichen liegend, bevor sie sich aufrichten.

Im Karwendeltal geht die Latschenbuschwaldgrenze durch flächiges Absterben von Ästen und Gebüsch zurück. Ursachen sind nicht offensichtlich.

2. Methodik — Begriffe

Die Latschenbestände wurden klassifiziert und mit Hilfe eines Orthophotos (1:5000) kartiert. Von charakteristischen Beständen wurden Teilflächen (5—10 × 5 m) aufgenommen, die eine Entwicklungsfolge als Phase oder als Stadium vermuten ließen. Unter „Phase“ wird eine strukturell deutlich unterscheidbare Entwicklungsstufe innerhalb einer bestimmten Waldgesellschaft (Assoziation), unter „Stadium“ eine Entwicklungsstufe innerhalb einer Entwicklungsreihe verschiedener Gesellschaften (Sukzessionsserie) verstanden (LEIBUNDGUT 1959).

Erfaßt wurden die unterschiedlich starken Hauptäste, die vom Boden aufsteigen und durch ihre räumliche Stellung für Struktur oder Entwicklung wesentlich erscheinen. Auf die Darstellung von Kronen und Ästen höherer Ordnung mußte verzichtet werden. Von jeder Fläche wurden Stammscheiben (ca. 280) mit dem Jahresringmeßgerät ausgewertet. Für die Analyse war eine Trennung in generativ (Samen) und vegetativ (Astbeurzelung) entstandenen Individuen notwendig.

- *Gruppe A — generative Pflanzen* haben einen Wurzelhals, von dem mehrere Hauptäste ausgehen, die mit unterschiedlich vielen Ästen höherer Ordnung die charakteristische Gebüschform bilden.
- *Heterogene Gruppe B — vegetative Individuen:*
B1: Ablegeräste — sekundär unterirdisch be-

wurzelte Äste mit noch erkennbarem Verbindungsastteil zur Ursprungspflanze.

B2: Selbständige Hauptäste — von der Ursprungspflanze unabhängige Äste, welche die Struktur geschlossener, alter Gebüschkomplexe bestimmen. Unterirdische Astteile sind sekundär bewurzelt, nach mehreren Metern meist abgestorben. Durch geringe Aststärke, liegende Abschnitte stammähnliche Wuchsform. Das Alter kann nur relativ, der Wachstumseigenständigkeit entsprechend angegeben werden (Nachweisbarkeitsgrenze). Als Vergleichsbasis wurde die älteste Austrittsstelle, meist die letzte noch lebende Aststelle gewählt.

Die quantitative Charakterisierung dynamisch-biologischer Individuenmerkmale verdeutlichte die Entwicklung. Zur Klärung der Naturverjüngung und zur Skizzierung der Physiognomie von Latschenfeldern waren gesonderte Aufnahmen notwendig (vergleichbar Waldtexturkartierung). An der aktuellen hochsubalpinen Latschen-Buschwaldgrenze wurden Gebüschgruppen analysiert und repräsentative Schadbilder von Prof. Dr. E. FÜHRER identifiziert.

3. Untersuchungsgebiet

3.1 Lage, Gliederung (Abb. 1)

Das nördlichste Ost-West verlaufende Hochgebirgstal des Karwendelgebirges liegt im nördlichen randalpinen Fichten-Tannen-Buchenwaldgebiet. Das sonnseitige Untersuchungsgebiet (ca. 2000 ha) läßt sich in den stark gegliederten Abschnitt Kirchlbach-Angeralm und in den von Almwirtschaft geprägten Abschnitt Angeralm-Hochalm (ausgeglichenere Relief) gliedern.

3.2 Klima

Für die ausgeprägte niederschlagsreiche, subozeanische, randalpine Niederschlags-Staulage sind typisch: Schneereichtum, starke Bevölkerung, ca. 1400 bis 2100 mm Jahresniederschlag (Sommaximum), humide Sommer und mäßig kalte Winter, mittlere Jahrestemperatur 6,2° C (Scharnitz, 960 m). In den abgeschlossenen Tallagen ist das Klima relativ extrem. Langanhaltende Niederschläge und örtliche

Starkregen (130—150 mm/Tag) unterstreichen die Bedeutung der Bewaldung für Niederschlagsrückhalt und Bodenschutz. Von der Lawinengefährdung hängt die Verteilung von Wald-Latschen- und Rasengesellschaften wesentlich ab.

3.3 Standörtliche Charakteristik

Das Karwendel mit ausgeprägter Reliefenergie gehört zu den nördlichen Kalkalpen. Die Gesteinsdecken (Trias-, Jura- und Kreidezeit) streichen fallend nach Süden (HEISSEL 1977). Nach AMPFERER (1924) überwiegt Wettersteinkalk; auf der Hochalm und kleinflächig Muschelkalk, örtlich Reichenhaller Schichten.

Es wechseln unterschiedlich entwickelte Rendzinen, Rohböden und örtlich Kalksteinbraunlehm. In Tallagen mittel- bis tiefgründig, zum Teil verbraunt (Mull-Moder), auf Steilhängen und Schutt-reissen flachgründig, in Hochlagen spaltengründig (Tangelhumus). Erosionsanfällige Standorte überwiegen, auf denen flächige Nutzungen und Katastrophen zur regressiven Entwicklung führen.

3.4 Waldgesellschaften

Der Fichten-Tannen-Buchenwald (*Abieti-Fagetum*) tritt infolge Höhenlage und extremer Standorte nur kleinflächig auf. Geologisch und expositionsbedingt dominieren trockene Karbonat-Gesellschaften, die soziologisch zur Alpendost-(*Adenostyles glabra*)Gruppe gehören (MAYER 1974). Die graublättrige Alpendost-(*Adenostyles alliariae*)Artengruppe kommt nur lokal bei gesteigerter Feuchtigkeit (Braunlehm, Hangsickerwasser, Schluchten, extreme Schneelage) vor. Wirtschaftswälder sind nur in Talmulden und lawinengeschützten Hanglagen (ca. 163 ha). Die Funktionen der Wälder für Bodenschutz, Hochwasservorbeugung und Lawinenschutz überwiegen; durch Überalterung und Schälschäden nimmt die Schutzerfüllung der Hochwaldbestockung rasch ab. Latschenersatzgesellschaften nehmen zu (FISCHER 1985).

Höhenstufen und Gesellschaften:

- *alpin* (über 2000 m): Horstseggen-Blaugras-halde.

- *hochsubalpin* (1750—2000 m): Ausgedehnter Latschengürtel mit kleinflächigem Wechsel von bisiphilen und azidophilen Ausbildungen; Baumgrenze bei 1900 m.

- *tiefsubalpin* (1550—1750 m): Morphologisch und anthropogen bedingt fehlt oft der Fichtenwald. Fichten-Latschenwälder im engen Kontakt zu Latschen-Ersatz- und Pioniergesellschaften; Bereich der Almen.

- *hochmontan* (1250—1550 m): Fichten-Tannenwaldstreifen auf lawinengeschützten Hangstandorten und im Tal. Latschenbestände als Waldersatzgesellschaften in Lawinenstrichen, als Pioniergesellschaften auf Schutt, Grobblock, Fels. Latschenreiche Regenerationsstadien als Katastrophenfolgebestände auf Schlußwaldstandorten. Fichtenwälder mit Latsche als weiterentwickelte Dauergesellschaften auf flachgründigen Standorten.

- *montan* (600—1250 m): Fichten-Tannen-Buchenwald im Kontakt mit standortextremen Latschengesellschaften; Legbuchenbestände lösen auf Lawinenkegeln (Schneeschildpflanzgefährdung) die Latsche ab. Fichtenbestände im Tal entstammen Aufforstungen.

In allen Gesellschaften kann Latsche als Pionier bei initialen Phasen und Kalkschuttdominanz auftreten, während sich Lärche nur auf der bodenfrischen Schattseite reichlicher verjüngt. Bei gesteigerter Feuchtigkeit ist in Hochlagen Grünerle beigemischt, die auf den trockenen Südhängen nur fragmentarisch auftritt. Im benachbarten Hinterautal kommen auch Lärchen-Zirbenwaldrelikte, Engadiner-Kiefern- und Spirken-Gesellschaften vor (VARESCHI 1931, 1934).

3.5 Geschichte

„Karwendel“ bezieht sich auf einen altdeutschen Personennamen „Gerwendil“, „Gerbintla“ 1305 (FINSTERWALDER 1934). Die Holzlieferung zur Haller Saline rentierte sich nicht; Holznutzungsrecht von ca. 1500 bis 1803 bei Hochstift Freising und Gemeinde Mittenwald.

Entscheidend für das unbewohnte Naturschutzgebiet (seit 1928) waren Almwirtschaft und die

große Bedeutung als Jagdgebiet (seit Kaiser Maximilian, 1490—1519). Die frühzeitige, ab 1850 intensive Wildhege (Fütterung, Almankauf zugunsten der Jagd) führte zum Ansteigen vor allem des Rotwildstandes und, verstärkt durch erzwungenes Überwintern des Rotwildes in den wenigen lawingeschützten Beständen, zum untragbaren Ansteigen der Wildschäden (Maximum um 1970; 300 Stück Rotwild, ca. 700 Gemsen). Auf Initiative von Forstdirektor R. RENNER und Prof. Dr. R. FELDNER wurde das Rotwild seit 1977 auf ca. 20, das Gamswild durch „Großeinsatzjagden“ auf ca. 400 Stück reduziert. Durch Auflassung der Fütterung sollte dem Rotwild die Abwanderung aus dem ungeeigneten Winter-Biotop ermöglicht werden (FELDNER 1981).

4. Klassifizierung und Kartierung der Latschenbestände

4.1 Alpenrosen-Latschengebüsche als hochsubalpine Schlußwaldgesellschaft (Rhododendro hirsuti-Pinetum mugii)

Über der Waldgrenze auf mäßig steilen Hängen großflächige Bestände (1700—2000 m). Dominierend spaltengründige Alpenmoder- und Tangelhumus-Rendzinen, verzahnt mit Kalksteinbraunlehm. Vaccinien, Rhododendron und Moose zeigen die Bodenreifung. Dieser Typ entspricht weitgehend der azidophilen Ausbildung (Pinetum mugii silicicum, Rh. h. — M.p. vaccinietosum), wobei randlich und mosaikartig bei gering entwickelten Rendzinen die basiphile Ausbildung (Pinetum mugii calcicum, Rh. h. — M.p. typicum) auftritt (AICHINGER 1930, 1949, MAYER 1974). Sporadisch sind Birke, Lärche, Eberesche, Zwergmispel, auf frisch bis feuchten Standorten Grünerle (Variante) beigemischt. Mit Annäherung an die Waldgrenze steigt der Anteil der Fichte.

Entwicklungsdynamische Ausbildungen:

- *Typische Ausbildung*: Flächig geschlossene Reinbestände als dominierende Schlußwaldgesellschaft; Kalkschuttzeiger (*Dryas octopetala*, *Adenostyles glabra*, *Erica carnea*) treten zu-

rück; CA. (Charakterarten): *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*; *Rhododendron hirsutum*, vereinzelt *Rh. ferrugineum*.

- *Grünerlen-Ausbildung*: Kleinflächig verteilt an feuchten Verebnungen (meist Almbereich) und an Sickerwasserrinnen. Reichlich Weiden, Birken und Ebereschen; CA.: *Adenostyles alliariae*, *Imperatoria ostruthium*, *Petasites albus*, krautige Frischezeiger, *Carex ferruginea* (Hochstaudenflur).
- *Almflächen-Ausbildung*: An Verebnungen in Einzelgebüsche aufgelöste Bestände, unter der Waldgrenze die Wiederbewaldung einleitend; CA.: *Veratrum album*, *Rumex alpinus*, *Urtica dioica*, *Deschampsia cespitosa*, *Festuca rupicaprina*, *Crepis alpina*, *Trifolium pratense*.

4.2 Schneeheide-Latschengebüsche als hochsubalpine-montane Dauergesellschaften (Erico-Pinetum mugii)

Geomorphologisch und edaphisch bedingt unterschiedlich große Bestände (dominierend zwischen Kirchl bach und Angeralm), die durch Standortmosaik und starke Reliefgliederung eng mit den Schlußwaldgesellschaften verzahnt sind. Auf den flachgründigen, erosionsanfälligen Rendzinen und Protorendzinen dominieren Kalkschuttzeiger (*Dryas octopetala*, *Adenostyles glabra*, *Erica carnea*). Die Einheiten entsprechen weitgehend der basiphilen Ausbildung (Rh.h.-Pinetum mugii typicum, AICHINGER 1949, MAYER 1974). Wuchsleistung und Bestandesstrukturen variieren durch unterschiedliche Standorte erheblich; Wuchsformen mehr niederliegend. Durch das günstigere Klima sind montane Latschengebüsche nie Reinbestände.

4.2.1 Flachgründiger Fels-Typ

Strauchreiche, wenig geschlossene Bestände (geringwüchsig); anstehender Fels, trockene Tangelhumus-Rendzinen; CA.: *Erica carnea*, *Vaccinium vitis-idaea*, Moose weitgehend fehlend.

4.2.2 Felswand-Typ

In humosen Felsspalten und auf Felsbändern ungleichaltrige Einzelgebüsche und Trupps; nur bei

geringer Steilheit und in Tieflagen Inschlüßtreten mehrerer, sehr geringwüchsiger Individuen; CA.: *Primula auricula*.

4.2.3 Schuttreissen-Typ

Große Sektoren auf unterschiedlich konsolidierten Hangschuttböden; vom Bestandesrand zum Bestandeszentrum Abnahme von Rohböden, Protorendzinen (Kalkschuttzeiger) und Zunahme von Tangelhumus-Rendzinen wechselnder Gründigkeit (*Vaccinien* und Säurezeiger). Großflächige Bestände sind häufig von Schuttbändern durchzogen, wobei ursprünglich getrennte Besiedlungsstreifen zusammenwachsen. Bestandesränder verlaufen nach Schuttbewegung geradlinig oder ungleichmäßig durch isolierte Pionierbüsche. CA.: *Dryas octopetala*, *Veronica fruticans*, *Silene vulgaris*, *Erica carnea*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Rhododendron hirsutum*.

4.2.4 Grobblock-Typ

Auf dem trockenen Standort wurzelt die Latsche in humosen Spalten. Vom Haldenzentrum (dominierend vegetationsloser Rohschutt) mit inselförmigen Einzelgebüsch (initiales Stadium) zum Rand mit Schlußwaldbaumarten (Fichte) und vergeilender Latsche in der Unterschicht läßt sich die Entwicklung verfolgen. *Amelanchier ovalis*, *Lonicera alpigena*, *Sorbus aria*, *Betula pendula* und verschiedene Weidenarten; CA.: *Asplenium viride*, *Erica carnea*, *Vaccinium vitis-idea*, *Tortella tortuosa* und Flechten.

4.2.5 Schluchten-Typ

Kurze, kühl feuchte Vegetationszeit und felsige Standorte begünstigen die Latsche; gruppenweise Grau- und Grünerle, Eberesche, Bergahorn und Birke auf nährstoffreicheren Standorten. Durch wechselnden Kleinstandort kein Bestandesschluß. CA.: *Adenostyles alliariae et glabra*, *Petasites albus*, *Carex ferruginea*, Laub- und Lebermoose.

4.3 Schneeheide-Latschengebüsch als tiefsubalpine-montane Waldersatzgesellschaften

4.3.1 Lawinengassen-Lawinenschuttkegel-Typ

Durch Akkumulationen am Lawinenkegel feinerde-

reiche, verbrauchte Humuskarbonatböden (Mull, Moder); in Lawinengassen unterschiedlich entwickelte Rendzinen. CA.: *Mercurialis perennis*, *Prenanthes purpurea*, *Hepatica nobilis*, *Dactylis glomerata*, *Calamagrostis varia*, *Rubus idaeus*, *Atropa belladonna*, *Fragaria vesca*.

Die artenreichen Latschenbestände sind durch unterschiedlich hohe Gruppen mosaikartig aufgebaut, Sträucher und Baumarten dringen ein. Montan lösen Buchen und Bergahorn bei hoher Schneeschimmelgefährdung die Latsche ab.

4.4 Schlußbaumartenreiche Latschengebüsch als tiefsubalpine-montane Übergangsgesellschaften

Heterogener Typ, in dem Baumarten (Flächenanteil weniger als 30%) die Latsche überwachsen; meist einzel- oder truppweise verteilte Fichten in der Oberschicht.

Primäre Ausbildung: Auf edaphisch weniger extremen Standorten (fortgeschrittene Boden- und Vegetationsentwicklung) belegt sie bei geringer Lawinengefährdung die progressive Entwicklung, z. B. am Rand von Grobblockhalden, im Zentrum konsolidierter Schutthalden oder am Rand von Lawinenkegeln.

Sekundäre Ausbildung: Nach Rodungen im Almbereich und Zerstörung der Waldkrone (jahrhundertelanger Weideeinfluß) sekundäre (auch erweiterte) Lawinenbahnen. Im Almbereich Regenerationsphasen nach Weiderückgang. Kennzeichnung: Lage in der Waldzone, ursprünglich geringe Lawinengefährdung, durchschnittliche Standorte, dominierende Arten von Schlußwaldgesellschaften, vergeilendes Wachstum der Latsche und durchschnittlicher Zuwachs der Baumarten, Waldzeugen wie Stümpfe oder Wurzelteller, Ausscheidung als Wald in alten Karten.

5. Die Verjüngung der Latschenbestände

In den Latschenbeständen auf überwiegend reifen Standorten sterben selten (Katastrophen) Gebüsch ab. Weitgehendes Fehlen von Zerfallsphasen und generativer Verjüngung deuten auf vorwiegend vegetative Erneuerung von Latschenbeständen hin (vgl. Grünerle, RUBLI 1976). WESSELY (1853)

beschreibt „sich niederlegende Latschenzweige, welche Wurzeln schlagen“. Nach KUOCH-AMIET (1970) hat die aufrechte Bergföhre eine mittlere Tendenz zur Koloniebildung.

5.1 Vegetative Verjüngung

Bei mehrere Generationen alten Gebüschkomplexen durchzieht meist ein in alle Richtungen verlaufendes, mehrere Lagen hohes Astnetz den Boden. Die jüngsten oberen Lagen bilden bewurzelte Latschenäste, die geschlossene Bestände aufbauen. Diese Ableger und selbständige Hauptäste weichen in der Wuchsform (mehr stammähnlich) und im Zuwachsverlauf von der ursprünglichen generativen Gebüschform ab.

Die für die Latsche *spezifische vegetative Entwicklung* umfaßt folgende Stadien (Abb. 2):

- **Primäre Ablegerbildung** (Abb. 3a): Von generativen Gebüschern kommen ältere Äste am Boden zu liegen (Eigengewicht, Schneedruck) und werden durch sekundäre Bewurzelung zu Ablegerästen; vgl. Fichte (KUOCH-AMIET 1970).
- **Verselbständigung**: Die Ablegeräste wachsen hangabwärts weiter; ältere liegende Astabschnitte werden fortschreitend bewurzelt; die Verbindungsteile zur Initialpflanze sterben ab und werden zersetzt.
- **Sekundäre Ablegerbildung** (Abb. 3b): Durch Miteinbettung von Seitenästen werden selbständige „Hauptäste“ zu Ablegerbildnern. Diese sekundären Ableger von primären Ablegern können die Entwicklung fortsetzen. Abiotische und biotische Schäden (Fäulebefall), Reliefhindernisse usw. beenden die Verjüngungsentwicklung.

Der Zuwachs kulminiert wiederholt über mehrere Jahrzehnte entsprechend der periodischen Bewurzelung unterirdischer Astabschnitte. Zwischen Astdurchmesser und Bewurzelung besteht eine enge Beziehung (Abb. 3). In Richtung des neu eingebetteten, jüngeren Astabschnittes fällt der Durchmesser ab und steigt mit Annäherung an die jüngste Austrittsstelle wiederum an. Durch Miteinbettung und Bewurzelung mehrfacher Verzweigungen kön-

nen stockwerkähnliche Abschnitte entstehen, von denen Hauptäste (Beispiel C₁, Abb. 4) abzweigen, die selbst wiederum Ableger (C₂) gebildet haben.

Altersangaben stoßen bei selbständigen Hauptästen an *Nachweisbarkeitsgrenzen*. Die Austrittsstelle (60—140 Jahrringe) variiert nach Wachstums- und Standortfaktoren. Die physiologische Altersgrenze (älteste noch lebende Astabschnitte) selbständiger Hauptäste kann mit ca. 240 Jahren angegeben werden (bis 210 Jahrringe gezählt); älter als ca. 170jährige Astabschnitte sind meist abgestorben und teilweise vermorscht. Oberirdische Astteile sind bis 140 Jahre alt.

Die vegetative Verjüngung fördern:

- geschlossene, astreiche Bestände genetisch oder ökologisch bedingt (Schnee, Schutt) niederliegender Individuen
- moos- und zwergstrauchreiche Bodenvegetation, die rasch aufliegende Astteile überwächst (vgl. vegetative Verjüngung der Fichte an der Baumgrenze, KUOCH-AMIET 1970)
- ausgeglichene Bodenfeuchte
- mächtige Humusauflage (gereifte Tangelhumus-Rendzina)
- hohe Schneelage im Winter, die auch starre Äste durch Faserstauchung nachhaltig niederdrückt.

Die meisten begünstigenden Faktoren kennzeichnen Klimaxstandorte und charakterisieren gleichzeitig die sehr spärliche generative Verjüngung. Während die generative Bestandenserneuerung auf initialen Standorten mit gering entwickelten Rendzinen (Pionierphase) dominiert, wird sie mit zunehmender Boden- und Vegetationsentwicklung (Terminalphase, dystrophe Tangelhumus-Rendzina) von der vegetativen Verjüngung abgelöst.

5.2 Generative Verjüngung

Überdurchschnittliche Ansamung (bis 10 Jungpflanzen/10 m²) begünstigen: Skelettreiche, gering entwickelte, unbeschattete Humuskarbonatböden, die dem *Dryas octopetala*-Stadium (BRAUN-BLANQUET 1964) entsprechen; gering deckende bis feh-

lende Streuauflage; konsolidierter Schutt; geringe Konkurrenz durch Zwergsträucher (*Erica*, *Rhododendron*, *Vaccinium*); geschützte Standorte (Gebüschrand bis 5 m entfernt); gesteigerte Feuchtigkeit (Schluchtstandorte), bei trockenen Standorten durch hohe Luftfeuchte ersetzt.

Verjüngungsbemmend: Fortgeschrittene Boden- und Vegetationsentwicklung mit deckenden Zwergsträuchern (klimaxnahe und Klimaxgesellschaften) sowohl unter Latschenschirm als auch in unbestockten Lücken; Hitzelücken mit sehr trockenen Humusaufgaben; Schneelöcher (*Carex ferruginea*); Brandböden geringer Wasserkapazität (GRABHERR 1936); Beschattung (Lichtanspruch zwischen Lärche und Schwarzkiefer, LÄMMER-MAYR 1919).

Besiedlungszeitraum bis zur Bodenbedeckung (1 ha mit 2500—3000 Latschen): Bei Lawinenschuttkegel (viele günstige Kleinstandorte) weniger als 50 Jahre; im subalpinen Latschengürtel mehr als 100 Jahre, um auf Almflächen lückige Bestände zu bilden, auf stabilisierten Schuttstandorten auch in Tieflagen mindestens 150 Jahre.

6. Bestandesstrukturen und Entwicklungsdynamik

Die Entwicklung von Latschenbeständen kann je nach Standort erfolgen als:

- *dauerstabiler „Vegetativer Typ“* mit kontinuierlicher Verjüngung (Latschengürtel)
- *progressiver „Pionier-Typ“* mit initialer Latschenansamung (Dauergesellschaften)
- *zyklischer „Katastrophen-Typ“* mit vegetativer Verjüngung und aktivierter Latschenansamung (Schuttreissen, Lawinenbahnen)

6.1 Entwicklung der hochsubalpinen Klimaxgesellschaft

Den Latschengürtel kennzeichnet ein für die Kalkstandorte charakteristisches Mosaik initialer bis reifer Standorte. Auf Alpenmoder-Tangelhumus-Rendzina und in geschlossenen Gruppen bis Horsten (Höhe bis 3,50 m) erneuert sich der Latschenbuschwald nahezu ausschließlich durch Ablegerbildung. Jedoch durch Wuchsrichtung hangabwärts, randliches Absterben von Ästen (Schneerinnen),

stagnierende Entwicklung bei anstehendem Fels entstehen Lücken, in denen sich die Latsche bei Kalkschuttdominanz ansamen kann. Auch durch vereinzelte Zerstörung von Einzelbüschen infolge Lawinen oder Steinschlag wird die vegetative Verjüngung (ausschließlich bei Neubesiedlung) aktiviert und ergänzt die dominierende vegetative Bestandeserneuerung.

Zum Teil besteht eine ähnliche, jedoch raschere Entwicklung wie bei Dauergesellschaften, wenn ein regressives Stadium (Rodung, Lawine) entstanden ist. Bei Wiederbesiedlungen ist die Dynamik der Bestände genau verfolgbar.

Generative Phase: Ähnlich den Initialphasen der Dauergesellschaften kennzeichnen ungleichaltrige (bis über 200jährige) Einzelbüsche auf primären Kalkschuttstandorten (basiphile Ausbildung). Das Schlußvermögen ist herabgesetzt, der Aufbau ist stufig. Von Altbüschchen aus ragen am Boden streichende Äste in benachbarte Gebüsche der azidophilen Ausbildung. Bei fortgeschrittener Bodenreife werden Wurzeln an liegenden Astteilen gebildet. Einzelbüsche sind Initialstellen für primäre Ableger.

Vegetative Phase (Abb. 5): Bei fortgeschrittener Boden- und Vegetationsentwicklung (azidophile Ausbildung) dominieren in den geschlossenen, dichten Horsten selbständige Hauptäste, die nach längerer Bodenaufgabe unterirdisch, meist in vermorschten Astabschnitten (bis 200jährig) enden. Strukturelle Änderungen nur astweise. Die Oberschicht beherrschen durch negatives soziologisches Umsetzen (Absinken älterer, schwerer und absterbender Äste) die vitalen jüngeren. Die Bestandeserneuerung erfolgt weitgehend durch sekundäre Ablegerbildung. Von Seitenästen wird die Astbasis mit den sich absenkenden Hauptästen in den Tangelhumus gedrückt, die Krone bleibt aber in der Oberschicht bis Mittelschicht. Generative Verjüngung scheidet durch Lichtmangel, Zwergstrauchkonkurrenz und Schneeschimmelpilz aus. Durch vegetative Verjüngung und Wuchsform (prostrata) findet eine Abwärtsverlagerung statt. Neben Überlappung unterschichtiger Gebüsche können auch kleine Freiflächen entstehen.

6.2 Entwicklung der Dauergesellschaften auf Extremstandorten

1. Schuttreissen-Typ

Unterschiedlich große, bis in Hochlagen zusammenhängende Bestände (Wuchshöhe bis 4 m) wechseln mit initialen Einzelbüschen und lückigen Gruppen. Die nur teilweise Konsolidierung von Schuttreissen infolge ständiger Bewegung verursacht den unterschiedlichen Aufbau. Gegenüber den einheitlichen Gesellschaften der stabileren, wüchsigen Standorten des Latschengürtels kennzeichnen unterschiedliche Physiognomie und strukturelle Änderungen vom Bestandsrand zum Zentrum.

Initialphase (Abb. 6): Auf stabilisiertem Schutt (*Dryas octopetala*-Polster) kommen generativ verzelte Pionierbüsche an. Durch ungleichmäßige Verteilung besiedlungsfähiger Kleinstandorte, wiederholte regressive Entwicklung und lange Verjüngungszeiträume (50–150 Jahre und mehr) entstehen unterschiedlich große, locker von ungleichaltrigen (bis 250jährige) Gebüsch bestockte Erst-Besiedlungsinseln. Die sehr geringwüchsigen Latschen sind oft durch Steinschlag und Schurf geschädigt. Ableger können bei zu initialen Bedingungen (Proto- bis Moder-Rendzina) nicht gebildet werden.

Übergangsphase (Abb. 7): Mit zunehmender Boden- und Vegetationsentwicklung breiten sich die primären Besiedlungsinseln aus. Im Schutz von Gebüschrändern kommt generative Verjüngung an und leitet das Zusammenwachsen zum locker geschlossenen Bestand ein. Durch Unterschiede nach Dichte, Alter, Höhe, Länge und bei im lichten Schirm ankommender Verjüngung entsteht vorübergehend eine plenterartige Struktur. In älteren Gebüsch senken sich ältere Astteile und liegen am Boden auf, so daß sie sich bei fortgeschrittener Bodenreifung bewurzeln können (primäre Ablegerbildung).

Endphase: Geschlossene Bestände sind durch langsames Zusammenwachsen der unterschiedlich entwickelten Ausgangsflächen von einem Mosaik unterschiedlich alter, hoher und dichter Gebüsch aufgebaut (Abb. 8). Vereinzelt und ungleichmäßig sterben so die ältesten Pionierbüsche ab. Die wei-

tere Bestandserneuerung erfolgt durch primäre und sekundäre Ablegerbildung. In den ältesten Gebüsch mit Rhododendron und Vaccinien dominieren selbständige Hauptäste (bis 240jährig). In durch die Wuchsrichtung hangabwärts entstehenden kleinen Freiflächen kommt bei Zwergstrauchkonkurrenz keine generative Latschenverjüngung an, die einen Rhododendron-Pionierstandort benötigt.

2. Grobblock-, Fels- und Schlucht-Typ (Abb. 9)

Bei edaphisch und lokalklimatisch herabgesetztem Schlußvermögen auf den Extremstandorten ist die generative Verjüngung in den individuenarmen Beständen nachhaltig möglich.

- *Auf Grobblock* leitet randliche Verjüngung das Zusammenwachsen von Pionierbüschen ein; durch Bodenentwicklung Ankommen von sekundären Pionieren (Lärche, Fichte) und Übergänge zu Blockwäldern.
- *Auf flachgründigem Fels* stocken mehrheitlich generative Latschen in stufigen, noch geschlossenen Beständen (Wuchshöhe bis 2,5 m). Absterbende sinken in die Unterschicht; vereinzelt wachsen Ableger in die Oberschicht ein. Felspalten- und Kadaververjüngung dominieren.
- An Felswänden können sich keine geschlossenen Bestände bilden. Über die wenigen besiedlungsfähigen Terrassen ragen die Latschenäste bis 5 m hinab.
- In Schluchten wechseln kleinstandörtliche Weiden, Bergahorn, Eberesche, Birke, Grün-Grauerle und langsamwüchsige Latsche, die sich auf Protorendzina durch hohe Luftfeuchte reichlich angesamt.

Bei ungestörter Entwicklung (Grobblockstandort, lawinengeschützte Schutthänge der Tieflagen) verdrängen einwandernde Schlußwaldbaumarten die Latschenpioniere. Regelmäßiges Auftreten von Lawinen, Steinschlag oder Überschotterung (Schuttreissen) verursachen eine regressive Boden- und Vegetationsentwicklung, die zum initialen generativen Latschenstadium zurückführt (Abb. 10: durch Steinschlag zerstörte Endphase). „Ein ständiges

Werden und Vergehen“ von Waldgesellschaften des Gebirges, am ehesten noch vergleichbar mit der Dynamik von Aulandschaften.

6.3 Entwicklung der Ersatzgesellschaften auf wüchsigen Standorten

Auf Lawinenkegeln, in Tallagen und bei der Wiederbesiedlung aufgelassener Weide- und Katastrophenflächen (Wind, Lawine) erfolgt eine spezifische Entwicklung.

● Lawinen-Kegel-Besiedlung (Abb. 11)

Bei primären und sekundären (Rodung, Waldzerstörung) Lawenstrichen prägen mosaikartig verteilte, progressive und regressive Entwicklungsstufen Bestandaufbau und Struktur.

Verjüngungsphase (Abb. 12): Nach Zerstörung von Gebüschgruppen und Baumarten entstehen kleine initiale Freiflächenstandorte, die eine Ansammlung von Latsche und Baumarten ermöglichen. Durch truppweises Aufkommen und saumweise Erweiterung ist der Aufbau bis zum Inschlüßtreten gestuft.

Optimalphase: (Abb. 13): Bezeichnend sind weitgehender Schluß, allmählicher Ausfall überwachsener Latschen und hoher Zuwachs. Durch Raschwüchsigkeit dominieren lange, relativ dünne Äste. Beigemischte Baumarten wachsen in die Oberschicht ein. Von 50—70jährigen Latschen wird maximale Höhe (über 4 m) erreicht. Durch die begrenzte Fähigkeit zu aufrechtem Wuchs dauert diese Phase nur kurz.

Terminalphase: Mit zunehmendem Alter und Durchmesser geht die Wuchshöhe durch Absinken zurück, die Astlänge nimmt zu (bis 7 m). Ableger werden bei ungünstigen Standortsbedingungen und regelmäßige Störungen selten gebildet. Durch niedriges Höchstalter (ca. 150 Jahre) und Katastropheneinwirkung setzt der Zerfall relativ rasch ein. Durchgewachsene Baumarten werden von Lawinen geknickt oder ausgerissen. In entstehenden Freiflächen kommt erneut Latschenverjüngung an.

● Lawinenrand-Standorte und geschützte Standorte

Bereits in der Verjüngungsphase kommen in der Waldstufe Baumarten an, die durch rasches Höhenwachstum und beschattende Konkurrenz die Latschengruppe auflockern. Nach Überwachsen der Pionierart und weiterem Ankommen von Schlußbaumarten fällt die Latsche zunehmend aus. Einzelne Entwicklungsreste in Lücken wachsen als gering benadelte, vergeilte „Hungertypen“ und sterben langsam ab. Die baumartenreichere Terminalphase des Latschenpionierstadiums entwickelt sich weiter zu plenterartigen, latschenreichen Übergangsstadien, und schließlich nach Höhenlage zu den geschlossenen Fichten- und Fichten-Tannen-(Buchen-)Schlußwäldern.

7. Wuchsleistung und Wuchsentwicklung (Abb. 14)

Charakteristisch für Latschenbestände sind:

- maximale Gesamtwuchsleistung (8—12 m Länge, 20 cm \varnothing) an der Waldgrenze auf feuchtem Klimaxstandort; größte Holzmasse unterirdisch.
- höherer Durchmesserzuwachs bei generativen Individuen im Einzelstand
- höherer Längenzuwachs bei vegetativen Pflanzen durch Zuwachsimpulse vom Klonbildner
- maximale Zuwächse mit früher Kulmination auf Lawinenkegeln
- wiederholte Zuwachskulmination bei vegetativen Individuen entsprechend der abschnittweisen Bewurzelung
- hohes Alter (generativ bis 250 Jahre) in Hochlagen und auf Extremstandorten, niedriges Höchstalter (ca. 150 Jahre) in Tieflagen auf wüchsigen Standorten durch Weirringigkeit und erleichtertem Schneeschimmelpilzbefall. Nachweisbarkeitsgrenze bei selbständigen Hauptästen 210 (240) Jahre. Die gesamte biologische Lebensdauer einer einst generativ entstandenen und dann mehrfach vegetativ verjüngten Latsche kann daher ununterbrochen über 1000 Jahre betragen.

	Klimax-Typ		Dauergesellschafts-Typ		Ersatzgesellschafts-Typ
	A	B	A	B	nur A
<i>Höchstalter/</i> Nachweisbarkeitsgrenze (Jahre)	212	180	235 (250)	210 (240)	120—150
<i>max. Länge</i> (m)	8—12		<8		<8
<i>max. φ</i> (cm)	28	20	27/23	18	
durchschnittlicher jährlicher <i>Radialzuwachs</i> (mm)	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5
durchschnittlicher jährlicher <i>Längenzuwachs</i> (cm)	2,7	4,5	2,5	3,0	7,0
von—bis	0,5—10,0		0,5—6,0		—20

8. Rückgang der Latschenbuschwaldgrenze

8.1 Physiognomie der aktuellen Buschwaldgrenze (Abb. 15)

An der linienhaften Buschwaldgrenze (2000 m) auf Kalksteinbraunlehm und Tangelhumus-Rendzinen fällt eine extrem hohe Zahl toter (Astspitze meist abgebrochen) und gering benadelter Latschen auf; meist nur 1—2 Nadeljahrgänge. Die Obergrenze geht flächig zurück (vereinzelt Absterben auch an tieferen Felsköpfen und auf Schuttreissen); ebenso in Oberlagen. Ein Streifen von Gebüschleichen und deren Resten (bis 50 m über den rückgängigen Gebüsch) zeugen von einer einst höheren Buschwaldgrenze. Von dem in der Alpenvereinskarte (Ausgabe 1981) kartierten Besatnd im Vogelkar (bis 2200 m), einem lokalklimatisch begünstigten Sonderstandort, fehlen nahezu alle Spuren.

Karwendeltal:

● bedingt klimatische Latschengrenze:

- 1980—2030 m, S
- 2050—2100 m, W
- 1950—2000 m, N

Nachbargebiete:

● klimabedingte Latschengrenzen, Südseiten

2000—2060 m, Brunnstein-Sp.

2100—2180 m, Pleisen-Sp.

2200—2300 m, Hinterautal

2100—2150 m, Nordkette

Aufnahmen Schichten (Klimax-Typ: Abb. 15, 1980 m; 2000 m; 1970 m) und *Hochkar* (Schuttreissen-Typ: 1890 m): Fast alle generativen Latschen älter als 60 Jahre (stärker als 6 cm, länger als 150 cm). Tot oder stark geschädigt sind vor allem Einzelbüsche und Äste der oberen und seitlichen Bestandes(Gebüsch-)ränder; 65—70 Prozent der Initialpflanzen sind tot, annähernd 30 Prozent gering vital, nur 5 Prozent vital. Auf ansamungsgünstigen Kleinststandorten ist keine Latschenansamung feststellbar. Vegetative Verjüngung erfolgt in Gebüschgruppen, kann aber nur wenig zur Ausbreitung von Pioniergebüschern und Beständen beitragen. Häufig sind randliche Ablegeräste abgestorben.

8.2 Beurteilung der Faktoren

Auflösung des Latschenfeldes im Vogelkar (bis 2200 m), Fehlen von jüngeren Latschen und gene-

rativer Verjüngung deuten auch auf Nachwirkungen von Klimaverschlechterungen (Gletschervorstöße im 17., 18. und 19. Jahrhundert) hin. KRAL (1971) stellte am Dachstein ein Lückigwerden der primären Latschenstufe fest und MAYER-KÖSTLER (1970) dokumentierte die Auflösung abgelegener Latschenfelder im Berchtesgadener Land (z. T. anthropogen verursacht; Beginn vor ca. 150 Jahren). Ungeklärt bleibt die lokale Beschränkung im Karwendel und die ausbleibende, seit 1930 am Dachstein beobachtete (BAUER 1958) Vegetationsverbesserung.

Hinweise auf eine vermutete Insektenkalamität (Diprionidae) konnten auch von SCHWANNINGER (Diplomand des Forstentomologie-Forstschutz-Institutes) nicht gefunden werden. Bei einigen (vor allem abgestorbenen) Ästen war die Schadensursache nicht klar. Prof. Dr. E. FÜHRER stellte an repräsentativen Latschenästen akute Gamsverbißschäden fest (untypisches Schadbild durch Abäsen von Nadelspitzen und Austreiben belassener Knospen). Die akuten Verbißschäden als Folge extremer Gamswildbestände führen zur Schwächung und konzentriert zum Absterben von Initialpflanzen und Ablegern. Natürliche Komponenten sind durch anthropogen-zoogene Faktoren kaum trennbar überlagert. Zur exakten Klärung sind Pollenanalysen und umfassendere Arbeiten im gesamten Karwendel unerlässlich (Oberbayern, Südtirol).

Zusammenfassung

Im niederschlagsreichen randalpinen Karwendeltal bilden Latschenbestände dauerwirksame Bodenschutzwälder. Die stabilen Strukturen sind durch Widerstandsfähigkeit der Latsche, generative und überwiegende vegetative Verjüngung sowie negatives soziologisches Umsetzen rückgängiger Individuen bedingt. Zur einwandfreien Analyse mußten

generativ angekommene Latschen (Höchstalter ca. 250 Jahre) und vegetativ entstandene (Ablegeräste sowie selbständige Hauptäste, Nachweisbarkeitsgrenze 210 Jahre) getrennt werden. Aufbau, Struktur und Entwicklungsdynamik beeinflussen Bodenreifegrad, Katastrophendisposition, Wuchsentwicklung (-form) und Verjüngungsart.

Die Dynamik der Latschen-Klimaxgesellschaft wird von der vegetativen Verjüngung geprägt, generative Verjüngung kommt ergänzend auf mosaikartig verteilten initialen Standorten an. In Latschen-Dauer- und Ersatzgesellschaften ist zwar sekundäre Ablegerbildung möglich, die generative Verjüngung dominiert jedoch durch zyklische Aktivierung (Überschotterung, Lawinen), oder tritt plenterartig bei geringer Boden-Vegetationsentwicklung und herabgesetztem Schlußvermögen auf. Die progressive Entwicklung von Latschen-Waldersatzgesellschaften zu Schlußwäldern hängt vom Lawineneinfluß ab. Der flächige Rückgang der Latschenbuschwaldgrenze (2000 m) kann durch Nachwirkungen von Klimaverschlechterungen im 18. und 19. Jahrhundert bedingt sein. Akute Gamsverbißschäden überlagern andere Komponenten nahezu unkenntlich. Eine ausführliche Darstellung unter Einbeziehung Südtiroler Aufnahmen mit Schlußfolgerungen für die Schutzwaldpflege wird vorbereitet.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Johann Hafenscherer
Prof. Dr. Dr. h. c. Hannes Mayer
Institut für Waldbau
Universität für Bodenkultur

Peter-Jordan-Straße 70
A-1190 Wien

Literaturverzeichnis:

- Aichinger, E.: Fichtenwald, Latschenbestand und Bürstling im Karawankengebiet und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Carinthia Sonderheft 1930.
- Aichinger, E.: Grundzüge der forstlichen Vegetationskunde. Berichte d. Fw. Arbeitsgemeinschaft Boku Wien 1949.
- Ampperer, O. u. Th. Ohnesorge: Geologische Spezial-Karte der Republik Österreich (Blatt Innsbruck-Achensee), Erläuterungen. Geologische Bundesanstalt, Wien 1924.
- Anich, P. u. B. Huber: Atlas Tyrolensis 1774.
- Bauer, F.: Vegetationsveränderungen im Dachsteingebiet zwischen 1800 und 1950. CGFW 75, 1958.
- Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziologie. 3. Aufl. 1964, Wien-New York.
- Feldner, R.: Stellungnahme zur Fütterung des Rotwildes im Coburg'schen Reviereteil Karwendeltal. Manuskript 1981.
- Finsterwalder, K.: Was Karwendelnamen erzählen. M-DÖAV 56, 1934.
- Fischer, G.: Schutzwaldanalyse im Karwendeltal. Diplomarbeit, Waldbau-Institut, Boku Wien 1985.
- Grabherr, W.: Der Einfluß des Feuers auf die Wälder Tirols. CGFW 60, 1934.
- Grabherr, W.: Die Dynamik der Brandflächen auf Kalk und Dolomitböden des Karwendels. Beih. Bot. Cb. 1,2, 1936.
- Grabherr, W.: Umgestaltung des Krummholzes und Bannwaldgürtels am Karwendel-Südhang durch Waldbrände. M-DÖAV 5, 1936.
- Grabherr, W.: Legföhrenwälder am Bettelwurf bei Hall in Tirol. V-MFI 1946/49.
- Grembichl, J.: Der Legföhrenwald. Prog. Gymnasium Hall. 1893.
- Hegi, G.: Alpenflora. 5. Aufl. 1922, München.
- Heissel, G.: Eine geologische Neuaufnahme des Karwendelgebirges. Diss. Univ. Innsbruck 1977.
- Jahn, E., F. Koller u. W. Schedl: Zum Auftreten von *Diprion pini* (L.) in einer Extremlage bei Schönwies, Tirol. Ber. nat.-med. V. Innsbruck, 67, 1980.
- Köpf, R.: Untersuchung der Nichtwaldvegetation im Coburg'schen Reviereteil Karwendeltal. Manuskript 1982.
- Köstler, J., N. u. H. Mayer: Waldgrenzen im Berchtesgadener Land. JB-VZSCH 35, 1970.
- Kral, F.: Pollenanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte des Dachsteinmassivs. VWI-BOKU, Wien 1971.
- Kuoch, R. u. R. Amiet: Verjüngung im Bereich der oberen Waldgrenze der Alpen. M-SAFV 46, 1970.
- Lammernayer, L.: Legföhrenwald und Grünlerengebüsch. Denkschrift Akad. Wiss. Wien 97, 1919.
- Leibundgut, H.: Zweck und Methodik der Strukturuntersuchungen. SZFW 110, 1959.
- Mayer, H.: Die Wälder des Ostalpenraumes. Stuttgart 1974.
- Mayer, H.: Gebirgswaldbau-Schutzwaldpflege. Stuttgart 1976.
- Mayer, H.: Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Stuttgart 1977.
- Mayer, H.: Wälder Europas. Stuttgart 1984.
- Mayer, H., B. Schlesinger u. K. Thiele: Dynamik der Waldentstehung und Waldzerstörung auf den Dolomit-Schuttflächen im Wimbachgries (Berchtesgadener Kalkalpen). JB-VZSCH 32, 1967.
- Oberrauch, H.: Tirols Wald und Waidwerk. Ein Beitrag zur Forst- und Jagdgeschichte. Schlern Schriften, Innsbruck 1952.
- Rubli, D.: Waldbauliche Untersuchungen in Grünlerenbeständen. Diss. ETH-Zürich, Beih. SZFW 56, 1976.
- Scharfetter, R.: Das Pflanzenleben der Ostalpen. Wien 1938.
- Schröter, C.: Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1908.
- Schwerdtfeger, F.: Die Waldkrankheiten. 4. Aufl. 1981, Hamburg-Berlin.
- Stolz, O.: Geschichtskunde des Karwendelgebietes. Sonderdruck ZDÖAV 1935, 1936, 1937. Stuttgart 1937.
- Vareschi, V.: Die Gehölztypen des obersten Isartales. Ber. nat.-med. V. Innsbruck 42, 1931.
- Vareschi, V.: Waldtyp und Waldassoziation in den Bergwäldern des obersten Isartales. SZFW 60, 1934.
- Vierhapper, F.: Zur Kenntnis der Verbreitung der Bergkiefer (*Pinus montana*) in den österreichischen Zentralalpen. ÖBot. Z 9/10, 1914.
- Vierhapper, F.: Zirbe und Bergkiefer in unseren Alpen. II. Verbreitungsverhältnisse. ZDÖAV 1916.
- Wessely, J.: Die österreichischen Alpenländer und ihre Forste. 1. Teil. Wien 1853.

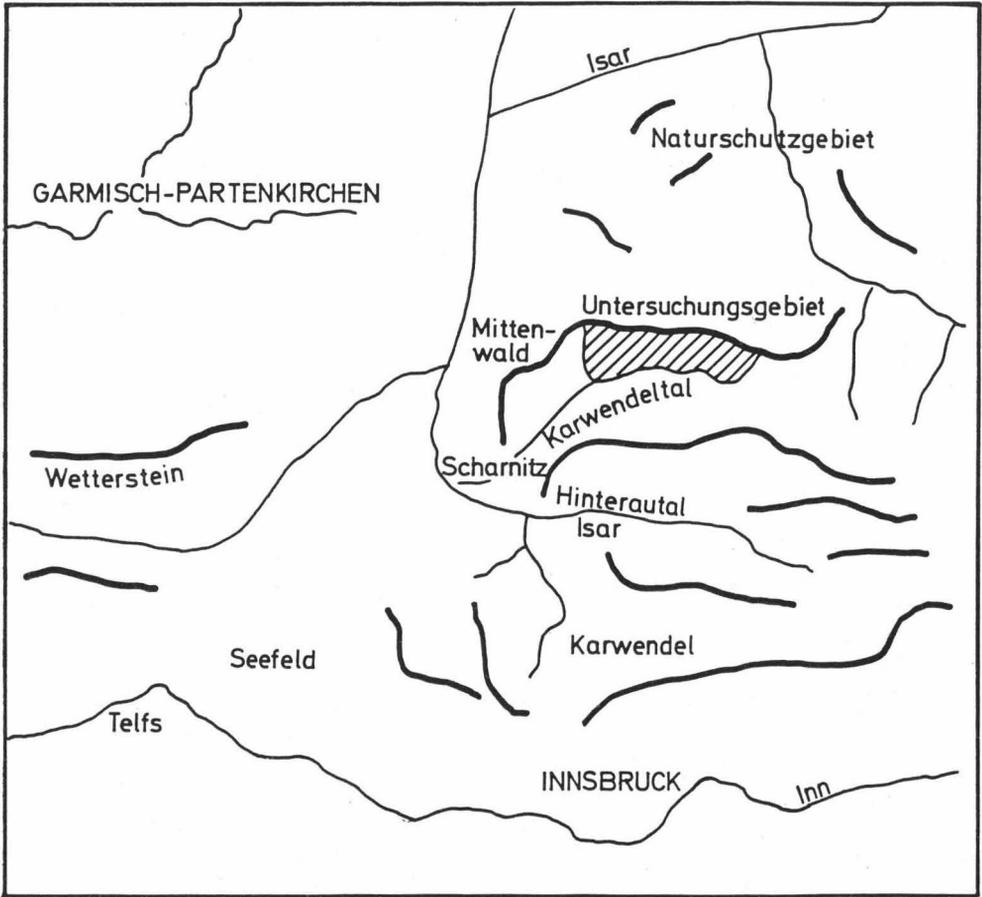


Abb. 1 Lage des Untersuchungsgebietes

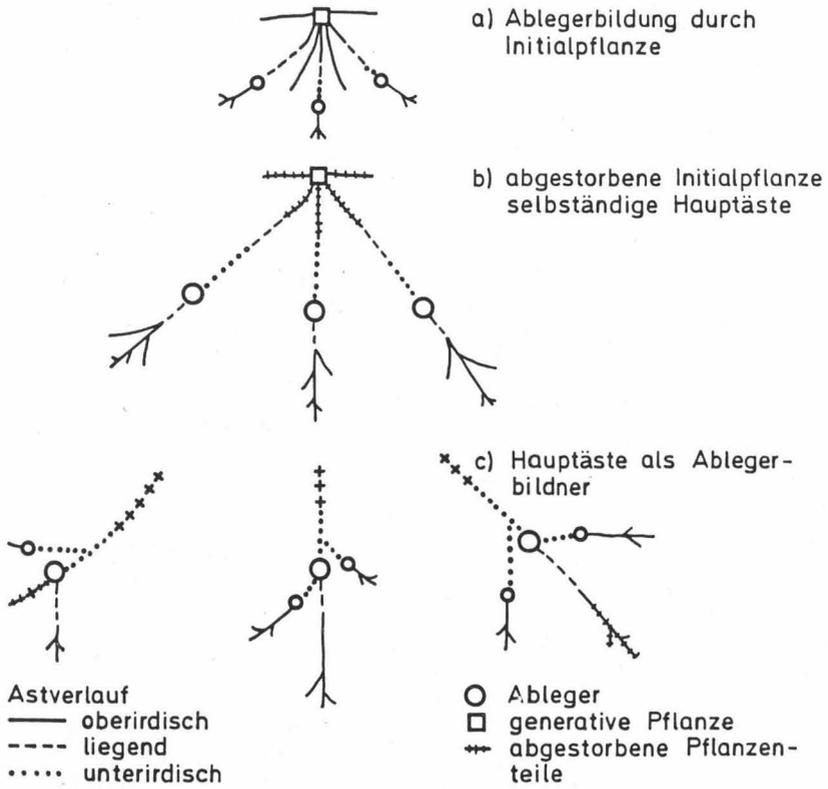
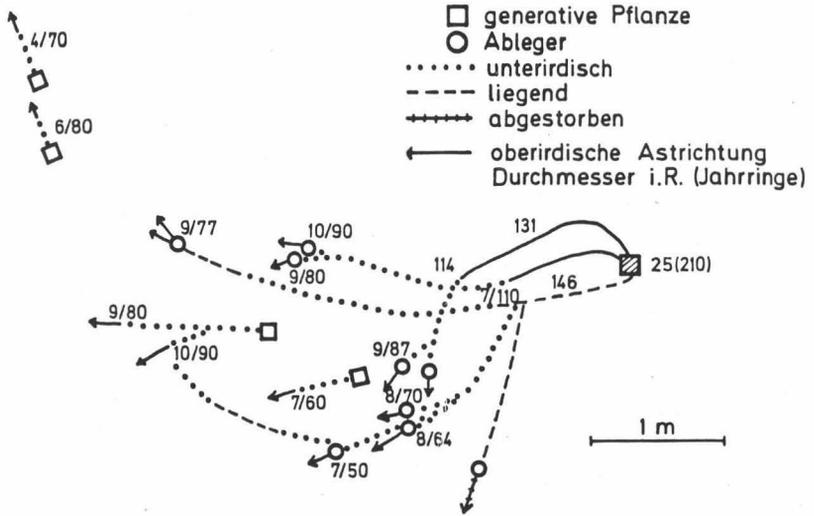


Abb. 2 Vereinfachte Darstellung der vegetativen Entwicklung

Ablegerbildung durch generative Initialpflanze
(Schuttreissen-Typ).



Ablegerbildung durch selbständige Hauptäste
(Klimax-Typ)

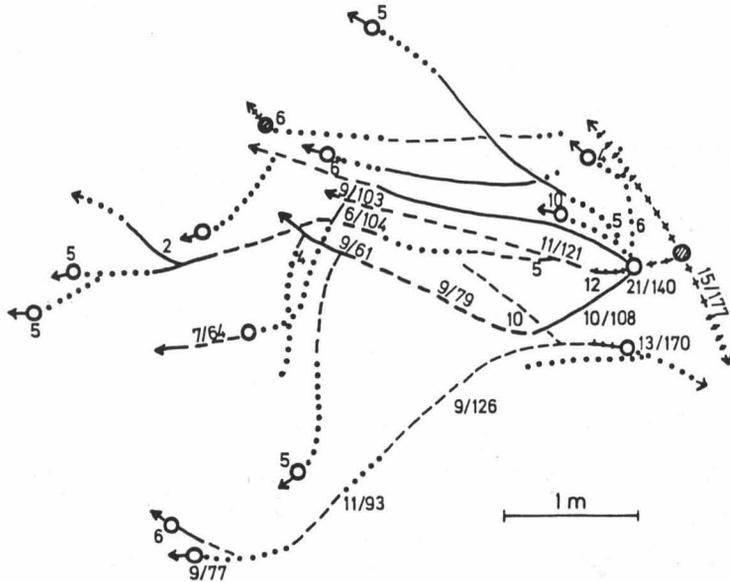
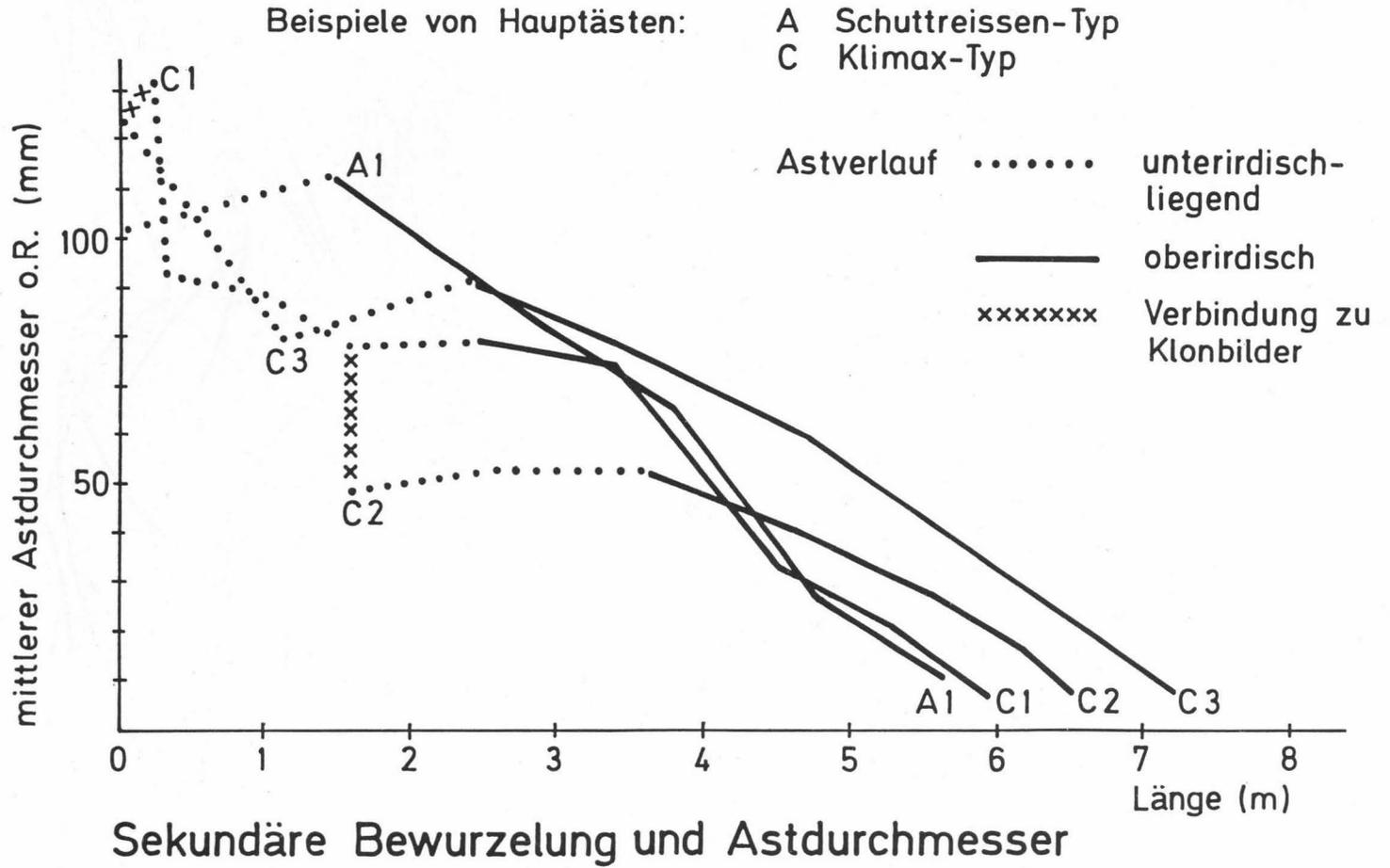


Abb. 3 Vegetative Verjüngung, Ablegerbildung durch generative Initialpflanzen (Schuttreissen-Typ) und durch selbständige Hauptäste (Klimax-Typ)



Klimax-Typ, Vegetative Phase. Schlichten, 1950 m, SW

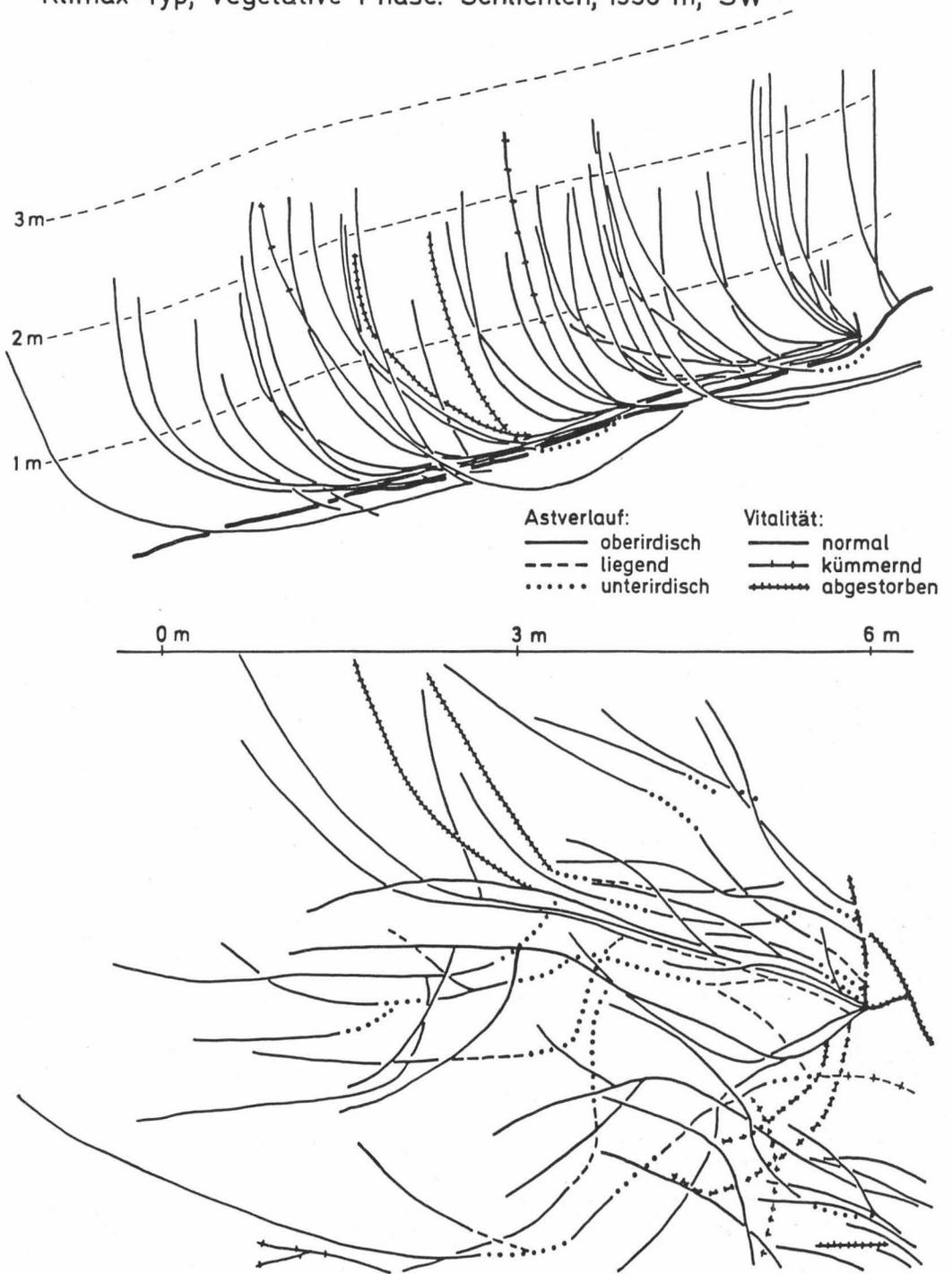


Abb. 5 Klimax-Typ, Vegetative Phase, Schlichten 1950 m, SW

Schuttreissen-Typ, Initialphase
Großkar, 1525 m, SSW

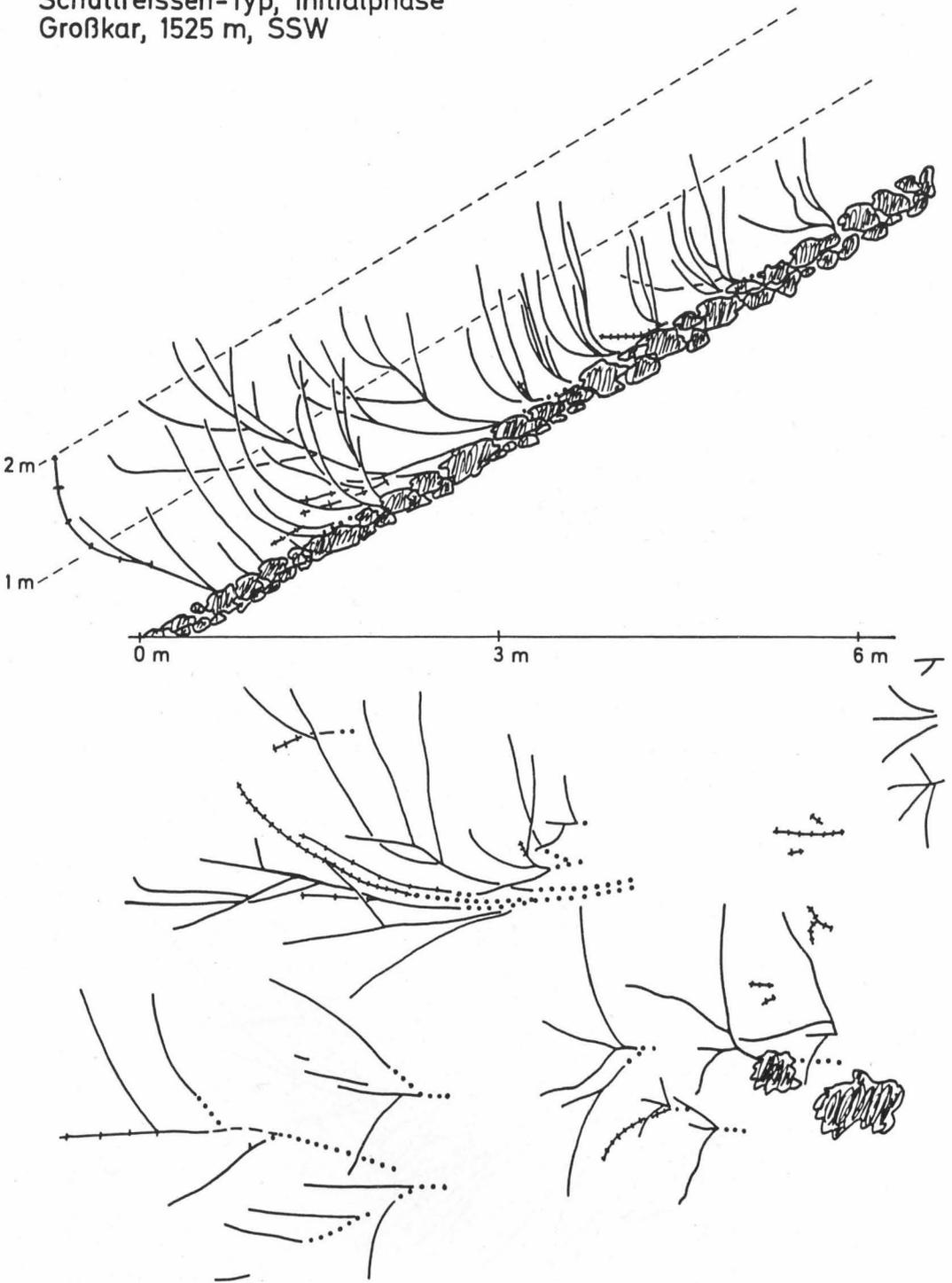


Abb. 6 Schuttreissen-Typ, Initialphase, Großkar 1525 m, SW

Schuttreissen-Typ, Übergangsphase
Hochkar, 1775 m, SSO

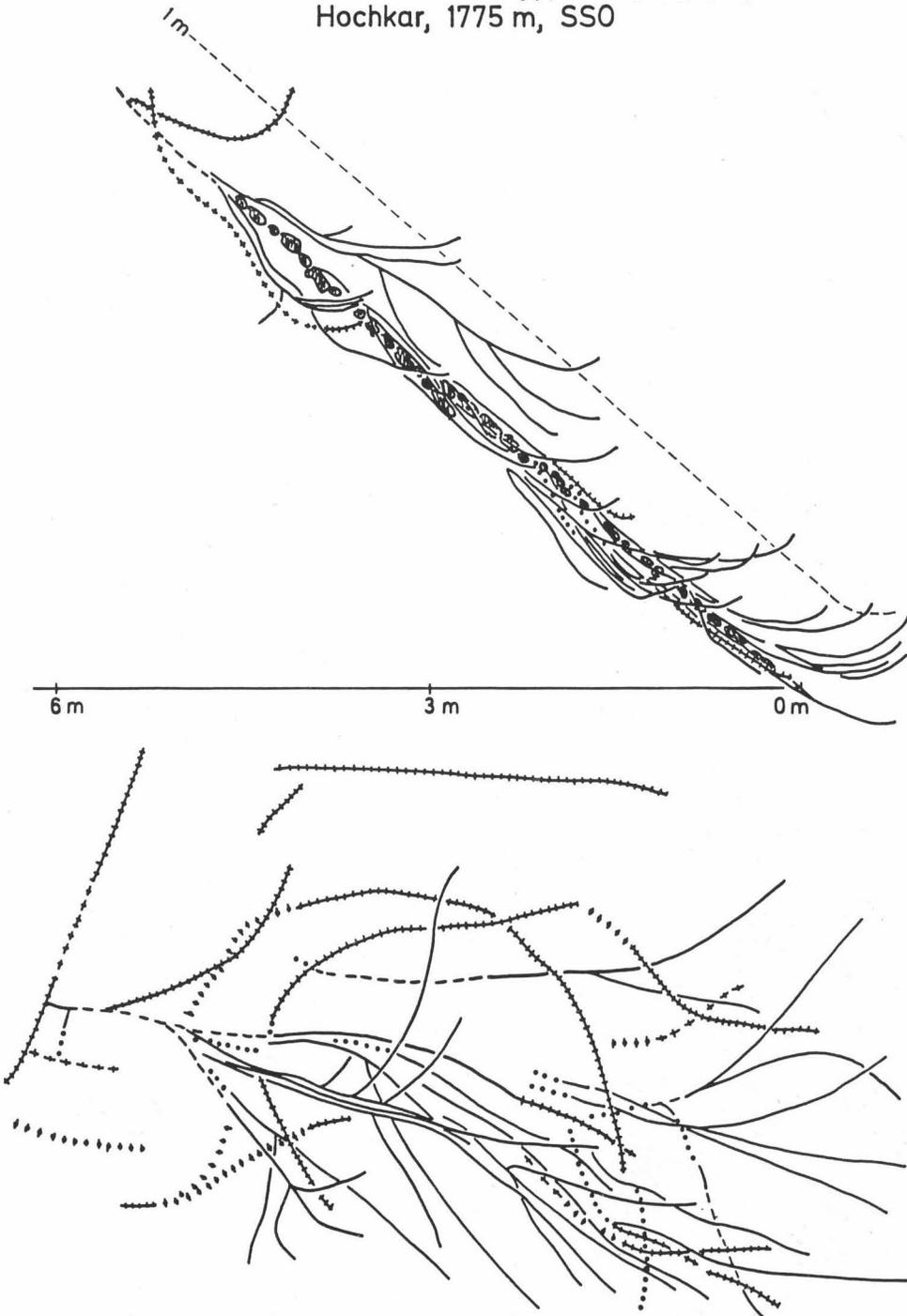
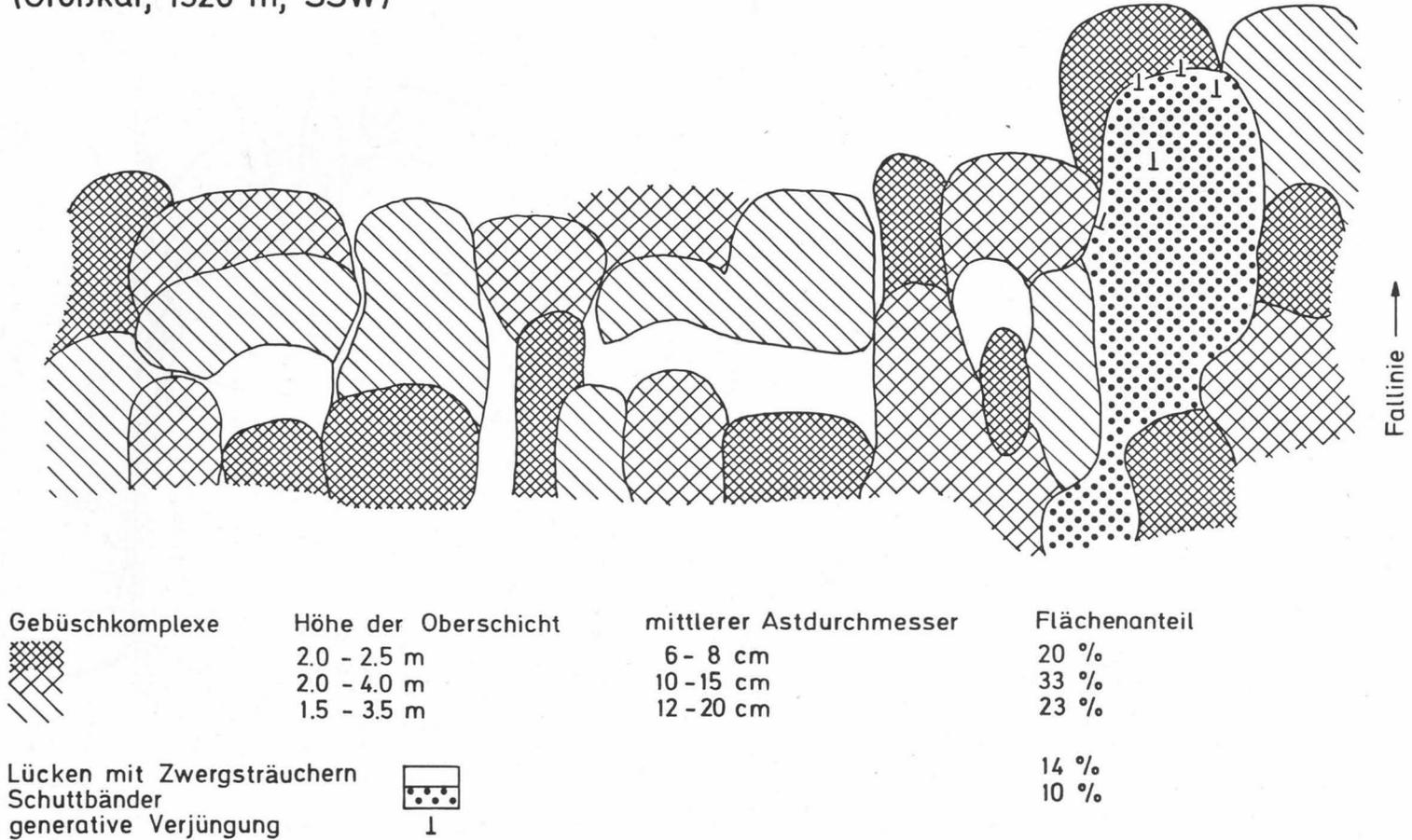


Abb. 7 Schuttreissen-Typ, Übergangsphase, Hochkar 1775 m, SSW

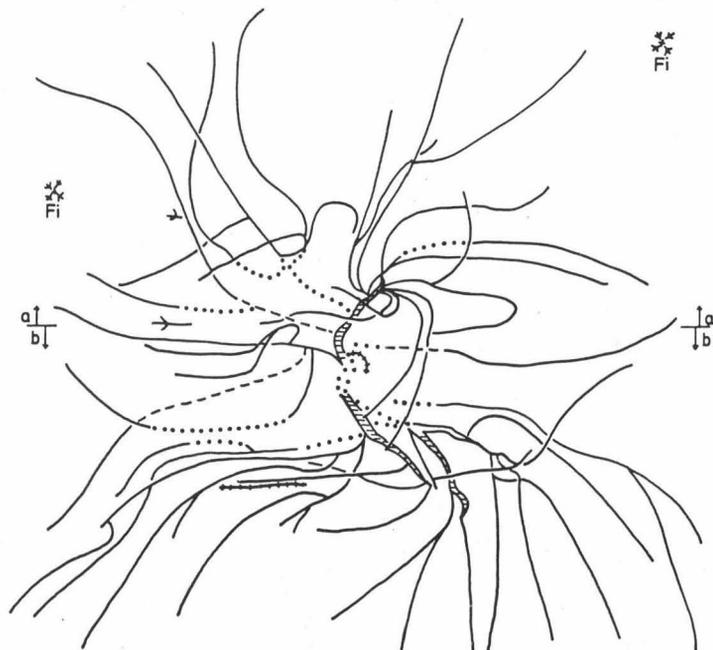
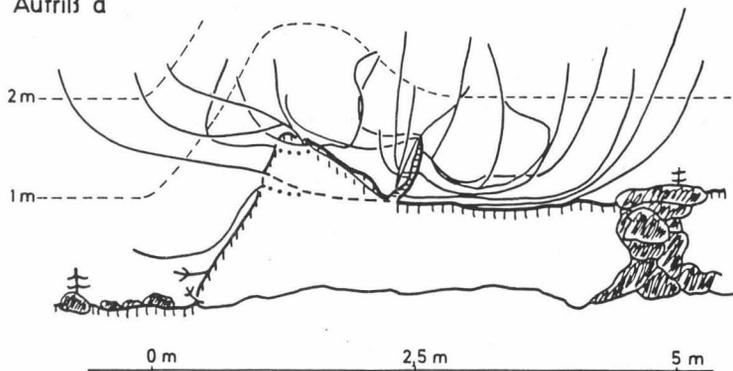
Mosaikartiger Aufbau eines Schuttreissenbestandes (Großkar, 1520 m, SSW)

Abb. 8 Mosaikartiger Aufbau eines Schuttreissenbestandes (Großkar 1520 m, SSW)



Grobblock-Typ, Initiales Latschenstadium. Schafstallboden, 1190 m

Aufriß a



Aufriß b

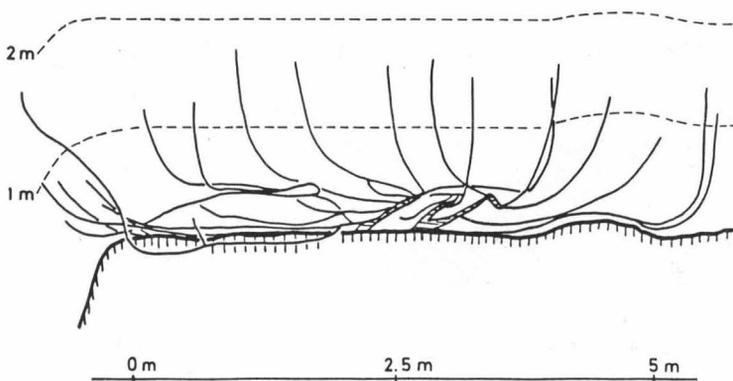


Abb. 9 Grobblock-Typ, initiales Latschenstadium, Schafstallboden 1190 m

Zerstörung einer Endphase durch Steinschlag.
Schuttreissen-Typ, Großkar, 1675 m, SW

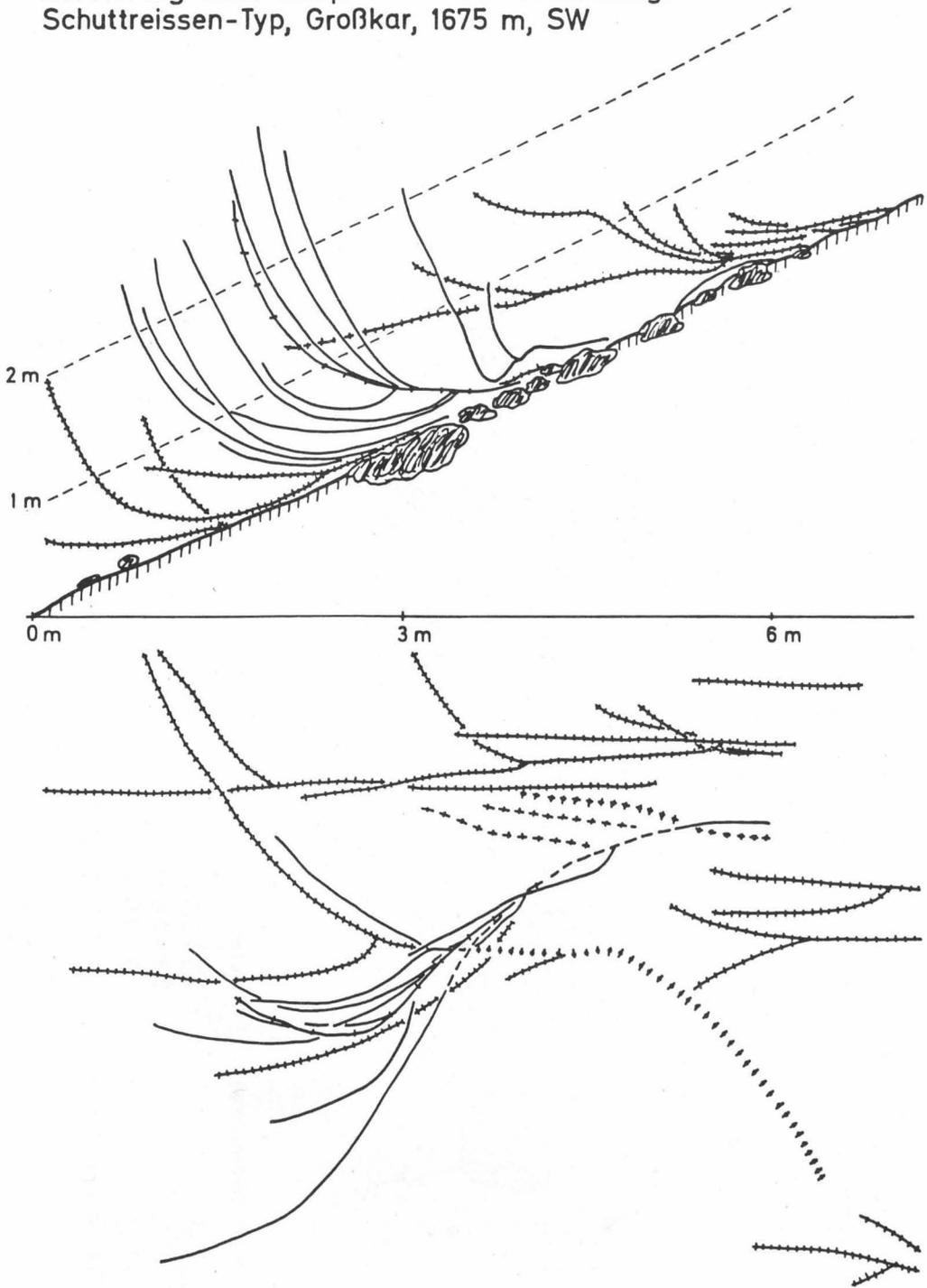
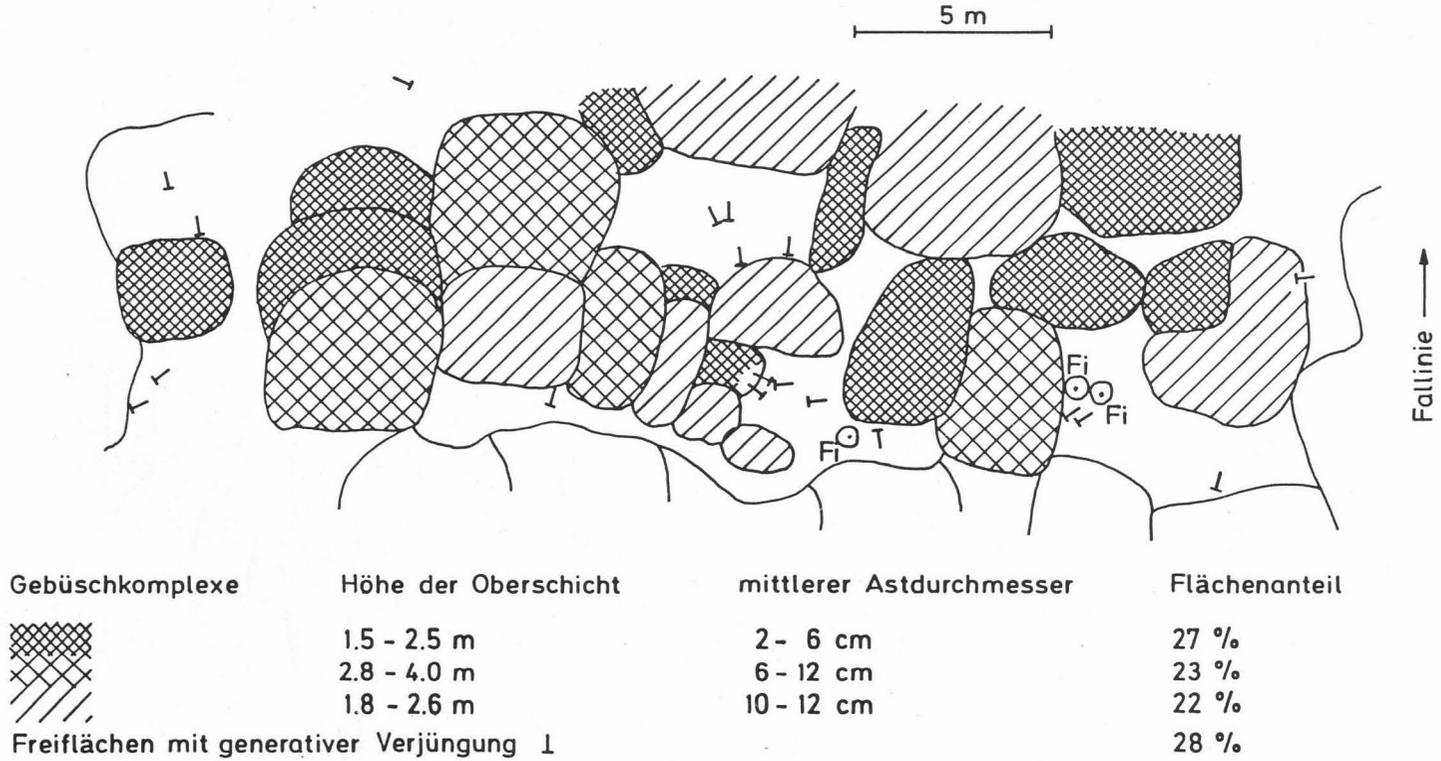


Abb. 10 Zerstörung einer Endphase durch Steinschlag, Schuttreissen-Typ, Großkar 1675 m, SW

Mosaikartiger Aufbau eines Lawinenschuttkegelbestandes (Karwaldreisse, 1230 m, S)



Lawinenkegel-Typ, Verjüngungsphase. Karwaldreise, 1220 m, S

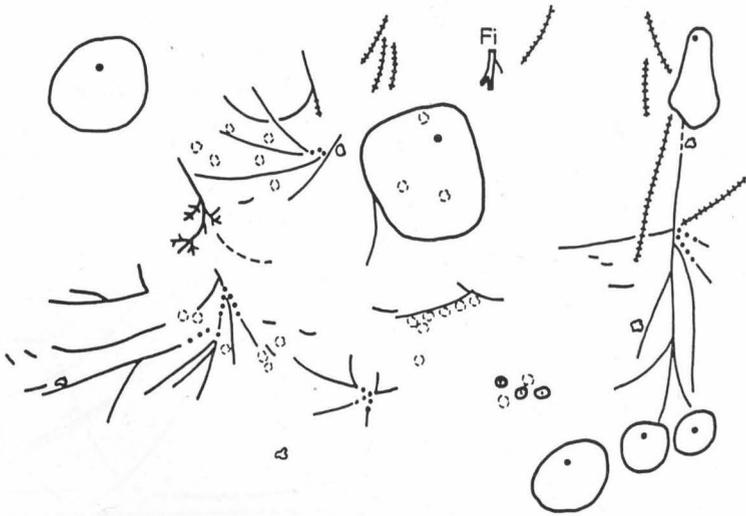
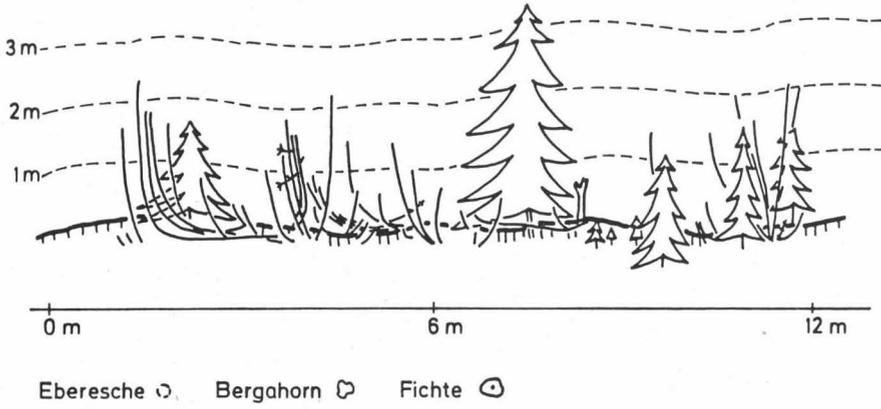


Abb. 12 Lawinenkegel-Typ, Verjüngungsphase, Karwaldreise 1235 m, S

Lawinenkegel-Typ, Optimalphase
Karwaldreise, 1235 m, S

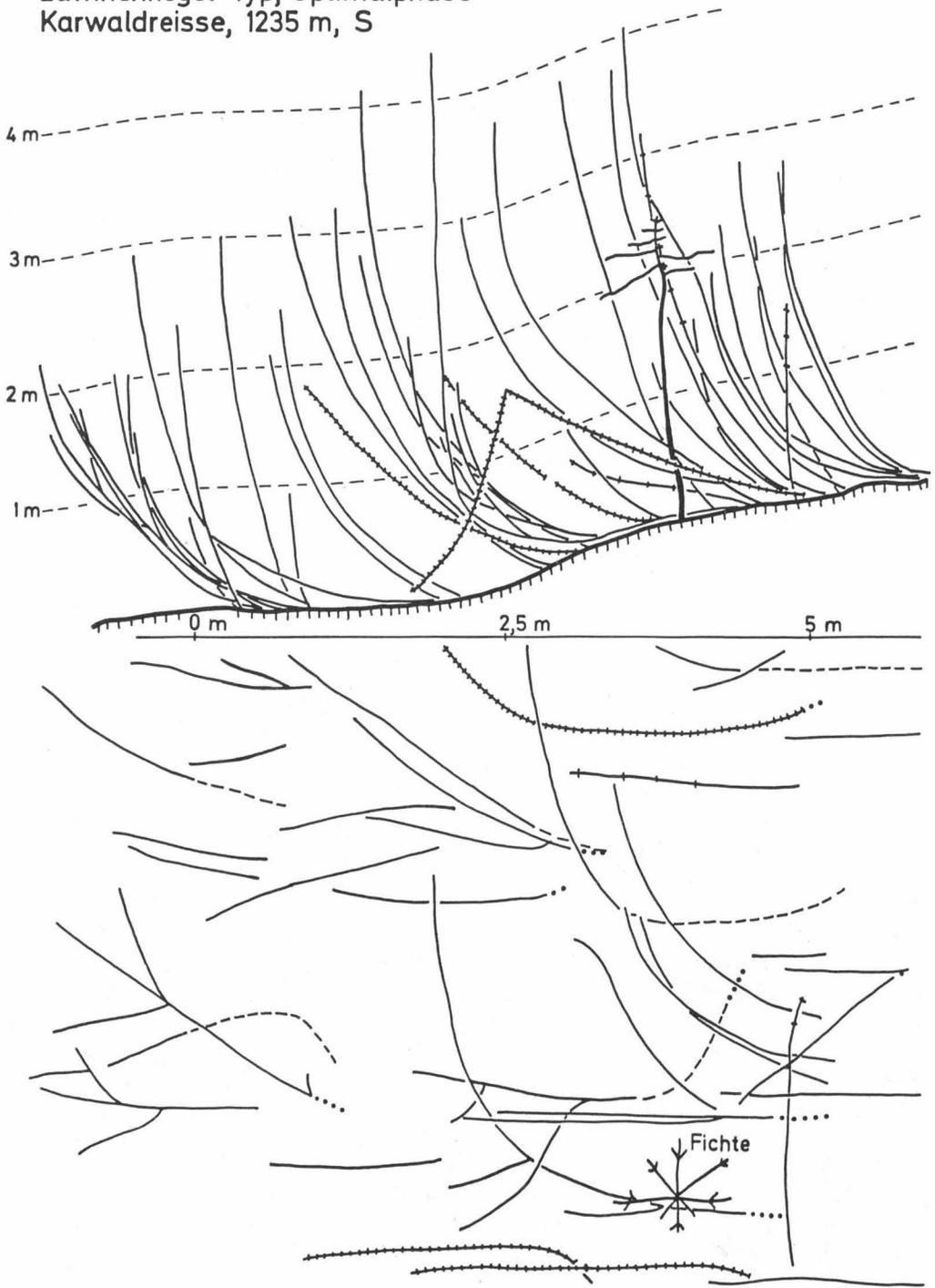


Abb. 13 Lawinenkegel-Typ, Optimalphase, Karwaldreise 1235 m, S

Klimax-Typ

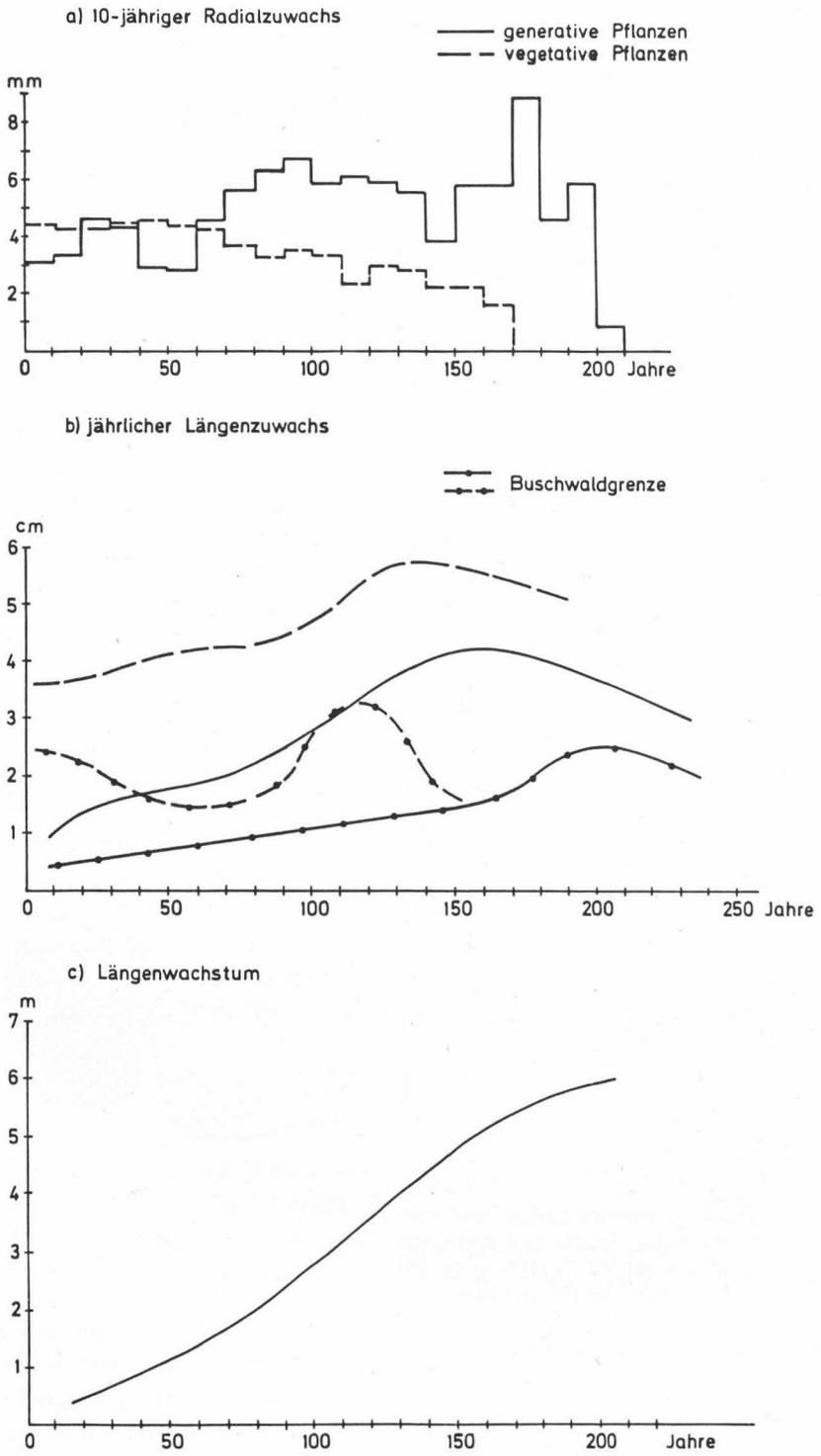
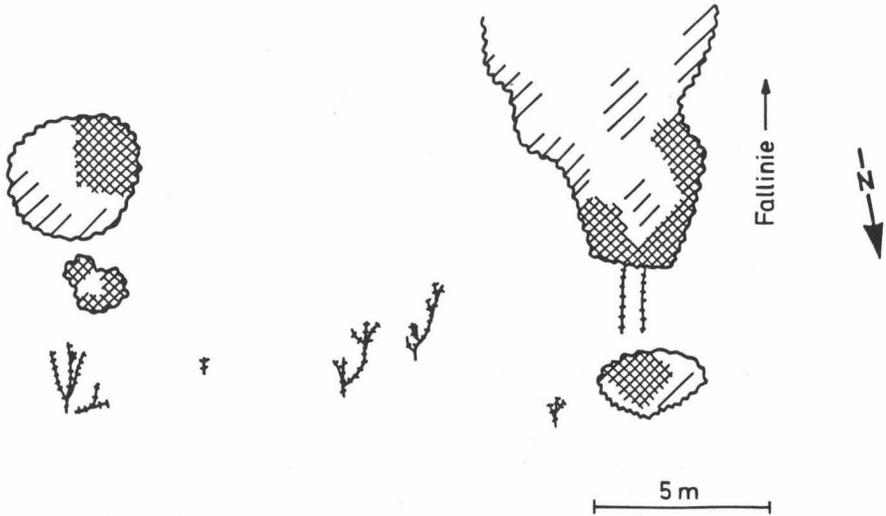


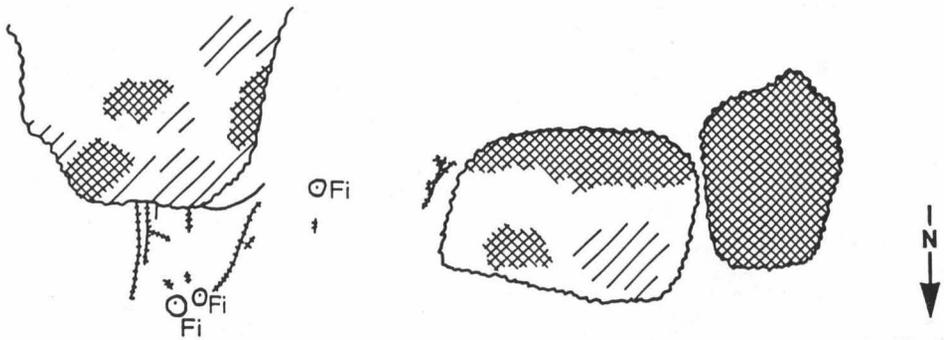
Abb. 14 Wuchsleistung von generativen und vegetativen Individuen beim Klimax-Typ

Buschwaldgrenze

a) Vordere Schichten, 1980 m, S



b) Hintere Schichten, 2000 m, S



-  Latschengebüsche
-  über 50 % der Äste tot
-  über 90 % der Äste tot
-  tote Gebüschreste

Abb. 15 Buschwaldgrenze, vordere (1980 m) und hintere (2000 m) Schichten

Wald und Lawinen im Stubaital/Tirol

von *Regine Blättler*

Geschlossener, ungleichaltriger und bis zur natürlichen oberen Waldgrenze reichender Gebirgswald ist der beste und billigste Schutz vor Lawinen.

Dieser natürliche Lawinenschutz wurde im Laufe der Jahrhunderte durch Eingriffe des Menschen vielerorts stark beeinträchtigt. Auch im Tiroler Stubaital bei Innsbruck führte jahrhundertelange Übernutzung zu einem drastischen Waldflächenrückgang. Zudem wirken sich Waldweide, zu hohe Wilddichte und zunehmender Fremdenverkehr so nachteilig auf die Wälder des Stubaitales aus, daß das Schutzwaldgefüge lokal bereits mehr oder weniger gefährdet ist. Gesunder Jungwuchs, der früher den Schutzgrad künftiger Wälder sicherstellte, hat kaum mehr eine Chance hochzukommen. Ein Ausweiten des Waldsterbens wird den Zerfall der Schutzwälder rapid beschleunigen.

Die zunehmende Verlichtung der Wälder hat zur Folge, daß sich die Wildbach- und Lawinengefahrenflächen immer weiter ausdehnen und Schutzmaßnahmen unumgänglich machen.

Was es kostet, den verlorengegangenen Schutz des Bergwaldes zu ersetzen und eine weitere Gefährdung und Einengung des ohnehin schon knappen Siedlungsraumes zu verhindern, sollen

zwei Verbaunungsprojekte aus dem Hinteren Stubaital verdeutlichen.

In Anbetracht der lokal bereits kritischen Schutzwaldsituation sind folgende Maßnahmen zum Erhalt bzw. zur Wiederherstellung des Bergwaldes unumgänglich:

- Verminderung der Schadstoffbelastung
- Nachhaltige Lösung der Wildfrage
- Konsequente Trennung von Wald und Weide
- Unterlassen erosionsfördernder und schutztechnisch kritischer Baumaßnahmen
- Vermeiden großflächiger Waldverluste
- Aufforstung der Hochlagen
- Waldsanierung
- Pflanzen von schnellwüchsigen Pioniergehölzen

Ohne kurzfristige Übergangsmaßnahmen und langfristige Sanierung würde zunehmender Ausfall der Schutzfunktion zur drastischen Ausweitung der Gefahrenflächen führen. Auf diesen abbrechende Lawinen hätten eine immer stärkere Einengung des Lebensraumes innerhalb des Tales zur Folge. Dies würde früher oder später in der totalen Unbewohnbarkeit enden, da niemand die immensen Kosten, die eine Verbaunung des ganzen Tales mit sich brächte, aufbringen könnte.

„Ohne Wald ist Leben im Bergland nicht möglich.“

Auszüge einer bisher unveröffentlichten Diplomarbeit am Geographischen Institut der Julius-Maximilians-Universität Würzburg im Jahre 1984.

Waldgeschichte und Besiedlungsgang des Stubaitales

Die Anfänge der Ausbeutung der Stubai Wälder fallen bereits in die rätoromanische Zeit. Die damalige Bevölkerung des Tales bestritt ihren Lebensunterhalt neben geringem Ackerbau vor allem durch Viehzucht, welche die Siedler auf der Suche nach guten Weiden bis in die von Natur aus waldärmeren Regionen des Hinteren Stubaitales führte (WERNER 1981, RUBATSCHER 1969). Dabei wurden Waldlichtungen und schütter bewaldete Regionen als Weiden bzw. Waldweiden von zahlreichen Almen genutzt.

Nach Niederlassung der Bajuwaren um die zweite Hälfte des 6. Jahrhunderts reichte der vorhandene Kulturboden bald nicht mehr aus und neues Acker- und vor allem Weideland wurde mittels Brandrodung geschaffen. Auf diese Weise schoben sich Äcker, Höfe, Almen und Wiesen immer weiter auf siedlungsfeindliche Plätze vor, wo Lawinen, Murgänge u. a. m. eine ständige Bedrohung für Mensch und Vieh darstellten. Mitte des 13. Jahrhunderts erreichte die Rodungskolonisation des Hochmittelalters ihren Höhepunkt. Im Stubaital hatten die Dauersiedlungen, in erster Linie die sogenannten Schwaighöfe, grundherrschaftliche Viehhöfe mit z. T. hohen Viehbeständen, den heutigen Höhengürtel bei weitem überschritten. Ein Großteil dieser „Schwaigen“ (z. B. Falbeson, Kartnall; vgl. Karte 1) verlor mit der Zeit, meist noch während des 14. Jahrhunderts, wegen Klima- und Bodenungunst ihren Charakter als selbständige Dauersiedlungen und wurden in Zugüter, hauptsächlich aber in Almen umgewandelt, die ihren Eigenbedarf an Bau-, Brenn-, Zaun- und Zeugholz ebenfalls aus den Wäldern deckten und zusätzlich Streu für den Winter (Streunutzung) entnahmen (HUBATSCHER 1950, RUBATSCHER 1969). Neben Almwirtschaft und Viehzucht führten in erster Linie die Kahlschläge im Auftrag der Saline zu Hall und der Holzbedarf der im Stubaital ansässigen Schmiedewerke dazu, daß die Waldgrenze immer weiter sank.

Innerhalb weniger Jahrhunderte nahm dadurch die Lawinengefahr derart zu, daß bereits 1576

eine Order bestand, den Wald in Lawinengebieten zu schützen und die Waldweide in diesen Bereichen zu unterlassen (STERN 1966). Unverminderter Holzeinschlag und ständiger Jungpflanzenverbiß durch Schafe, Ziegen und Rinder ließen jedoch weiterhin ein natürliches Aufkommen des Waldes nicht zu. Waldbeschreibungen aus den Jahren 1694 und 1774 geben den schlechten Zustand der Wälder, hauptsächlich der orographisch linken Talseite, also der klimatisch begünstigten Sonnseite, wieder: Weidewirtschaft und rücksichtslose Holzentnahme führten hier vielerorts, vor allem aber im Hinteren Stubaital, zu einer flächigen Auflösung der Waldkrone, so daß oft nur mehr einzelne Waldstreifen und -schöpfen übrig blieben.

Unmittelbare Folge der fortgesetzten Entwaldung und damit der Absenkung der Waldgrenze um teilweise 300—500 m war die Zunahme der Wildbach- und Lawinengefahrenflächen, vor allem im Bereich Neustift, um ein Vielfaches. Die immer häufiger hauptsächlich aus ehemaligen Waldgebieten abbrechenden Lawinen führten dazu, daß 1852 die erste und 1885 eine weitere Bannwalderklärung folgte. Der Bannwaldbescheid beschränkte die Bewirtschaftung der Bannwälder um Neustift auf die Aufarbeitung von Schadholz und die Einzelstammentnahme des überhiebsreifen Holzes (MAYER & KAMMERLANDER 1981).

Um die Jahrhundertwende lag die mittlere Waldgrenze nach REISHAUER (1904) bei 1860 m und die Baumgrenze bei 2240 m, wobei REISHAUER aber nicht zwischen Schatt- und Sonnseite unterschied. Die jahrhundertelange starke wirtschaftliche Nutzung ließ jedoch gerade auf der Sonnseite großflächig Wiesen, Mähder und Almflächen an die Stelle des Waldes treten. Dadurch sank die Waldgrenze auf der Sonnseite im allgemeinen wesentlich stärker ab als auf der Schattseite, wo mehrere größere Hangwälder erhalten blieben.

Dieses von REISHAUER beschriebene Waldbild der Jahrhundertwende änderte sich, abgesehen von lokalen Schadeinwirkungen, Aufforstungen und Sanierungsmaßnahmen nur mehr unwesentlich, wie ein Überblick über das derzeitige Waldbild zeigt.

Derzeitiges Waldbild im Stubaital

Größere zusammenhängende Waldflächen existieren, von einigen Ausnahmen abgesehen, praktisch nur noch an den Hängen des Vorderen Stubaitales. In den inneren Talbereichen, bis zum Talschluß bei der Mutterberg Alm (vgl. Karte 1) löst sich die Waldfläche zunehmend auf, bis nur mehr schmale Waldstreifen und kleinere Horste zwischen den deutlich zunehmenden Lawinengassen- und -strichen übrig bleiben.

Die Fläche sämtlicher privater bzw. agrarge-meinschaftlicher Wälder des Tales beläuft sich derzeit auf 9397,87 ha (Stand März 1984 nach Unterlagen der Bezirksforstinspektion Steinach am Brenner) bei einer Gesamtfläche des Tales von 32 632,37 Hektar. Den größten Anteil der Gesamtwaldfläche nehmen, neben reinen Wirtschaftswäldern und sonstigen Flächen (Weide- und unproduktive Flächen innerhalb der Wälder), Bannwälder und Schutzwälder ein, wobei die beiden letzteren im Gegensatz zu den reinen Wirtschaftswäldern direkte Schutzfunktionen (Steinschlag-, Boden- und Lawinenschutz) gegenüber dem Tal- und Lebensraum haben.

Betrachtet man die prozentualen Waldflächenanteile der einzelnen Gemeinden, wird zudem deutlich, daß im äußeren Talbereich neben den Schutzwaldbeständen noch ausgedehnte reine Wirtschaftswälder bestehen, während im hinteren Talbereich die Wirtschaftswaldfläche, bei gleichzeitiger Zunahme der Weide- und unproduktiven Flächen, gegenüber den Schutz- und Bannwaldflächen stark zurückgeht. Das Überwiegen der Schutzwälder im Hinteren Stubaital verdeutlicht die hohe Schutzfunktion des Waldes gegenüber dem Tal- bzw. Lebensraum. Die zunehmende Auflösung der Waldfläche bis hin zum Talschluß hat eine Abnahme des von ihr ausgehenden Schutzes zur Folge und bewirkt bzw. ermöglicht gleichzeitig eine Zunahme der Gefahrenflächen (Ausweitung der Lawinenanbruchsgebiete und Lawinengassen).

Genauere Aussagen über den derzeitigen Zustand und damit Schutzgrad der Wälder im Stubaital lieferte das in den Jahren 1979—1981 von

deutschen und österreichischen Forstfachleuten durchgeführte „Waldinventurprojekt Neustift“. Innerhalb der Gemeindefläche Neustifts wurde auf einer Projektfläche von 1770 ha der Ist-Zustand des Waldes erhoben und analysiert, was u. a. folgendes erbrachte:

- Innerhalb der gesamten Projektfläche besteht aufgrund der jahrhundertelangen Holzentnahme eine regelrechte Baumartenarmut. Nur mehr an felsigen Extremstandorten und teilweise auf der durchwegs steileren Schattseite erhielt sich der natürliche Baumartenaufbau mit Mischbeständen aus Fichte, Lärche und Zirbe (Tanne kommt von Natur aus im Stubaital nicht vor). Die großteils entstandene standortspezifische Entmischung zu Fichtenbeständen, Lärchenwiesen und Zirbenbeständen beeinträchtigt Stabilität und Schutzfunktionsfähigkeit der Wälder.
- Auf rutschgefährdeten Standorten, in Runsen und Lawenstrichen übernehmen zwischen 1000 m und 1800 m Weißerlenbuschwälder Vorwaldfunktion. In ihrem Schutz können andere Baumarten hochkommen. Zwischen 1800 Meter und 2200 m bilden Grünerlen die Waldersatzgesellschaft in Lawenstrichen. Beide Erlenarten sind wertvolle Schutzbaumarten, die Erosion in Lawenstrichen verhindern, aber kein direktes Lawinenschutzholz darstellen (MAYER 1976).
- Die von 1700 m bis 2200 m vielerorts stockenden Latschenbestände bilden nur solange Schutz vor Lawinen, solange sie die Schneedecke durchstoßen. Liegt der Schnee höher, kann die dem Schneegleiten angepasste Wuchsform der Legföhre teilweise die Auslösung von Lawinen begünstigen, so daß nur eine bedingte Schutzfunktion vorliegt.
- Die Schutzfunktionsfähigkeit der Waldbestände ist lokal bereits stark durch geringen Schlußgrad (großer Anteil an Blößen innerhalb der Waldfläche) herabgesetzt. Dabei nimmt von den tieferen, fichtenreichen zu den höheren, zirbenreichen Standorten die Bestandsauflösung zu. Vor allem auf der Sonnseite weiten sich

Blößen und Kahlf lächen, die die Schutzfunktion herabsetzen, mit zunehmender Höhenlage stark aus.

- Die Bestandesvitalität ist noch relativ gut, so daß kurzfristig kein rascher Vitalitätsabfall zu erwarten ist.
- Kurzfristig gesehen besteht noch keine alarmierende Labilität der Bestände, der Schutzwald besitzt noch relativ gute Standfestigkeit.
- Planmäßige Nutzungen werden nur auf der Hälfte der Flächen, mit Schwerpunkt im tieferen, montanen Fichtenwaldbereich, durchgeführt. Im Zirbenwald (bis 2000 m) geht die Nutzungsintensität mit zunehmender Höhenlage bis auf 0% zurück. Lärchenwiesen werden überwiegend durch Einzelstammentnahmen genutzt. Direkt auf Verjüngung und Bestandesstabilisierung ausgerichtete planmäßige Eingriffe erfolgten bisher fast nirgends.
- Werden die Bestände in den Bannwäldern weiterhin sich selbst überlassen, wird die natürliche Entwicklungsdynamik in den nächsten 20 bis 40 Jahren eine gefährliche Überalterung und Vergreisung des Bannwaldes bewirken.

(MAYER & KAMMERLANDER 1981)

Dieser von der Waldinventur für 1770 ha der Gemeinde Neustift erbrachte Ist-Zustand der Wälder ist mehr oder weniger für das gesamte Tal, in erster Linie aber für das Hintere Stubaital ab Neustift anzunehmen. Zusätzlich verschärft wird die Situation durch zunehmende Schadstoffbelastung, unzureichende bis völlig fehlende Waldpflege, schutztechnisch kritische Baumaßnahmen im Zuge des Fremdenverkehrs, zu hohe Wilddichte und nicht zuletzt durch immer noch betriebene Waldweide.

Waldweide und Wildproblem

Im Wald weidendes Vieh (Schafe, Ziegen, Rinder) schädigt durch Verbiß und Tritt junge Pflanzen, wodurch die notwendige Verjüngung des Waldes stark beeinträchtigt wird.

Andauernder Verbiß führt bei Bäumen zu Mißbildungen, nicht selten sogar zu sogenannten „Koll-

erbüschen“. Da das Vieh die jungen Triebe abfrißt, kommt es vor, daß solche „Kollerbüsche“ auch nach 30—40 Jahren nicht höher als 1 m bis 1,3 m sind (HUBATSCHEK 1950, PENZ 1978).

Schon früh erkannte man diese ungünstigen Auswirkungen der Waldweide und versuchte, diese „Geißel des Bergwaldes“ (OBERDORFER 1951) zurückzudrängen, aber nach wie vor hat die Waldweide eine erhebliche agrarwirtschaftliche Bedeutung. Jederzeit können Waldbesitzer, die derzeit keine Waldweide betreiben, wieder auf die Waldweide zurückgreifen, sobald sie es für notwendig halten, da sich am rechtlichen Zustand wenig änderte und der Vieheintrieb in die Wälder bisher nicht ausdrücklich verboten ist.

Im Stubaital ist in den letzten Jahren ein ständiger Rückgang der Waldweide mit Rindern festzustellen. Befanden sich vor 50 Jahren noch bis zu 2000 Rinder auf Waldweide, sind es zur Zeit noch 200—300. Im Gegensatz dazu nimmt die Kleinviehweide mit Schafen (z. Z. ca. 2000) und Ziegen seit etwa 5 Jahren stark zu. Da die Tiere meist ohne Aufsicht bleiben, kommt es häufig vor, daß sie ihre Weidefläche verlassen und im Wald durch Verbiß große Schäden in erster Linie an Fichten verursachen. Noch heute sind im Lehnerwald bei Neustift die Folgen einer Ziegenschälerei (Ziegen schälen die Rinde wie Rotwild) aus den 50er Jahren dieses Jahrhunderts deutlich sichtbar und der Jungwuchsverbiß durch Schafe sowie Rinder ist fast überall im Tal zu beobachten.

Weit ungünstiger noch als die sommerliche Waldweide wirken sich überhöhte Schalenwildbestände auf die Wälder aus. Die Ausrottung des Raubwildes, intensive Hege und Winterfütterung seit ca. 25 Jahren führten im Laufe der letzten Jahrzehnte auch im Stubaital zu einer starken Populationsausweitung bei Reh-, Gams-, vor allem aber bei Rotwild, das durch Winterfütterung erst ins Gebirge „gewöhnnt“ wurde.

Überhöhte Reh- und Rotwildbestände haben im allgemeinen zur Folge, daß durch Verbiß und Fegen vor allem ökologisch und biologisch wertvolle und schutztechnisch wichtige Baumarten wie Tanne, Buche, Bergahorn und Esche ausfallen, Fichten da-

gegen, vom Wild nur im Notfall angenommen, verstärkt hochkommen und so der Mischwaldcharakter verlorengeht. Diese Entstabilisierung bewirkt einen steten Rückgang der Schutzbefähigung des Waldes, der dadurch immer anfälliger gegenüber Lawinen, Erdbeben, Windbruch etc. wird. Neben Reh- und Rotwild gefährdet in höheren Lagen zunehmend das Gamswild die Schutzfunktion des Waldes. Schälschäden mit nachfolgendem Fäulebefall führen vor allem in fichtenreichen Hochlagen dazu, daß sich die Bestände vorzeitig auflösen (MAYER 1976). Zusätzlich verschärft wird diese Situation dadurch, daß in den letzten Jahren vielerorts, so auch im Hinteren Stubaital, bei keiner der drei Wildarten der Abschlußplan erfüllt wurde (RIEDER 1981).

Überhöhte Wilddichte und noch immer betriebene Waldweide, werden dadurch auch im Stubaital zu wichtigen, vielleicht sogar den entscheidenden schutztechnischen Faktoren.

Da der winterliche Verbiß durch Schalenwild und der sommerliche Verbiß durch Weidevieh das Aufkommen von Jungwuchs und damit die natürliche Verjüngung des Waldes stark beeinträchtigt bzw. zunehmend unterbindet, sind die Schutzwälder bereits vielerorts überaltert, vergreist und von zunehmendem Zerfall bedroht.

Auswirkungen des Fremdenverkehrs und schutztechnisch kritische Baumaßnahmen

Mit Zunahme des Fremdenverkehrs wurde der Wald zusätzlichen schädigenden Eingriffen und Einflüssen ausgesetzt. Der verstärkten Verkehrserschließung und dem „Aus- bzw. Verbau“ der Landschaft zu modernen Wintersport- und touristisch attraktiven Sommerurlaubsgebieten fielen auch im Stubaital zahlreiche schutztechnisch wertvolle Waldbestände zum Opfer.

Skiabfahrten, Siedlungserweiterungen, Straßen, Wege, Liftrassen, Parkplätze etc. dezimierten zu Gunsten des Tourismus die Wälder und hinterließen breite Schneisen und Lichtungen. vielerorts neuangelegte Wanderwege bewirken, daß die Gebirgswälder immer häufiger begangen werden. Die dabei oft willkürlich von den Wanderern vorgenommenen und häufig benutzten Wegabkürzungen,

führen rasch zu unangenehmen Folgen. Sobald die schützende Vegetationsdecke zerstört ist, bilden solche Abkürzungen Ansatzpunkte für großflächige Erosion, was ein erneutes Aufkommen schützender Vegetation verhindert.

Die Anlage breiter Skiabfahrten, die geforderte Breite beträgt 80—100 m, birgt ähnliche Gefahren. Durch maschinelle Verdichtung erhöht sich der Oberflächenabfluß der Pisten gegenüber Waldstandorten so stark, daß bei unzureichender Wiederbegrünung und Pflege Starkregen schwere Erosionsschäden zur Folge haben (MAYER 1976, SCHAUER 1981). Abseits präparierter Pisten werden von Tiefschneefahrern in Aufforstungsflächen und Waldlichtungen häufig Jungpflanzen und Zwergsträucher durch Abschwingen im Hang verletzt. Die dabei entstehenden Schäden, wie Abschürfen der Rinde, Abknicken und Abschneiden von Ästen und Trieben wirken sich lokal ebenso nachhaltig aus wie Wildverbiß, da eine Regeneration geschädigter Pflanzen nur sehr selten noch möglich ist (SCHAUER 1981). Auch dadurch wird also die Schutzfunktion des Waldes in Frage gestellt.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, daß die Waldfläche im Stubaital praktisch seit Siedlungsbeginn immer weiter abgenommen hat. Obere und untere Waldgrenze rückten immer näher zusammen. Verschärft wird diese auf jahrhundertelangen Raubbau und Übernutzung zurückzuführende Situation von zunehmender Vergreisung der Wälder, in erster Linie ausgelöst durch weiterhin betriebene Waldweide, Wildüberstockung und größtenteils völlig fehlende, geeignete waldbauliche Pflege. Die Schutzwälder vergreisen. Gesunder Jungwuchs, wie er früher vorhanden war und den künftigen Schutzgrad der Wälder sicherstellte, hat keine Chance mehr hochzukommen. Die Wälder verlichten und bieten immer weniger Schutz.

Auswirkungen des Waldrückganges: Zunahme der Lawinengefahrenflächen — Abnahme sicherer Siedlungsbereiche

Wo der Wald verlorengeht, überalterter Wald ohne Jungwuchs am Hang zusammenbricht, entstehen potentielle Lawinenanbruchsgebiete und neue Lawinenzüge. Die tödliche Gefahr, die jede

Lawine in sich birgt, wird deutlich, wenn man die großen, teils verheerenden Auswirkungen von Lawinen betrachtet bzw. in den einzelnen Gemeinde-Lawinenkatastern, welche Angaben über Anbruchgebiet, Sturzbahn, Auslauf-/Gefahrenbereich, Häufigkeit, Art, Auslösefaktoren und Auswirkungen von Schadenslawinen enthalten, darüber nachliest. Für das Stubaital verzeichnen die Gemeinde-Lawinenkataster der drei lawinengefährdeten Gemeinden Telfes, Fulpmes und Neustift zusammen weit mehr als 100 Lawinenzüge, deren Zahl weiter zunimmt.

Das ständig an Intensität zunehmende Waldsterben wird diese Entwicklung, den Zerfall der Schutzwälder und die Zunahme der potentiellen Lawinengefahrenflächen, drastisch beschleunigen. Noch vor wenigen Jahren erst entlang der Brenner-Autobahn, also am Talausgang des Stubaitales zu beobachten, verschärfte sich die Situation seitdem zusehends. Auch im Tal selbst sind jetzt entlang der vielbefahrenen Zufahrtsstraße zum Tal-schluß und den Großparkplätzen der Stubaier Gletscherbahn bereits mehrere Symptome des Waldsterbens zu beobachten: Fichten mit „Lametta-Syndrom“, Goldspitzen und/oder Gelbfärbung der Nadeln nehmen zu — immer mehr Bäume sterben ab. (Freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. H. RIEDER/Landesforstinspektion Innsbruck 1985.) Immer häufiger brechen Lawinen mitten im Wald an, reißen neue Schneisen, erweitern alte Lichtungen und engen den ohnehin schon knappen Lebensraum, der im Zuge des Fremdenverkehrs stark expandierenden Gemeinden noch weiter ein — zwingen zu Schutzmaßnahmen.

Lawinenschutzmaßnahmen

Lawinenschutz, hauptsächlich der Schutz vor großen Schadenslawinen, stellt für die Bewohner vieler Gebirgstäler ein zentrales und meist kostspieliges Problem dar. Bevor der Wintertourismus in den Alpen einsetzte, hatte ein tage- bzw. wochenlanges Abgeschiedensein von der Außenwelt durch abgegangene Lawinen wenig Bedeutung für die meist autark lebenden Bewohner der Täler. Intakter Gebirgswald, überlegte Wahl von Sied-

lungsplätzen, Objektschutzmaßnahmen (z. B. Lawinenmauer) und vereinzelt Stütztverbauungen mit Mauerterrassen oder Holzschneebrücken trugen in vielen Tälern jahrhundertlang zum Schutz der Höfe, Weiler und Ortschaften bei.

Am Lawinenschutz der Zufahrtsstraßen in die inneren, oft dünn besiedelten und meist nur im Sommer bewohnten Talbereiche war man damals wenig bzw. überhaupt nicht interessiert. Erst der zunehmende Fremdenverkehr führte dazu, daß sich die meist auf sicherem Gelände erbauten Siedlungen rasch ausweiteten und viele der hinteren Alpentäler erschlossen wurden. Ferienhäuser, Pensionen, Hotelsiedlungen und Freizeitanlagen wurden immer häufiger auf mehr oder weniger lawinengefährdeten Standorten erbaut, ungeachtet dessen, daß der Gebirgswald durch menschliche Eingriffe im Laufe der Zeit in seiner natürlichen Schutzeigenschaft stark beeinträchtigt wurde. Hohe Verdienstauffälle in Wintersportgebieten durch Lawinenverlegung der Zufahrtsstraßen und schwere Lawinenkatastrophen in den Jahren 1951, 1954, 1962, 1970 und 1975, bei denen es zu großen Schadensauswirkungen nahezu im gesamten Alpenraum kam, führten dazu, daß während der letzten Jahrzehnte der Lawinenschutz in den gefährdeten Tälern von Bund, Ländern und Gemeinden auf verschiedene Art und Weise forciert wurde.

Mittels temporärer und permanenter Lawinenschutzmaßnahmen versucht man seitdem die Lawinengefahr gefährdeter Siedlungen, Wintersportgebiete und wichtiger Zufahrtsstraßen zu bannen bzw. die Auswirkungen abgehender Lawinen auf ein erträgliches, möglichst gefahrloses Maß zu reduzieren.

Unter *temporärem Lawinenschutz* sind dabei diejenigen Maßnahmen zu verstehen, die kurzfristig und abgestimmt auf Zeitpunkt, Ort und Ausmaß der Lawinengefahr, auf Grund von Warnungen durch den Lawinenlagebericht seitens der Lawinenwarndienste und Festlegungen der örtlichen Lawinenkommissionen, erfolgen, um Siedlungen, wichtige Verkehrsstraßen und Wintersportgebiete zu schützen:

— Lawinensperremaßnahmen

- Evakuierung
- Künstliche Lawinenauslösung.

Permanenter Lawinenschutz kommt in erster Linie zur Anwendung, wenn Siedlungsräume einer Lawinenbedrohung ausgesetzt sind (ERNEST 1981). Die derzeit im gesamten Alpenraum gebräuchlichen permanenten Schutzmaßnahmen zur Verhinderung von Lawinenkatastrophen gliedern sich in *technische, forstliche und raumplanerische Maßnahmen*. Mittels technischer Maßnahmen versucht man auf unterschiedliche Weise die Lawinenentstehung zu verhindern bzw. abgehende Schneemassen so abzulenken, umzulagern, überzuleiten, abzubremesen oder abzufangen, daß die Lawinengefahr für Straßen, Siedlungen und Wintersportanlagen entweder gebannt ist oder die Auswirkungen auf ein möglichst geringes Ausmaß herabgesetzt werden. Zu den derzeit allgemein gebräuchlichen technischen Maßnahmen zählen der regionale *Anrißverbau* mittels Stahlstützwerken und Schneenetzen, der *Verwehungsverbau* (z. B. Schneezäune), der gegenüber früher deutlich verbesserte *Objektschutz* (z. B. Lawinenuauern, Hauswände aus Stahlbeton) und der *Ablenk- und Bremsverbau* (u. a. Schutzgalerien aus Stahlbeton und Lawinendämme in Erdschüttung).

Die forstlichen eigentlich biologisch-technischen Maßnahmen des permanenten Lawinenschutzes umfassen, soweit nach Lage der klimatischen Waldgrenze möglich, eine *Wiederbewaldung der Anbruchgebiete*, Sturzbahnen und eventuell der Auslaufbereiche von Lawinen. Zusätzliche Sanierungsmaßnahmen von forstwirtschaftlicher Seite sollen mithelfen, den Schutzgrad vieler Wälder in lawinengefährdeten Bereichen entscheidend zu verbessern und damit die natürliche Schutzfunktion des Waldes gegen Lawinen zu erhalten.

Um zu verhindern, daß weiterhin im Gefahrenbereich von Lawinen neue Siedlungen, Freizeitanlagen und Verkehrsflächen entstehen, griff man zu raumplanerischen Maßnahmen. Diese Maßnahmen beinhalten in erster Linie die Erstellung von *Gefahrenzonenplänen*, bei denen es sich um kartographisch dargestellte Gutachten handelt, die jeweils für einen bestimmten Raum die unterschiedlich von

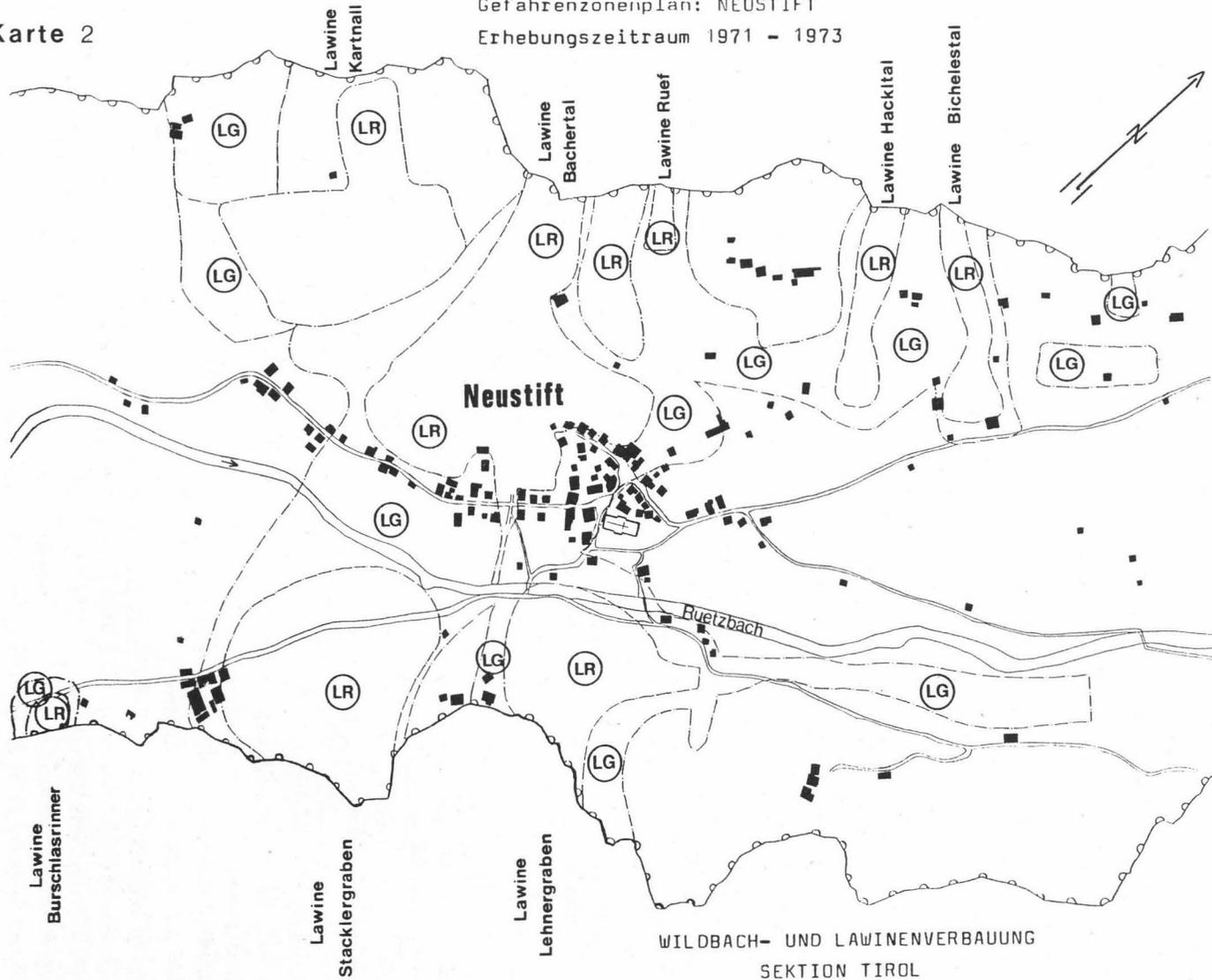
Lawinen bedrohten Grundflächen festlegen. Die einzelnen Pläne (vgl. Karte 2 und Legende zu Karte 2) verdeutlichen, wie eng bemessen „sicheres“ Bauland, bei dem ein gewisses Restrisiko nicht auszuschließen ist, im Bereich der Ortschaften ist. Gleichzeitig stellen diese Gefahrenzonenpläne, die durch laufendes Überarbeiten auf dem neuesten Stand gehalten werden, die Voraussetzung und eine wertvolle Unterlage für die Projektierung und Durchführung notwendiger Verbaumaßnahmen dar.

Für sämtliche technischen, forstlichen und raumplanerischen Maßnahmen des permanenten Lawinenschutzes ist in Österreich der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung, kurz die Wildbach- und Lawinerverbauung, zuständig. Den Bauingenieuren der einzelnen Gebietsbauleitungen der Wildbach- und Lawinerverbauung obliegt dabei, neben der Erstellung der Gefahrenzonenpläne, die gesamte Planung, Projektierung und Durchführung der einzelnen Maßnahmen. Auf Antrag von Gemeinden oder anderen Interessenten, die sich zur Durchführung permanenter Schutzmaßnahmen gezwungen sehen, arbeiten sie Bauprogramme aus, die jeweils einen technischen Bericht, Planungsunterlagen, Massenaufstellungen, Kostenvoranschläge und eine Kosten-Nutzenanalyse der in Frage kommenden Schutzmaßnahmen umfassen. Zur Durchführung eines Verbauprojektes kommt es erst dann, wenn sämtliche durch die Ausführung von Schutzmaßnahmen in irgendeiner Weise Betroffenen und die Vertreter der Gemeinde dem vorgelegten Bauprogramm zustimmen, die Baubehörde der Gemeinde den Gefahrenzonenplan anerkennt und die Genehmigung des Projektes durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft vorliegt.

Anfallende Kosten (Baukosten, Grundablössummen, Entschädigungsabgaben an Grundeigentümer etc.) teilen sich die jeweiligen Verbauinteressenten (Bund, Land, Gemeinde, private Interessenten, Straßenbauverwaltung etc.) entsprechend ihrem Interesse an der Projektdurchführung und entsprechend der ihnen zur Verfügung stehenden Mittel.

Karte 2

Gefahrenzonenplan: NEUSTIFT
Erhebungszeitraum 1971 - 1973



Maßstab 1: 2880

WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG
SEKTION TIROL
Gebietsbauleitung: MITTLERES INNTAL

Legende zu Karte 2

Darstellung	Gefährdung durch	Bedeutung
	Lawine	Rote Zone: Die Rote Gefahrenzone umfaßt jene Flächen, die durch Wildbäche und Lawinen derart gefährdet sind, daß ihre ständige Benützung für Siedlungs- und Verkehrszwecke wegen der voraussichtlichen Schädenswirkungen des Bemessungsereignisses oder der Häufigkeit der Gefährdung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich ist.
		Gelbe Zone: Die Gelbe Gefahrenzone umfaßt alle übrigen durch Wildbäche oder Lawinen gefährdeten Flächen, deren ständige Benützung für Siedlungs- oder Verkehrszwecke infolge dieser Gefährdung beeinträchtigt ist.

Hinweise für die Baubehörde:

Rote Zone:

In dieser Zone wird von der Errichtung aller baulichen Herstellungen dringend abgeraten.

Gelbe Zone:

Grundsätzlich sind Flächen in der Gelben Zone wegen ihrer unterschiedlichen Gefährdung durch Wildbäche und Lawinen, die von Beschädigungsgefahr für Gebäude und Lebensgefahr auf den Verkehrswegen bis zur bloßen Belästigung z.B. durch Überflutung geringeren Ausmaßes reichen kann, zur Bebauung nicht oder minder geeignet. Da aber andererseits in einzelnen Bereichen ein Schutz von Objekten sinnvoll möglich ist oder stellenweise die objektiven Gefahren gering sind, wären folgende Punkte bei der Durchführung baurechtlicher oder raumplanerischer Verfahren zu beachten:

- a) Besiedeltes Gebiet: Hier ist es erforderlich, einen Amtssachverständigen der Wildbach- und Lawinenverbauung anzufordern, der die nach den örtlichen Gegebenheiten notwendigen Bauauflagen vorschreibt. Im Interesse des Bauwerbers wird empfohlen, schon vor der Bauplanerstellung das Einvernehmen mit der Wildbach- und Lawinenverbauung herzustellen.
In der beiliegenden Besprechung der jeweiligen Gefahrengebiete werden generelle Hinweise auf mögliche Vorschriften gegeben.
- b) Nicht besiedeltes Gebiet: Hier ist vor der Widmung als Bauland bzw. bei bereits durchgeführter Widmung vor der generellen Bebauungsplanung das Einvernehmen mit der Wildbach- und Lawinenverbauung herzustellen. Dadurch soll die Bebauung in im allgemeinen weniger gefährdete Bereiche der Gelben Zone gelenkt werden, um Leben und Gut der Bauwerber zu schützen und der öffentlichen Hand vermeidbare Aufwendungen im Zusammenhang mit künftigen Schutzbauten zu ersparen.
- c) Objekte und Anlagen mit der Möglichkeit von Menschenansammlungen in Gefahrenzeiten dürfen keinesfalls, wenn sie nicht kurzfristig räum- und sperrbar sind, in jenem Bereich der Gelben Zone liegen, wo Menschenleben außerhalb von Gebäuden gefährdet sind. Hierher gehören unter anderem Schulen, Seilbahnstationen, Veranstaltungszentren, Camping- und Sportplätze (Anlagen auf Sonderflächen nach dem Tiroler Raumordnungsgesetz § 16, Abs. 1).
- d) Besonders gekennzeichnete Gelbe Zone: Hier wurde die Gefährdung als so gering angesehen, daß eine Ladung der Wildbach- und Lawinenverbauung zu den örtlichen Verhandlungen nicht erforderlich ist, wenn die in den Erläuterungen zum Gefahrengebiet enthaltenen Vorschriften eingehalten werden. In diesem Teil der Gelben Zone besteht für Menschen und Fahrzeuge außerhalb von Gebäuden keine ernsthafte Gefahr.

Auszug aus der Legende der Gefahrenzonenpläne der Gemeinden Neustift und Telfes im Stubaital in Bezug auf die Lawinengefährdung.

Die Instandhaltung der Verbauungen obliegt ebenfalls den einzelnen Interessenten im Verhältnis ihrer Beitragsleistung, kann aber dem Betreuungsdienst der Wildbach- und Lawinenverbauung übertragen werden, was eine fachkundige Überwachung der Verbauungen sicherstellt.

(Nach Unterlagen und Auskünften der Wildbach- und Lawinenverbauung Innsbruck, Gebietsbauleitung Mittleres Inntal)

Umfang und Kosten permanenter Lawinenschutzmaßnahmen am Beispiel zweier Verbauungsprojekte aus dem Stubaital

Die starke Lawinengefahr, der vor allem das Hintere Stubaital ab Neustift ausgesetzt ist, machte in den letzten Jahren neben direkten Objektschutzmaßnahmen zum Schutz einzelner Häuser und Alpenvereinshütten in zunehmendem Maße regionale Verbauungen notwendig. Um Siedlungen und wichtige Verkehrs- und Wintersportbereiche dauerhaft vor Lawinen zu schützen, begann man in den 50er, verstärkt aber erst in den 70er Jahren, nach dem schweren Lawinenwinter von 1974/75, mit dem Verbau der gefährlichsten Lawinenzüge. Welche Anstrengungen und Kosten dabei unternommen wurden, den verlorengegangenen Schutz des Waldes zu ersetzen, mögen zwei Verbauungsprojekte im Bereich der Lawinenzüge Steinbichele bzw. Ochsental im Hinteren Stubaital verdeutlichen:

Lawinenzug Steinbichele

Die Steinbichele Lawine hat ihr Anbruchgebiet am NW-Abhang der Kelderer- und am NE-Abhang der Manteler Spitze (vgl. Karte 1 und 3). In ihrer Sturzbahn folgt die Lawine im oberen Bereich dem Talboden der Klamperberggrube, im unteren Bereich dem Bichel-Tal, bis sie auf dem Schwemmkegel des Bichelbaches bzw. an der gegenüberliegenden Talflanke des Stubaitales zum Stehen kommt.

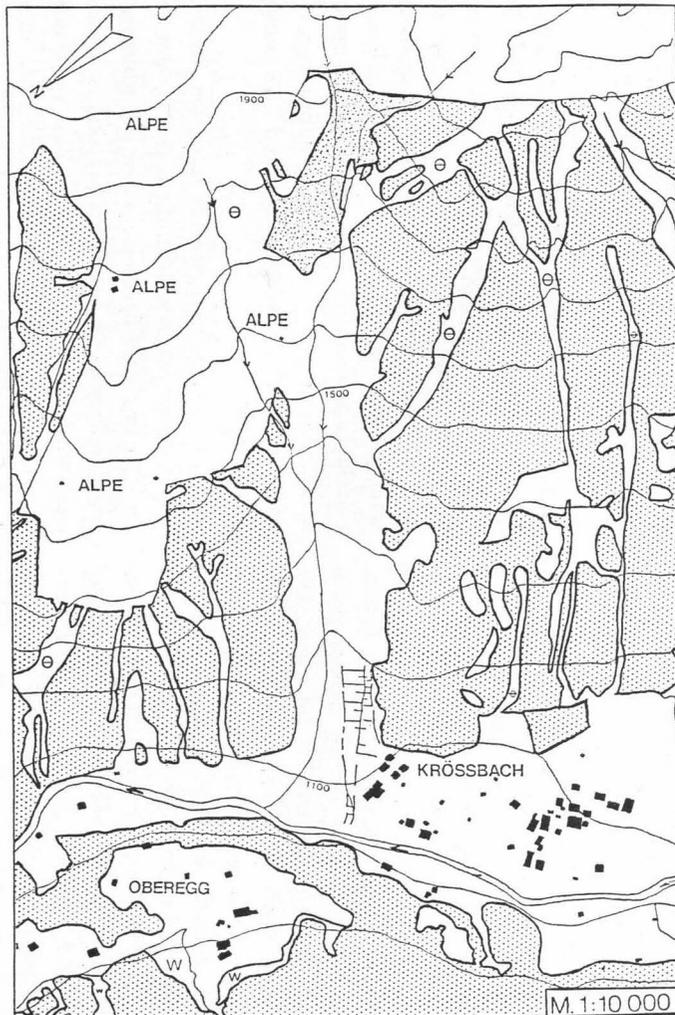
Den bisher größten Schaden verursachte ein Lawinenabgang am 6. 4. 1975. Die gewaltigen Schneemassen stießen weit in den am linken Schwemmkegelrand gelegenen, bislang „sicheren“ Ortsteil Krößbach/Edelweiß vor und zerstörten dabei eine

Jausenstation und den Rohbau eines Einfamilienhauses. Ein Gasthaus und ein weiteres Einfamilienhaus wurden schwer, 4 andere Häuser leicht beschädigt. Außerdem wurden 4 ha Wald zerstört und 2 ha Kulturgrund total verwüstet, da die Lawine 1000 fm Holz mitriß, die im Auslaufbereich zur Ablagerung kamen.

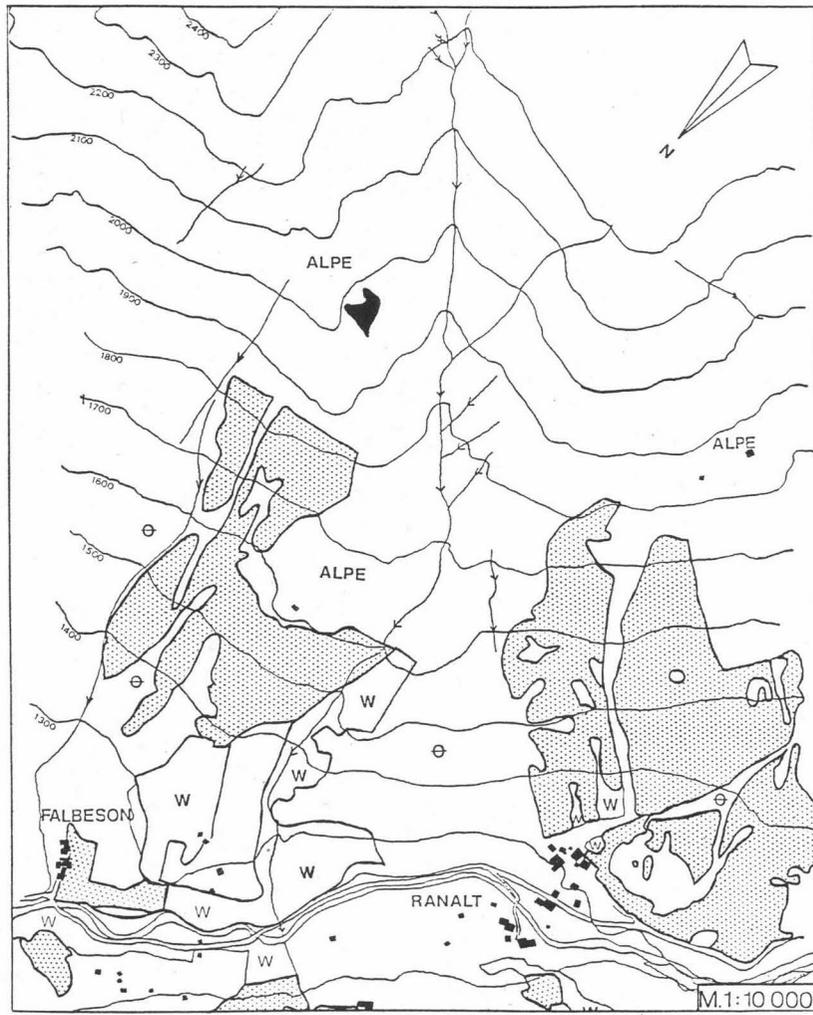
In Anbetracht dieser Schadauswirkung erwog die Gemeinde Neustift, die gefährdeten Objekte, die zusammen einen Wert von 16 Mio ÖS (ca. 2,3 Mio Mark) darstellten, auszusiedeln. Da aber ein sicherer Ersatzgrund wegen der starken Wildbach- und Lawinengefährdung der gesamten Gemeindefläche nur sehr schwer zu finden gewesen wäre, beantragte die Gemeinde Neustift die Verbauung des Lawinenzuges, um weitere Katastrophen zu verhindern. Diesem Antrag wurde stattgegeben und noch 1975 vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft die Ausarbeitung eines Projektes durch die Wildbach- und Lawinenverbauung Innsbruck, Gebietsbauleitung Mittleres Inntal, genehmigt.

Da eine Verbauung der ausgedehnten Anbruchflächen aus Kostengründen und eine Bremsverbauung wegen des zu hohen Schwemmkegelgefälles entfielen, erschien die Errichtung eines Lawinenleitdammes mit einer günstigen Ausgestaltung des Vorfeldes zur Sicherung der gefährdeten Objekte geeignet. Von 1975—1977 errichtete man daher auf der linken Schwemmkegelhälfte einen 330 m langen Lawinenleitdamm, der knapp oberhalb der Landstraße ansetzt und auf ca. 1270 m Höhe in die linke Talflanke des Bicheltales einbindet (vgl. Karte 3). Um das talauswärtige Vorfeld dieses im Mittel 27 m hohen Erddammes freizuhalten und eine Vorverfüllung durch kleinere Lawinen auszuschließen, entnahm man das notwendige Schüttmaterial dem Schwemmkegel und legte dabei gleichzeitig das Bachbett des Bichelbaches um 3—5 Meter tiefer. Nach Fertigstellung der Erdarbeiten wurden die Dammböschungen und Abtragsflächen wiederbegrünt und eine Fläche von ca. 3 ha mit standortsgemäßen Holzarten aufgeforstet. Alles in allem beliefen sich die Gesamtkosten sämtlicher Verbauungsmaßnahmen auf 8 Mio ÖS (ca. 1,1 Mio Mark), die zu 60 Prozent vom Bund, zu 35 Pro-

Karte 3: Lawinenzug Steinbicheneie/Gemeinde Neustift



Karte 4: Lawinenzug Ochsental/Gemeinde Neustift



Nach: Waldübersichts- und Wirtschaftskarte für den Agrargemeinschaftswald Neustift, Landesforstinspektion Innsbruck.

zent vom Land Tirol und zu 5 Prozent von der Gemeinde Neustift übernommen wurden. Die Instandhaltung des Dammes obliegt der Gemeinde Neustift, die Betreuung der Aufforstung bis zum Eintritt des Kronenschlusses der Wildbach- und Lawinerverbauung Innsbruck, danach der Bezirksforstinspektion Steinach am Brenner. Bereits 1978 bewährten sich die Verbauungsmaßnahmen beim Abgang einer Naßschneelawine, die genau dem neuen Bachbett des Bichelbaches folgte.

Ein großer Wahrscheinlichkeit nach auf menschliche Eingriffe — den Bau eines Wirtschaftsweges durch den Schutzwald — zurückzuführender Erdbeben im August 1985 wird weitere Schutzmaßnahmen notwendig machen. Die nach einem 3tägigen Landregen in unmittelbarer Nähe des Dammes und der Häuser der Siedlung Krößbach/Edelweiß abgegangene Rutschung riß eine breite Schneise in den Schutzwald und schuf somit in dem steilen Gelände einen Ansatz für neue Lawinen.

Lawinenzug Ochsental

Die Ochsental-Lawine hat ihr Anbruchgebiet in 2100 bis 2400 m Höhe in der Ochsengrube, stürzt durch das Ochsental ab und kommt am Talboden der Ruetz bzw. am gegenüberliegenden Talhang zum Stehen. Im Auslaufbereich gefährdet die Lawine die Landesstraße Neustift-Ranalt und verursacht in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Straßenverlegungen (vgl. Karte 1 und 4).

Anfang April 1975 sprang eine Staublawine aus der gewohnten Lawinenbahn aus, da der Naturgraben des Ochsentales im oberen Bereich durch zwei vorangegangene Lawinen verfüllt war. Die Lawine ging dadurch wesentlich weiter taleinwärts nieder, riß erstmals seit Menschengedenken den Schutzwald bis kurz vor Ranalt mit und schuf so eine weitere potentielle Anbruchfläche, aus der seitdem fast jährlich kleinere Lawinen und Schneerutsche abgehen, die ebenfalls die Landstraße gefährden. Weiter zerstörte die Lawine drei Heustadel, beschädigte ein Wohnhaus und verwüstete durch die Ablagerung des mitgerissenen Holzes 2 ha Kulturgrund. Die auf 600 m Länge mehrere

Meter hoch verlegte Landesstraße blieb 10 Tage für den Verkehr gesperrt.

Nach diesem katastrophalen Lawinenabgang entschloß sich die Gemeinde Neustift zu Schutzmaßnahmen. Da eine Anbruchs- und Bremsverbauung ausschieden, errichtete man 1980 für 35 Mio ÖS (ca. 5 Mio DM) im Bereich des Hauptlawinenzuges und weiter taleinwärts eine 363 m lange Schutzgalerie (Halbrahmenkonstruktion aus Stahlbeton), die sich seitdem bereits mehrmals bewährte. Um eine Gefährdung der Landstraße durch die Ochsental-Lawine auch in Extremfällen auszuschalten, wird eine Verlängerung der Schutzgalerie bis Ranalt in den nächsten Jahren durchzuführen sein.

(Nach Unterlagen und Auskünften der Wildbach- und Lawinerverbauung Innsbruck, Gebietsbauleitung Mittleres Inntal)

Bestehende und dringend notwendige forstliche Maßnahmen zur Erhaltung der Schutzfunktion des Bergwaldes

Obwohl mittlerweile Schutz- und Sozialfunktionen die Hauptaufgaben des Waldes bilden, wurden bislang nur wenige Schäden, die dem Bergwald im Laufe der Jahrhunderte durch Übernutzung zugefügt wurden, behoben.

Erste Schritte, den Schutzgrad der Wälder des Stubaitales wenigstens lokal wiederauszubauen bzw. wiederherzustellen, unternimmt seit 1950 der Forsttechnische Dienst der Wildbach- und Lawinerverbauung Innsbruck in Zusammenarbeit mit der Bezirksforstinspektion Steinach am Brenner als zuständiger Forstbehörde. Seitdem kam es im Bereich einzelner Lawinenzüge, im Rahmen schutztechnisch dringend notwendiger Verbauungsmaßnahmen bereits erfolgreich zu Aufforstungen und Ergänzungspflanzungen.

Um die derzeitige Bewirtschaftung der Wälder, vor allem der Schutzwälder, die gegenüber den reinen Wirtschaftswäldern eine wesentlich schlechtere Aufschließung durch Forstwege besitzen, zu erleichtern, wird bis 1987 der weitere Bau von Forstwegen, vorwiegend im Schutzwaldbereich, angestrebt (RIEDER 1981). Zusätzlich zu dieser forstwirtschaftlichen Zielsetzung und den lokal bereits

bestehenden Aufforstungen des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinerverbauung Innsbruck, legen die vorab erwähnten Ergebnisse des Waldinventurprojektes Neustift die Durchführung einer Waldsanierung nahe, um die kurzfristig noch relativ stabilen Schutzwälder zu erhalten, ihre Schutzfunktion langfristig sicherzustellen und damit dem wachsenden Schutzbedürfnis gerecht zu werden. Anstelle des derzeit geltenden Betriebsplanes (1978—1987), der, wie die Schutzwaldanalyse erbrachte, den Schutzgrad der Bestände vielerorts nicht erhalten bzw. wiederherstellen konnte, soll ein Sanierungsplan treten. Dieser Sanierungsplan sieht gezielte Pflegemaßnahmen vor allem im Jungwuchs und Stangenholz und verstärkte Hochlagenaufforstung vor. Mit Hilfe der Hochlagenaufforstungen soll die obere Waldgrenze wieder an die klimatische herangebracht werden.

Um den Erfolg solcher Sanierungsmaßnahmen und Hochlagenaufforstungen und der bereits bestehenden Aufforstungen des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinerverbauung Innsbruck sicherzustellen, ist eine nachhaltige Lösung der derzeit den Wald zusätzlich belastenden Probleme unbedingt erforderlich.

Dies beinhaltet:

- die konsequente Trennung von Wald und Weide durch:
 - Übergang von extensiver Stand- zu intensiver Koppel- und Rotationsweide und Verbesserung dieser Weideflächen durch sachgemäße Düngung
 - Ablöse der Waldweiderechte durch Übergabe anderer Weideflächen, Entschädigung in Geld oder anderen Grundstücken
 - Integriermeliorationen, bei denen die Interessen der Almwirtschaft und der übrigen landwirtschaftlichen Betriebszweige, der Forstwirtschaft, der Wildbach- und Lawinerverbauung, sowie des Fremdenverkehrs zu berücksichtigen sind
- die nachhaltige Lösung der Wildfrage durch:
 - Herstellung waldbaulich tragbarer und

schutzwaldtechnisch erforderlicher Schalenwildsdichten, mittels Verlängerung der Abschlußzeiten und Reduktionsabschuß

- Wintergatterung des Rotwildes zur Vermeidung des entscheidenden Winterverbisses
- Reduktion bzw. Einstellen der Winterfütterung des Rehwildes
- Anlage von wildabweisenden Schutzzäunen bei Schutzwäldern
- das Unterlassen erosionsfördernder und schutztechnisch kritischer Baumaßnahmen wie Skipisten, Liftanlagen, Siedlungserweiterungen, Verkehrserschließungen etc.
- eine ausreichende, landschaftsschonende Erschließung mit schmalen Wegen, um waldbauliche Maßnahmen zu ermöglichen
- das Vermeiden letztendlich erosionsbegünstigender Wegabkürzungen
- die Verminderung der Schadstoffbelastung und
- die Rücksichtnahme auf Wald und Wild beim Wintersport durch:
 - Einhalten markierter Pisten und Loipen
 - Verzicht auf Tiefschneefahrten durch Schutzwald- und Aufforstungsgebiete
 - Meiden bevorzugter Wildeinstände und -futterzonen.

Zusätzliche notwendige Maßnahmen sind:

- die Kartierung *sämtlicher* Schutzwälder, um besonders wichtige Schutzwaldflächen bevorzugt zu sanieren
- das Vermeiden großflächiger Waldverluste
- der Erhalt gesunder alter Bäume im Schutzwald
- den möglichst langen Erhalt toter Bäume am Hang durch:
 - Fällen solcher Bäume in Brusthöhe und Verkeilen der gefällten, entrindeten Stämme quer zum Hang, als billige natürliche Verbauungen, in deren Schutz Jungwuchs aufkommen kann
- die Ergänzung der natürlichen Verjüngung, die oft Jahrzehnte braucht, um einen vollwirksa-

men Schutz gegen Lawinen etc. darzustellen durch:

- Pflanzen schnellwachsender Pioniergehölze, um den Wettlauf mit der Zeit zu gewinnen und den Boden am Hang zu halten.

(MAYER 1975, 1976, PENZ 1978, SCHAUER 1981, MEISTER 1984, 1985)

Erst wenn diese Maßnahmen konsequent durchgeführt und eingehalten werden, wird eine Waldsanierung optimale Erfolge zeigen und ihr Nutzen, der der direkten Schadensverhinderung durch Erhöhen des Schutzgrades gleichzusetzen wäre, um ein wesentliches höher sein als die Sanierungskosten, deren Mehrkostenaufwand gegenüber dem Betriebsplan zu einem Großteil von staatlicher Seite zu tragen wäre (KROTH 1981, GUNDERMANN & PLOCHMANN 1982).

Der vorliegende Artikel versuchte am Beispiel des Tiroler Stubaitales aufzuzeigen, inwieweit die derzeit schlechte Schutzfunktion der Bergwälder auf menschliche Eingriffe zurückzuführen ist, und was es heutzutage kostet, den verlorengegangenen bzw. stark beeinträchtigten Schutz des Bergwaldes durch künstliche Verbauungen zu ersetzen. Jahrhundertelange Übernutzung, zu hohe Wilddichte, weiterhin betriebene Waldweide, fehlende waldbauliche Pflege und zunehmender Fremdenverkehr mit allen seinen Folgen verringerten die Waldfläche und lassen die Schutzwälder vergeisen — ein Vorgang, den das Waldsterben nur noch drastisch beschleunigt.

Wenn nicht *sofort* neben den kleinflächigen, lokalen forstlichen und technischen Schutzmaßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung Inns-

bruck auch auf breiter Fläche Sanierungsmaßnahmen und Hochlagenaufforstungen, wie sie das Waldinventurprojekt Neustift nahelegt, durchgeführt werden, wobei eine nachhaltige Lösung der Wildfrage, die endgültige Aufgabe der Waldweide und das Unterlassen sämtlicher schutztechnisch kritischer Baumaßnahmen unumgänglich sind, um den Erfolg waldbaulicher Maßnahmen sicherzustellen, werden die vielerorts überalterten Schutzwaldbestände zuerst langsam, dann aber immer rascher zerfallen, keine Sicherheit mehr gewähren und lokale Katastrophen nicht ausbleiben. Verlichten die Schutzwälder weiter, werden neben Lawinen vermehrt Bergrutsche, Muren und Steinschläge abgehen und Siedlungen und Verkehrswege verschütten. Hochwasserkatastrophen, für die weite Alpenbereiche und auch das Hintere Stubaital im August 1985 bereits ein eindringliches Beispiel boten, werden zunehmen und der ohnehin schon knappe Lebensraum innerhalb des Tales wird immer weiter eingengt werden, was früher oder später in der totalen Unbewohnbarkeit des Tales enden würde.

Kurzfristige Übergangsmaßnahmen und langfristige Sanierung zum Erhalt bzw. zur Wiederherstellung der Bergwälder kosten Geld, aber die Alternative wäre bzw. ist unbezahlbar. Niemand kann es sich leisten, bei Verbauungskosten von mehreren 10 000 bis zu 1 Mio DM/ha ganze Täler zu verbauen.

„Obne Wald kein Leben im Bergland.“

Anschrift der Verfasserin:

Dipl.-Geogr. Regine Blättler
Hauptstraße 1
8708 Gerbrunn

Literaturverzeichnis:

- Ernest, A. (1981): Wetter, Schnee und Lawinen. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart.
- Gundermann, E. & R. Plochmann (1982): Nutzen-Kosten — Untersuchung des Gebirgswaldsanierungsprojektes Neustift im Stubaital. — In: Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 99. Jhg. Heft 1, Österreichischer Agrarverlag München—Wien.
- Hubatschek, E. (1950): Zur Umgestaltung der Landschaft durch Almwirtschaft und Bergmahd. In: Schlern Schriften Band 65.
- Kroth, W. (1981): Betriebswirtschaftliche Beurteilung alternativer Planungen im Projekt Neustift. In: Allgemeine Forstzeitung, 92. Jhg. Folge 6, S. 196 bis 200.
- Mayer, H. (1975): Die Tanne. Ein unentbehrlicher ökologischer Stabilisator des Gebirgswaldes. In: Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 40. Jhg., S. 93—121.
- Mayer, H. (1976): Gebirgswaldbau — Schutzwaldpflege. — Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York. 435 S.
- Mayer, H. & H. Kammerlander (1981): Wildinventur Neustift. In: Allgemeine Forstzeitung, 92. Jhg. Folge 6, S. 206—212.
- Meister, G. (1984): Waldsterben im Hochgebirge — Ein Wettlauf mit der Zeit. — In: Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 49. Jhg., S. 9—31.
- Oberdorfer, E. (1951): Die Schafweide im Hochgebirge. In: Forstwissenschaftl. Centralblatt.
- Penz, H. (1978): Die Almwirtschaft in Österreich. In: Münchner Studien zur Sozial- und Wirtschaftsgeographie. Verlag Michael Lassleben, Kallmünz/Regensburg.
- Reishauer, H. (1904): Höhengrenzen der Vegetation in den Stubaiern Alpen und in der Adamello-Gruppe. In: Wiss. Veröff. für Erdkunde, Band 6, Leipzig.
- Rieder, H. (1981): Die Agrargemeinschaft Neustift. In: Allgemeine Forstzeitung, 92. Jhg. Folge 6, S. 193—194.
- Rubatscher, J. (1969): Das Stubaital. In: Beiträge zur alpenländischen Wirtschafts- und Sozialforschung Bd. 54. Wagnersche Universitätsbuchhandlung Innsbruck. 115 S.
- Schauer, T. (1981): Vegetationsveränderungen und Florenverlust auf Schipisten in den bayerischen Alpen. In: Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 46. Jhg., S. 149—179.
- Stern, R. (1966): Der Waldrückgang im Wipptal. In: Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 70. 159 S.
- Werner, P. (1981): Almen — Bäuerliches Wirtschaftsleben in der Gebirgsregion. — Callway Verlag München. 220 S.

Karten und Quellen:

- Freytag-Berndt Wanderkarte 33
Umgebung von Innsbruck
Maßstab 1:100 000
 - Wildbach- und Lawinen-Gefahrenzonenplan Neustift
Wildbach- und Lawinenverbauung Innsbruck
Maßstab 1:2880
 - Waldübersichts- und Wirtschaftskarte
für den Agrargemeinschaftswald Neustift
für den Gemeindewald Fulpmes
für die Agrargemeinschaft Telfes
- Maßstab 1:10 000
Landesforstinspektion Innsbruck
- Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung Innsbruck, Gebietsbauleitung
Mittleres Inntal
 - Landesforstinspektion Innsbruck
 - Bezirksforstinspektion Steinach am Brenner
 - Amt der Tiroler Landesregierung: Präsidialabteilung III Katastrophen- und Zivilschutz



Bild 1 Blick in das Stubaital — Vorderes Stubaital (Schönberg bis Neustift)



Bild 2 Jahrhundertelange Übernutzung ließ obere und untere Waldgrenze immer näher zusammenrücken. Nur mehr ein schmaler Waldsaum, durchzogen von zahlreichen Lawingassen, schützt den Siedlungsraum.



Bild 3 Im Wald weidendes Vieh schädigt durch Verbiß, Vertritt und Herausziehen junger Pflanzen den Jungwuchs, wodurch die notwendige natürliche Verjüngung des Waldes stark beeinträchtigt wird.



Bild 4 Andauernder Verbiß führt bei Bäumen zu Mißbildungen, nicht selten sogar zu den sogenannten „Kollerbüschen“, oft bereits 30—40jährigen Bäumen, wie mit der Heckenschere zu-rechtgestutzt, total verbuscht und meist nicht höher als 1—1,3 m.

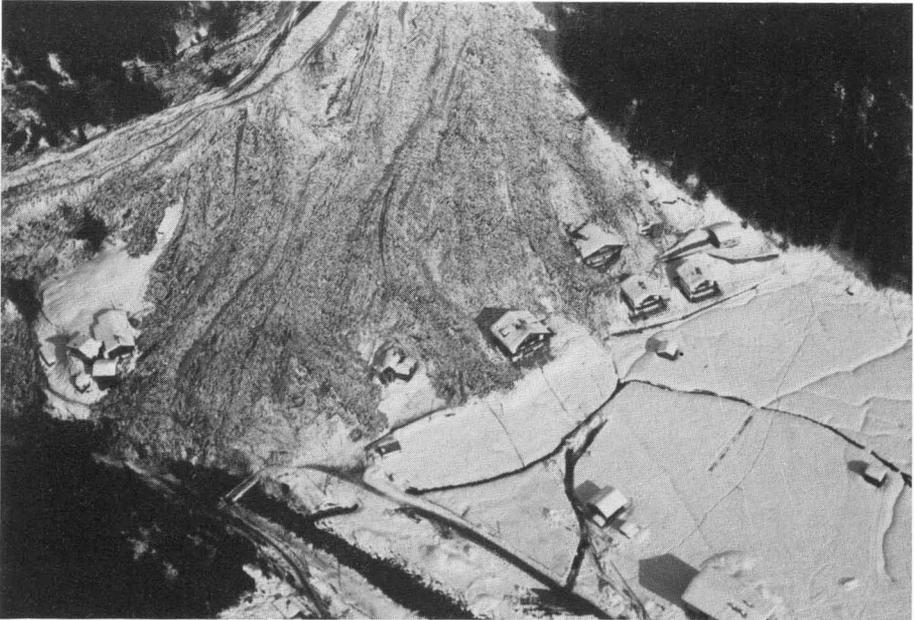


Bild 5 Auslaufbereich der Steinbichele Lawine bei Krößbach im Stubaital nach einem schweren Grundlawinenabgang im Frühjahr 1975, in der Bildmitte schwer beschädigte neuere Häuser, links im Bild der alte Steinbichele Hof, der dank seiner erhöhten Lage, einer uralten Lawinenschutzmaßnahme, verschont blieb.

(Foto: Archiv der Wildbach- und Lawinenverbauung Innsbruck)



Bild 6 Das Bild zeigt den Gasthof Edelweiß/Krößbach nach dem Grundlawinenabgang 1975. Fehlender Wald machte Schutzmaßnahmen nötig und noch im gleichen Jahr wurde mit dem Bau eines Lawinendammes begonnen.

(Foto: Archiv der Wildbach- und Lawinenverbauung Innsbruck)



Bild 7 Das Bild zeigt den unteren Teil der Sturzbahn der Steinbichle Lawine bei Krößbach und den neuen Lawinendamm, in dessen Schutz die durch den Grundlawinenabgang 1975 schwer beschädigten Häuser wieder bzw. weiter aufgebaut wurden.



Bild 8 Das Bild zeigt den Ortsteil Krößbach 1985 im Schutz des neuen Lawinendammes und eine im August 1985 nach einem 3tägigen Landregen abgegangene Rutschung, die eine breite Schneise in den Schutzwald schlug — Ansatz für neue Lawinen.



Bild 9 Lawinenzug Ochsental vor dem Bau der Schutzgalerie.
Anfang April 1975 sprang eine Staublawine aus der gewohnten Lawinenbahn aus, riß erstmals seit Menschengedenken den Schutzwald bis kurz vor Ranalt (rechter Bildrand) mit und schuf so eine weitere potentielle Lawinenanbruchsfläche.

(Foto: Alpine Luftbild, freigegeben vom Bundesministerium für Landesverteidigung)

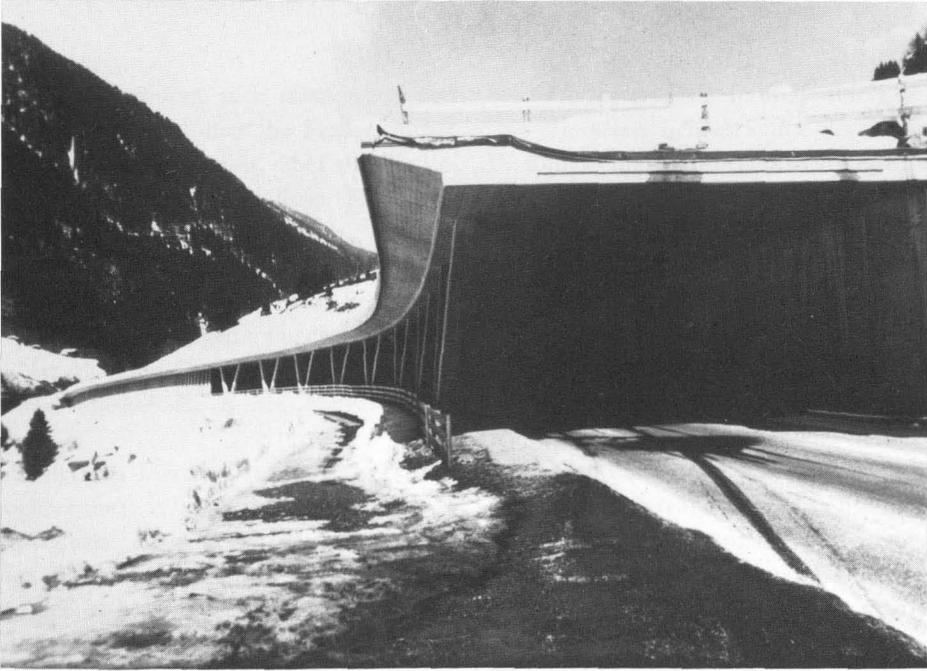


Bild 10 Lawinenschutzgalerie im Sturzbahnbereich der Ochsental-Lawine bei Ranalt.
Das 35 Mio ÖS-Projekt wurde 1980 zum Schutz der Stubaier Gletscherstraße erbaut und verhindert eine Schneeverlegung der Straße.
(Fotos 1—4, 7, 8 und 10 von der Verfasserin)

Zur Geologie, Morphologie und Vegetation der Isar im Gebiet der Ascholdinger und Pupplinger Au

von *Hermann Jerz, Thomas Schauer und Karl Scheurmann*

Zu einem Fluß gehören auch seine Auen und Terrassen. Berichtet wird über die Flußgeschichte der Isar seit der letzten Eiszeit, über die Naturkräfte, die zur Ausgestaltung ihres Flußbettes führen und über die Vegetation dieser Lebensräume. Die Isar ist kein starres, unveränderliches Gebilde; ihr Wandel wird in geraffter Form dargestellt. Die Veränderungen wurden zunächst nur von Naturkräften, in den letzten Jahrhunderten immer stärker durch den Menschen bestimmt.

Nach der letzten Eiszeit war das alte Isarbett mit Gletscherschutt aufgefüllt. Die Isar bahnte sich im Spätglazial einen neuen Lauf und ergoß sich in den über 25 km langen Wolfratshauer See. Dieser See ist bereits vor über 12 000 Jahren wieder ausgelaufen. Es folgte eine Eintiefungsphase, später entstanden die Flußterrassen bei Geretsried, Gelting, Wolfratshausen und Ascholding. Erneute Anlandungen und Umlagerungen der Geschiebmassen veränderten ständig den verzweigten Lauf der Isar.

Dieser ständige Wechsel der Standorte führte zu immer neuen Vegetations-Entwicklungen. Diese Auendynamik hat ein Vegetationsmosaik geschaffen, wie es für alpin geprägte Flüsse charakteristisch ist. Im Oberlauf ist die Isar zumindest abschnittsweise von stärkeren Flußkorrekturen verschont geblieben. Im Gebiet der Ascholdinger und Pupplinger Au ist die typische Auenstruktur mit dem kleinräumigen Wechsel von Standorten weitgehend erhalten geblieben. Kaum anderswo ist die Auenzonierung so ausgeprägt. Kaum anderswo ist die zeitliche Abfolge der verschiedenen Pflanzengesellschaften mit ihren unterschiedlichen Entwicklungsstadien so lehrbuchhaft zu erkennen. In die-

ser Standortvielfalt finden zahlreiche Pflanzen- und Tierarten Lebensräume, die in der übrigen Siedlungs- und Kulturlandschaft nicht mehr vorhanden sind. Es sind dies besonders Pflanzen nährstoffarmer, nicht durch Kulturmaßnahmen beeinflusster Standorte, die heute meist stark bedroht sind.

In jüngerer Vergangenheit haben Eingriffe in den Fluß und seine Umgebung die ursprüngliche Situation verändert. Uferkorrekturen, Kiesentnahme, Wasserableitung sowie Geschieberückhalt durch den Bau der Sylvensteinsperre und des Tölzer Stausees veränderten die Abflußverhältnisse und den Geschiebehalt. Folgen sind Eintiefung der Isar und Veränderung der Auen-Standorte. Mittel- bis langfristig gehen dadurch charakteristische Lebensräume wie offene Kiesflächen oder Weiden-Tamariskenfluren verloren.

Die Eintiefung nimmt dann ab, wenn die Isar das Geschiebedefizit durch Seitenerosion aus dem Uferbereich teilweise decken kann. Deshalb besteht kein zwingender Grund für weitere bauliche Maßnahmen. Außerdem haben wir derzeit keine Möglichkeit, das gestörte System Isar seiner ursprünglichen Natur zurückzugeben, genausowenig wie man eine ausgestorbene Tierart wieder heranzüchten kann. Die vorgeschlagenen Rezepte zur Rettung der Isar bringen zwar Besserung, aber keine Heilung.

Trotz dieser ernüchternden Realität stellt die Isar mit ihren ausgedehnten Auenbereichen noch hochwertige Lebensräume dar. Voraussetzung dafür ist aber, daß der Erholungsverkehr auf ein naturverträgliches Maß reduziert wird und daß andere schädliche Eingriffe in das Gebiet ausgeschlossen werden.

1. GEOLOGIE (H. JERZ)

Die Fluß- und Talgeschichte der spät- und postglazialen *Isar* steht in einem engen Zusammenhang mit der letzten Vergletscherung im Alpenvorland. Beim Vorstoß des Isargletschers vor etwa 25 000 Jahren wurde das alte Gewässernetz mit Gletscherschutt verbaut. Nach dem Eiszerfall vor mehr als 15 000 Jahren mußte sich die Isar, wie auch andere Alpenflüsse, im Vorland einen neuen Weg suchen, Gletscherbecken auffüllen und Moränenzüge durchschneiden. Auf diese Weise entstand nördlich von Bad Tölz ein neues, epigenetisches Flußtal (vgl. Abb. 1).

Im Abschnitt zwischen der Tattenkofener Brücke und dem Ickinger Wehr durchfließt die heutige Isar ein vom Isarvorlandgletscher ausgeschürftes Zungenbecken, das Wolfratshauer Becken. Darin spiegelte nach dem Eisrückzug der ehemalige Wolfratshauer See. Er ist bereits im Spätglazial vor etwa 13 000—12 000 Jahren wieder ausgelaufen.

Zum Verständnis der relativ kurzen geologischen Geschichte des heutigen Isartales werden im folgenden das *Wolfratshauer Becken* und seine Sedimentfüllung, die Zeit des spätglazialen *Wolfratshauer Sees* und die Entwicklung des spät- und postglazialen *Isartales* erläutert. Darüberhinaus werden die heute im Flußbett angeschnittenen geologischen Substrate — Schotter, Seetone, Moränen und Molasseschichten — näher beschrieben.

1.1 Das Wolfratshauer Becken

Das Wolfratshauer Becken ist ein typisches Gletscherzungenbecken. Es wurde wie das benachbarte Würmsees-Becken von den Eisströmen des Isarvorlandgletschers, die am Tischberg und durch den Münsinger Höhenrücken geteilt wurden, ausgeschürft (s. Abb. 1).

Das Wolfratshauer Becken wird im Norden von den Moränengirlanden der Würm-Endmoränen bei Schäftlarn und der Riß-Endmoränen bei Baierbrunn begrenzt. An seinen westlichen und östlichen Beckenrändern treten vielfach die harten Bänke einer älteren Schotternagelfluh zutage. Im Süden ist das Wolfratshauer Zungenbecken durch den

Molasseriegel bei Penzberg vom Kochelsee-Becken, dem Stammbecken des Isargletschers, getrennt.

Das heute von der Isar und von der Loisach durchflossene Wolfratshauer Becken enthielt jeweils nach den drei letzten Vorlandvergletscherungen ausgedehnte Seen. Der letzte „Wolfratshauer See“, dessen Seeablagerungen an verschiedenen Stellen aufgeschlossen sind, existierte nur im Spätglazial der letzten Eiszeit.

Neuere Untersuchungen wie geologische Kartierungen, geophysikalische Messungen und Aufschlußbohrungen für verschiedene Projekte haben die Kenntnisse über die Entstehung und Ausformung des Wolfratshauer Beckens wesentlich erweitert (JERZ 1979 a und b, 1986 im Druck).

Nach den dabei gewonnenen Ergebnissen wurde das Wolfratshauer Becken in seinen wesentlichen Umrissen bereits während der drittletzten Eiszeit, d. h. in der *Mindel*-Eiszeit, angelegt. Der Isarvorlandgletscher schürfte in der tertiären Unterlage aus Molasseschichten ein breites Gletscherbecken aus, dessen Sohle im Gebiet von Gelting, Weidach und Wolfratshausen noch 20—30 m unter das heutige Niveau der Isar und Loisach reichte (d. s. 560 bis 550 m ü. NN). Durch Bohrungen ist ferner nachgewiesen, daß der Westrand des Gletscherbeckens damals 1—2 km weiter nach Westen reichte (vgl. Abb. 2, W-E-Profil).

Während der vorletzten Eiszeit, der *Riß*-Eiszeit, zeichnete sich die Glazialerosion hauptsächlich durch einen kräftigen Tiefenschurf in den Molasseuntergrund aus. Die glaziale Übertiefung reichte stellenweise mehr als 130 m unter den heutigen Talboden (450 m ü. NN). Wie aus Bohrungen bekannt, ist die Beckensohle mit einer dicht gepackten Riß-Grundmoräne ausgekleidet.

Eine deutlich schwächere Glazialerosion ist für die letzte Eiszeit, die *Würm*-Eiszeit, kennzeichnend. Der würmeiszeitliche Isarvorlandgletscher blieb weitgehend innerhalb der mindel- und rißeiszeitlich vorgezeichneten Grenzen. Er erreichte selbst in zentralen Bereichen seines Zungenbeckens nicht den tertiären Untergrund und schürfte auch die rißeiszeitlichen Moränen und die Riß-spätglazialen See-

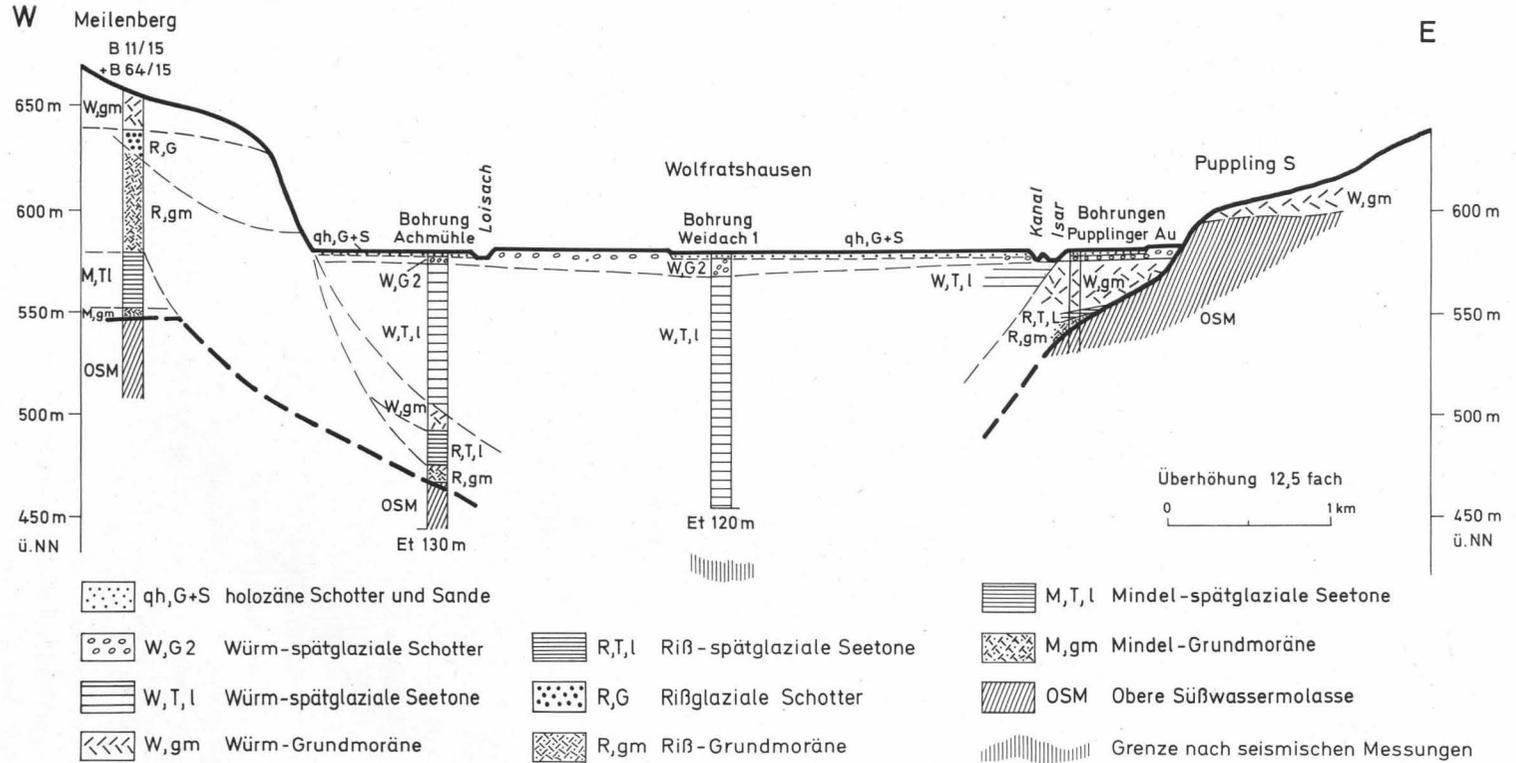


Abb. 2 Geologisches Profil (West-Ost) durch das nördliche Wolfratshausener Becken.

sedimente nur zum Teil aus. Als maßgeblicher Grund für die weniger starke glaziale Tiefenerosion wird in erster Linie die relativ kurze Zeitdauer der letzten Vorlandvergletschung — weniger als zehntausend Jahre — angesehen.

Die quartäre Sedimentfüllung im Wolfratshäuser Becken ist durch zahlreiche Bohrungen insbesondere im Gebiet der Pupplinger Au gut bekannt. Die Ablagerungen im Bereich des Isarlaufs zwischen Tattenkofen und Ickinger Wehr sind nachfolgend beschrieben:

Die heute größte Flächenverbreitung besitzen die *fluviatilen* Ablagerungen: lockere, spät- und postglaziale Delta- und Terrassenschotter (bis 10 m mächtig) und kiesig-sandige Hochflut-(Auen-)Sedimente (2—4 m). Sie bedecken weitgehend die älteren, pleistozänen Beckenablagerungen (Seetone, Moränen).

Unter den Flußablagerungen folgen *lakustrische* Feinsedimente, die im spätglazialen Wolfratshäuser See zum Absatz kamen: Seetone, -schluffe und -sande, die im zentralen Bereich des Beckens bei Wolfratshausen bis über 100 m mächtig werden. Die meist grauen bis blaugrauen Tone und Schluffe sind feingeschichtet und besitzen vielfach eine Feinsandbänderung. Ihre Zustandsform (Konsistenz) ist steif, in aufgeweichtem Zustand auch plastisch. Strömungsrinnen in den weichen Seesedimenten sind teilweise mit sandigem Material aufgefüllt.

Bei Weidach ist eine bis über 40 m tiefe Rinne nachgewiesen; sie unterquert die Isar östlich der Loisachmündung, hebt nach Norden aus und ist in Höhe des Ickinger Wehres nicht mehr vorhanden (ST. MÜLLER 1973: 15 u. Abb. 6). Sie wurde bereits bei der glazialen Übertiefung ausgeschürft und danach teilweise aufgefüllt.

Die Unterlage der spätglazialen Seesedimente bilden rein *glaziale* Ablagerungen mit dicht gelagerter Grundmoräne der letzten Vorlandvergletscherung. In randlicher Lage im Gletscherbecken wird sie vom Fluß angeschnitten, wie z. B. im Flußbett zwischen Ascholding NW und Gartenberg. Die meist graue Würm-Grundmoräne ist sehr schluffreich, denn sie enthält reichlich Material auf-

gearbeiteter älterer Seetone und ist auffallend blockreich. Ihre Mächtigkeit schwankt dort zwischen einem und dreißig Metern. Das Relief der Grundmoräne ist sehr unregelmäßig, Vertiefungen sind mit Seetonen und -sanden aufgefüllt.

Im nördlichen Teil des Zungenbeckens, im Bereich des Ickinger Wehres und nördlich davon, verzahnen sich Seesedimente, die vor dem abschmelzenden Eis abgesetzt worden sind, mit Abschmelzmoräne, wobei die eisrandnahen Seetone von Eisdriftgeschieben durchsetzt sind. Die Konsistenz der schluffreichen Grundmoräne ist halbfest bis fest, da sie vom auflastenden Gletschereis verdichtet worden ist, während die Ablationsmoräne weniger dicht gelagert ist.

Unter der Würm-Grundmoräne ist in verschiedenen Bereichen des Wolfratshäuser Beckens durch Bohrungen ein älterer Seeton (bis über 10 m mächtig) nachgewiesen. Es handelt sich um eine Ablagerung im Reiß-spätglazialen Wolfratshäuser See. Seine Konsistenz ist — im Gegensatz zum steifplastischen Würm-spätglazialen Seeton — wegen der starken Vorbelastung durch das Gletschereis halbfest.

Als älteste quartäre Ablagerung ist im zentralen Wolfratshäuser Becken aus Bohrungen eine 5—15 m mächtige, dicht gelagerte Reiß-Grundmoräne bekannt. Die meist gelblich gefärbte Moräne enthält reichlich vom Untergrund abgeschürftes und vom Gletschereis mitgeschlepptes Molassematerial.

An der Westflanke des Wolfratshäuser Beckens, zwischen Wolfratshausen und Icking (bis Schäftlarn), bauen reißeiszeitliche Schotter und Nagelfluhen den über 50 m hohen Steilhang auf, wie z. B. in Höhe des Zusammenflusses von Isar und Loisach. Die Schotter werden noch von Reiß- und von Würmmoräne überlagert (Weiße Wand). Das Liegende der Reißschotter bilden Mindel-spätglaziale Seetone, die in steilen Hanglagen eine bevorzugte Gleitschicht für Rutschungen bilden, wie z. B. westlich des Ickinger Wehres.

Auf der gegenüberliegenden Ostflanke des Wolfratshäuser Beckens bilden Deckenschotter, d. s. verbackene Schmelzwasserschotter aus der Mindel-Eiszeit, den Talrand. Ihr Sockel besteht aus mio-

zänen Molasseschichten (KNAUER 1931, JERZ 1986).

Die Unterlage der quartären Ablagerungen bildet hier stets die jungtertiäre Obere Süßwassermolasse, bestehend aus gelbgrauen, graugelben und graugrünen, glimmerführenden Sanden („Flinz“), Mergeln und Tonmergeln. Die Molasseschichten sind teilweise zu Sandstein bzw. Mergelstein verfestigt; sie umfassen halb feste, feste und harte Gesteine. Tonreiche Mergel neigen in aufgeweichtem Zustand und in Hanglagen zu den im Isartal häufigen Rutschbewegungen.

1.2 Der spätglaziale Wolfratshauer See

Nach dem letzten Eisrückzug war das Wolfratshauer Becken mit einem See erfüllt, ähnlich wie heute das Würmsee-Becken und das Ammersee-Becken. Er entstand vor dem zurückweichenden Gletscher im freiwerdenden Zungenbecken, wurde anfangs von Schmelzwässern, später von Zuflüssen aus dem Gebirge gespeist; der Abfluß erfolgte an der Stelle im Endmoränenbogen bei Schäftlarn, wo auch das größte Gletschertor zur Zeit des Eishochstandes angenommen wird.

Über die Ausdehnung des spätglazialen Wolfratshauer Sees geben vor allem Seeablagerungen, Seetone und -schluffen, bisweilen auch alte Seeufer, Kliffe und Uferterrassen, wichtige Anhalte. Die Seesedimente sind an den verschiedenen Stellen aufgeschlossen oder unter Überdeckung durch zahlreiche Bohrungen bekannt. Nach der Obergrenze der Seetone ist der Seespiegel bei mindestens 595 m ü. NN anzunehmen, wahrscheinlich war er noch einige Meter höher (vgl. in Abb. 1: Uferlinie des spätglazialen Wolfratshauer Sees). Die Untergrenze der Würm-spätglazialen Seetone, die zugleich Rückschlüsse auf die Seetiefe erlaubt, ist mehrfach zwischen 550 und 500 m ü. NN nachgewiesen.

Der spätglaziale Wolfratshauer See reichte von den Endmoränen bei Schäftlarn im Norden bis zu dem West-Ost-streichenden Molasseriegel bei Penzberg im Süden (Länge ca. 25 km). Südlich des Molasserückens war das Nordende des ehemals größeren Kochelsees; sein früherer Überlauf östlich Penz-

berg in den etwas tieferen Wolfratshauer See wird heute von der Loisach benutzt. Im Westen und Osten hatte der Wolfratshauer See seine Begrenzung an den vielfach steilen Flanken des Gletscherzungenbeckens (größte Breite ca. 8 km). Nördlich Ascholding reichte der See noch in das Eglinger Zweigbecken.

Über den Seespiegel ragten das Herrnhäuser Moränengebiet und in der südlichen Seehälfte die vom Gletschereis zugerundeten Geländerücken von Mooseurach, Nantesbuch, Karpfsee und Bocksberg (vgl. Abb. 1).

Das Ende des Wolfratshauer Sees steht in einem direkten Zusammenhang mit dem Einbruch der Isar in das Wolfratshauer Becken (s. Abschn. 1.3). Die frühe Isar schüttete zunächst von Südosten in einem großen Delta ihre Schotter in den Wolfratshauer See und füllte das Seebecken teilweise auf. An der Überlaufstelle des Sees bei Schäftlarn wirkte sich die erhöhte Wasserzufuhr durch die Isar in einer beschleunigten Tiefenerosion aus. Als schließlich die aufstauenden Würm-Endmoränen und die älteren Schotter durchschnitten waren, lief der See allmählich ab. In der Folgezeit überdeckte die Isar im Nordosten und Norden größere Bereiche des Seebeckens und die Sedimente des Wolfratshauer Sees mit ihren Flußablagerungen. Es entstanden die Schotterflächen bei Ascholding und zwischen Geretsried und Wolfratshausen. In Verlandungsbereichen, die von der Isar nicht erreicht wurden, entstanden ausgedehnte Moore: Königsdorfer-Höfner-Bocksberger Filze, Geltinger Filz, Eglinger Filz.

Nach verschiedenen geologischen und bodenkundlichen Befunden gehören sowohl die Deltaschotter wie auch die ältesten Terrassenschotter der Isar noch ins Würm-Spätglazial (JERZ 1969). Auch die pollenanalytischen Untersuchungen von OLLIVESALAINEN, WISSERT & FRENZEL (1983) im Geltinger Filz geben Anhalte dafür, daß der See im Bölling-Interstadial des Spätglazials bereits sehr flach und im Alleröd-Interstadial vor 12 000 Jahren verschwunden war. Nach dem Eisrückzug blieben für die Seenzeit im Wolfratshauer Becken demnach kaum mehr als 5000—6000 Jahre.

1.3 Das Isartal

1.3.1 Die spätglaziale Isar

Das Isartal nördlich von Bad Tölz ist als ein epigenetisches Flußtal nach dem Rückzug des Isarvorlandgletschers entstanden. Ein vorwürmzeitlicher Isarlauf läßt sich ab Gaißach in nordöstlicher Richtung gegen Schaftlach nachweisen (KNAUER 1952, SCHMIDT-THOMÉ 1955), der sich anschließend in einem S-förmigen Bogen unter den Moränen des Tölzer Lobus gegen Holzkirchen und weiter nach Nordosten fortsetzt (BADER 1982). Nach der letzten Eiszeit hat der Fluß sein von über 100 (200) m mächtigen quartären Ablagerungen verschüttetes Bett nicht wiedergefunden.

Zu Beginn der Entwicklung des Flußsystems im Spätglazial durchbrach die Isar im Nordwesten die Endmoränen des Tölzer Lobus, die zuvor den ehemaligen Tölzer See aufgestaut haben, schnitt sich in die Molasse am Tölzer Kalvarienberg ein, brachte in der Folgezeit auch den Rottach-See im Zungenbecken von Bairawies zum Überlaufen (ROTHPLETZ 1917) und mündete nach einem weiteren Durchbruch bei Einöd in den spätglazialen Wolfratshauer See (vgl. Abb. 1).

Noch zur Zeit des Wolfratshauer Sees hat die Isar von Südosten nacheinander zwei große *Schotterdeltas* in das Seebecken geschüttet und später, nach dem Verlanden des Sees, hat sie sich tief in die Schotterfächer eingeschnitten. Aus den Deltaschottern aufgebaut ist die nach Südwesten abdachende Wiesener Schotterfläche nördlich Königsdorf; auch verschiedene Schotterreste auf der östlichen Isarseite bei Ascholding zählen zu dem einst großen Delta, das bei Einöd seine Wurzel hatte. Ein zweites Schotterdelta ist nach dem Absinken des Seespiegels bei Gelting entstanden, seine Oberfläche fällt nach Westen gegen das Loisachtal ein.

Die erste größere *Flußterrasse* ist nach einer Eintiefungsphase und zu einem Zeitpunkt entstanden, als zumindest der Nordteil des Wolfratshauer Beckens bereits trocken gefallen war. Die Flächen dieser Terrasse nehmen insbesondere bei Geretsried, Gelting und Ascholding einen größeren Raum ein.

Wie die Deltaschotter ist auch die älteste Flußterrasse der Isar im letzten Spätglazial entstanden.

Für ihre Einordnung in den jüngsten Abschnitt des Eiszeitalters sprechen typische Frostbodenerscheinungen (Kryoturbationen, Eiskeile). Unter Wald sind stellenweise noch Buckelwiesen aus der Jüngerer Tundrenzeit (10 800—10 300 vor heute) erhalten.

Nördlich der Endmoränen bei Schäftlarn benützt die Isar die zentrifugale Hauptabflußrinne des Isargletschers im Wolfratshauer Lobus (vgl. ROTHPLETZ 1917, TROLL 1926, SCHUMACHER 1981).

1.3.2 Die postglaziale Isar

Die Flußgeschichte der postglazialen Isar umfaßt die letzten zehntausend Jahre, d. h. die „geologische Gegenwart“. Bei ihren postglazialen Flußablagerungen werden die mehrere Meter über dem heutigen Flußniveau liegenden Schotterterrassen von den davon deutlich abgesetzten, flußnäheren Auenablagerungen unterschieden.

Terrassen der heute über dem Grundwasser liegenden *Postglazialschotter* sind beiderseits der Isar ausgebildet. Die größeren Flächen erstrecken sich von Geretsried über Gartenberg nach Wolfratshausen und Weidach. Hier sind zwei durch eine 1—2 m hohe Stufe getrennte Terrassenniveaus ausgebildet; auf der höheren Terrasse verläuft die Bundesstraße 11, die tiefere erstreckt sich zwischen Geretsried und Waldram bis zum Isarhochufer. Diesen entspricht auf der anderen Isarseite die schmale Terrassenleiste nördlich Puppling, welche die Pupplinger Au im Osten begrenzt (vgl. JERZ 1986: Geolog. Karte 1:25 000, Blatt Starnberg Süd).

In der Anordnung der Postglazialterrassen bei Wolfratshausen zeigt sich die Vormacht des Flußregimes der Isar nach dem Verschwinden des Wolfratshauer Sees. Der Flußlauf der Loisach und deren Flußterrassen bleiben auf einen schmalen Bereich im Westteil des Wolfratshauer Beckens beschränkt.

Zusammensetzung der Isarschotter:

Die Einzugsgebiete der Isar wie auch des Isargletschers liegen hauptsächlich in den Nördlichen Kalkalpen. Es überwiegt daher kalkalpines Geröll-

und Sandmaterial in den Flußablagerungen der Isar. Der Anteil an kristallinen, „erratischen“ Gesteinen aus den Zentralalpen ist relativ gering; sie wurden im Hochglazial durch einen vom Inn-gletscher abgezweigten Eisstrom über den Seefelder Paß dem Isargletscher und damit auch dem Isar-Gebiet zugeführt.

Für den durchschnittlichen Geröllbestand können folgende Werte bzw. Spannen angegeben werden:

Kalke (Herkunft v. a. kalkalpine Trias und Jura)	45(—50)%
Dolomite (v. a. kalkalpine Trias)	40(—35)%
Sandsteine und Quarzite (v. a. Molasse und Flysch) sowie Hornsteine und Jura-Radiolarite	10(—12)%
Kristallin der Zentralalpen, v. a. Quarze, Gneise, Glimmerschiefer, Amphibolite, Granite (Herkunft v. a. Landecker Quarz- phyllitzone, Ötztal- und Silvretta- Kristallin, Bernina- und Albula-Julier- Gebiet)	3—5%

Am Geröllbestand sind Kalke und Dolomite zu fast gleichen Teilen beteiligt (mit geringem Übergewicht der Kalke). Die gröbere Kiesfraktion (31,5 bis 63 mm ϕ) enthält deutlich mehr Kalke als Dolomite, die kleinere Fraktion (20—31,5 mm ϕ) meist mehr Dolomite als Kalke. Beim fluviatilen Transport werden die Dolomite, die vorwiegend aus dem gegen mechanische Beanspruchung weniger widerstandsfähigen Hauptdolomit bestehen, schneller abgerieben als die Trias- und Jurakalke. Dies bedeutet eine Zunahme der Kalkgerölle mit zunehmender Transportweite. In der Sand- und Schlufffraktion schwankt der Gesamtkarbonatgehalt zwischen 60 und 40 Prozent.

Der Anteil der Kristallingerölle beträgt in der Kiesfraktion bis zu 5 Prozent, in den größeren Korngrößen (über 63 mm ϕ) können die widerstandsfähigen metamorphen und magmatischen Gesteine auch höhere Werte erreichen.

Die älteren Postglazialterrassen weisen wie die Spätglazialterrassen grobes Geröllmaterial bis zur Oberfläche auf. Für die jüngeren Terrassen einschließlich der Auenstufen bildet häufig eine Flußmergelaufgabe den Abschluß der fluviatilen Sedimentation.

Die auffälligste Stufe in den Isarterrassen trennt die Postglazialschotter von den kiesigen, sandigen und schluffigen *Auenablagerungen*; ihre Höhe kann beiderseits der Isar — bei Geretsried und Ascholding — bis zu 5 m betragen. Im Bereich der breiten Talquerschnitte bei Nantwein und Weidach sind noch Zwischenterrassen ausgebildet. Vor Beginn der Aufschüttung der Auensedimente um die Wende Suboreal/Subatlantikum vor ca. 3000 Jahren muß eine Phase kräftiger Tiefenerosion angenommen werden, in welcher sich der Fluß im Süden im Bereich der Ascholdingener Au etwa bis auf sein heutiges Niveau, im Norden im Bereich der Pupplinger Au und Ickinger Wehr bis unter sein heutiges Flußbett eingetieft hat.

In den Isarauen lassen sich — nach Höhenlage und Verwitterungsgrad der Auenböden — bis zu 5 Auenstufen unterscheiden. Während die beiden unteren Auenstufen bei stärkerem Hochwasser noch überflutet werden können, werden die höheren Stufen seit Bestehen des Sylvenstein-Speichers (1959) vom Hochwasser nicht mehr erreicht. Zu Auflandungen von frischem Sedimentmaterial kam es daher in den letzten Jahrzehnten nur noch auf den untersten Auenstufen. Alle Auenböden haben wenigstens zeitweise noch Anschluß an das jahreszeitlich stark schwankende Flußgrundwasser.

Für die Auenablagerungen im Isartal ist ein häufig rascher Bodenartenwechsel kennzeichnend. Auf engstem Raum bestehen Übergänge von sandig-kiesigen zu sandig-schluffigen Substraten. Auch die Mächtigkeit einer Auflage aus Fein- über Grob-sedimenten ist einem häufigen Wechsel unterworfen. Die bodenartigen Unterschiede bedeuten auch veränderte bodenphysikalische Eigenschaften wie Durchlässigkeit und Wasserkapazität; sie zeichnen sich deutlich im Vegetationsbild ab (Dichte des Bewuchses, Baumwachstum und Bonität), vgl. SEIBERT 1958 und Kap. 3).

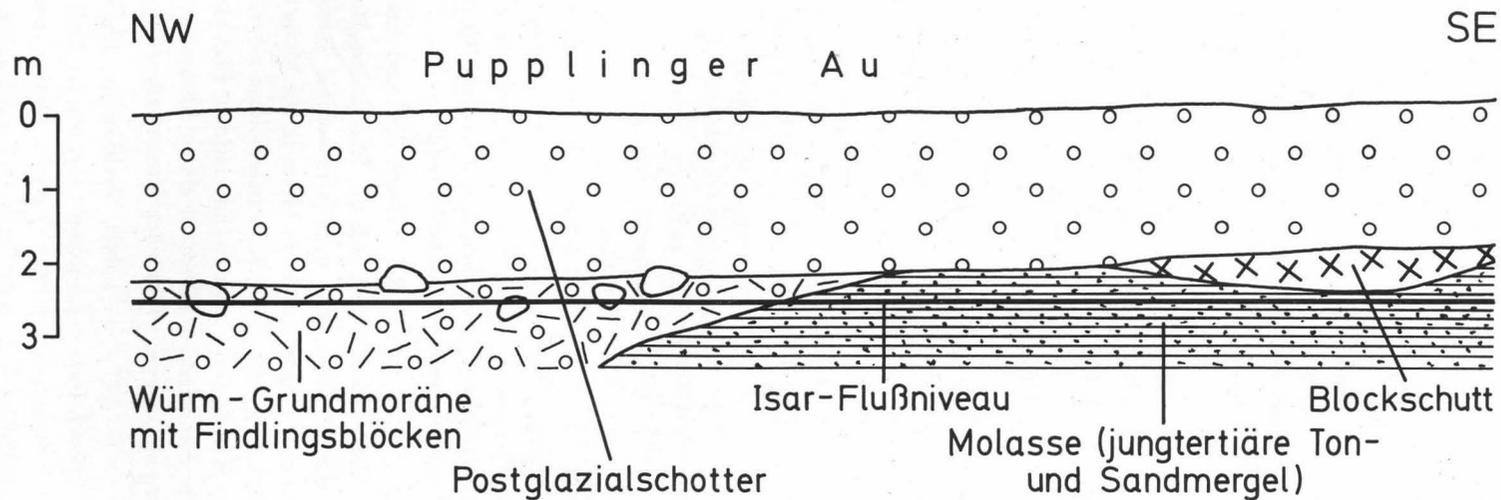


Abb. 3 Geologisches Profil (NW-SE) am Isarufer nordwestlich Ascholding am Südrand der Pupplinger Au gegenüber Gartenberg (R 44 60 450, H 53 06 100).

Die Auenablagerungen wie auch die älteren Postglazialschotter zeichnen die Entwicklung eines über Jahrtausende in seinem breiten Bett pendelnden Flusses nach, der auch an den Flanken des Gletscherbeckens erodierte, wie zwischen Ascholding und Puppling, bei Aumühle und nördlich Wolfratshausen. Hier reichen die Auenböden bis unmittelbar an die Talflanke. Unterschneidungen durch die Isar führten frühzeitig zu labilen Hängen mit Rutschbewegungen.

Die Auenstufen sind Teil einer Terrassentreppe, die in den höheren Postglazialschottern beginnt und sich isarwärts fortsetzt. Ihre Terrassenkörper sind hauptsächlich durch laterale Schotterumlagerungen entstanden (L-Terrassen, SCHIRMER 1983). Flußverzweigungen schneiden ältere Terrassen ab; an den Nahtstellen verschiedener Terrassen bleiben oft Altwasserarme und Hochflutrinnen erhalten, die vom Fluß noch bei Hochwasser benutzt werden. Natürliche Uferwälle begleiten die Ränder der Hochflutrinnen. (Uferwälle entstehen beim Ausufern eines Fließgewässers und rasch verminderter Strömungsgeschwindigkeit und Transportkraft.) Für die Sedimentkörper der Postglazialschotter sind Schrägschichtung und matrixarme Schotter kennzeichnend; bei nach oben abnehmender Korngröße sind sie vielfach von feinsandigen bis schluffigen Hochflutablagerungen überdeckt.

Für Aussagen über eine mögliche künftige Entwicklung des Isarlaufs zwischen der Tattenkofener Brücke und dem Ikinger Wehr ist eine Kenntnis der gegenwärtig vom Fluß angeschnittenen geologischen Substrate von Bedeutung:

Die Isar schneidet heute über weite Uferstrecken ihre postglazialen *Schotter* an (vgl. Abb. 3). Erodirtes Material kommt nach kürzerem oder längerem Transport in Kies- und Sandbänken wieder zum Absatz. Die streckenweise starke Seiten- und Tiefenerosion wird vor allem auf die mangelnde Geschiebefracht aus den Einzugsgebieten im Gebirge zurückgeführt.

Im Bereich der Einmündung des Loisach-Isar-Kanals in die Isar hat der Fluß die Postglazialschotter durchschnitten und vor wenigen Jahren die plastischen *Seetone* des spätglazialen Wolfratshau-

ser Sees und stellenweise auch deren Unterlage, die würmeiszeitliche Grundmoräne, erreicht. Beide glaziale Ablagerungen setzen der hier neuerdings verstärkten Seitenerosion nur geringen Widerstand entgegen. Sie können die fortschreitende Sohlenerosion flußaufwärts auf der gestreckten Flußstrecke in Richtung Wolfratshausener Marienbrücke kaum aufhalten (vgl. hierzu auch die Abb. 4, 5 und 6).

In Höhe des Zusammenflusses von Isar und Loisach ist die Schotterdecke mächtiger. Die Seetonobergrenze liegt hier 6–8 m unter den Auenablagerungen.

An den Randbereichen des Gletscherbeckens wird von der Isar vor allem Würm-*Grundmoräne* und stellenweise Molasse (s. u.) angeschnitten. Die Moräne ist vor allem bei Gartenberg zu sehen, wo sie am steilen Flußufer ansteht. Sie läßt sich im Flußbett, wo sie Schwellen und Querrinnen bildet, bis auf die gegenüberliegende Seite verfolgen (vgl. JERZ 1969: Geologische Karte 1:25 000, Blatt Königsdorf) und wo sie schließlich unter den jungen Postglazialschottern der südlichen Pupplinger Au verschwindet. Die schluffige Grundmoräne ist von zahllosen kleinen und großen Geschieben durchsetzt, darunter mehrere Geschiebeblöcke von Kubikmetergröße, die teilweise oder ganz vom Fluß freigespült sind (vgl. Abb. 3). Die vom Gletschereis verdichtete (vorbelastete) Grundmoräne zwingt hier den Fluß zu einer stärkeren Seitenerosion, was zu einem Abtrag der lockeren Postglazialschotter führt.

Bei Tattenkoben und nordwestlich Ascholding tiefte sich die Isar in den *Molasse*-Untergrund ein. Bei der Tattenkofener Brücke hat sich der Fluß mehrere Meter in die Mergel und Sande der Oberen Süßwassermolasse eingeschnitten. Unterschneidungen am rechten Flußufer haben in früheren Jahren zu einem Abrutschen der oberhalb vorbeiführenden Staatsstraße geführt.

Labile Verhältnisse liegen auch nordwestlich Ascholding vor, wo der Fluß auf einer Strecke von einigen hundert Metern einen Steilhang in den Molasseschichten anschneidet. Rutschschollen in den tertiären Ton- und Sandmergeln zerlegen den Isar-

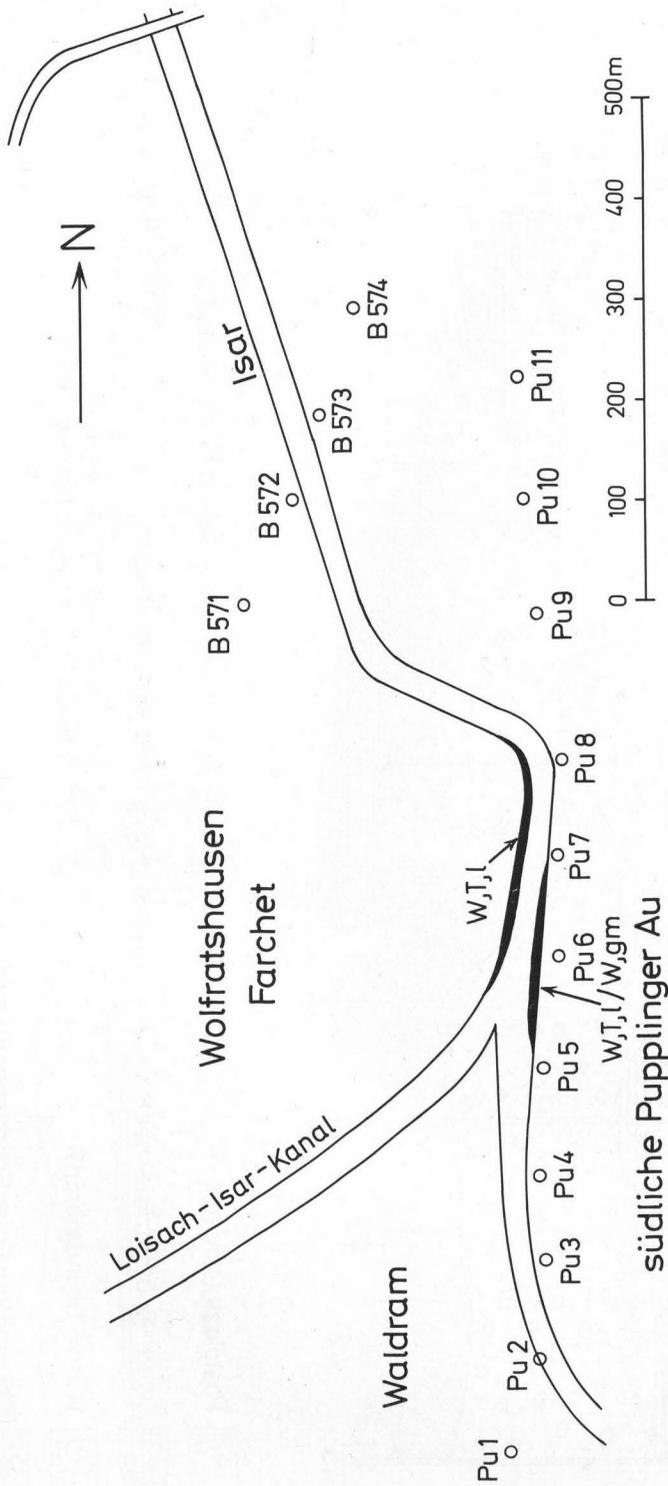


Abb. 4 Lageplan der Bohrungen zu den Profilen in Abb. 5 und 6*.)

*) Den Stadtwerken München, Abt. Wasserwerke, wird für die Überlassung von Bohrunterlagen bestens gedankt. Die Bohrungen Pu 1 — Pu 11 (1977) wurden vom Verfasser, die Bohrungen B 571 — B 574 von Dr. R. ULRICH, Bayer. Geol. Landesamt, München, aufgenommen.

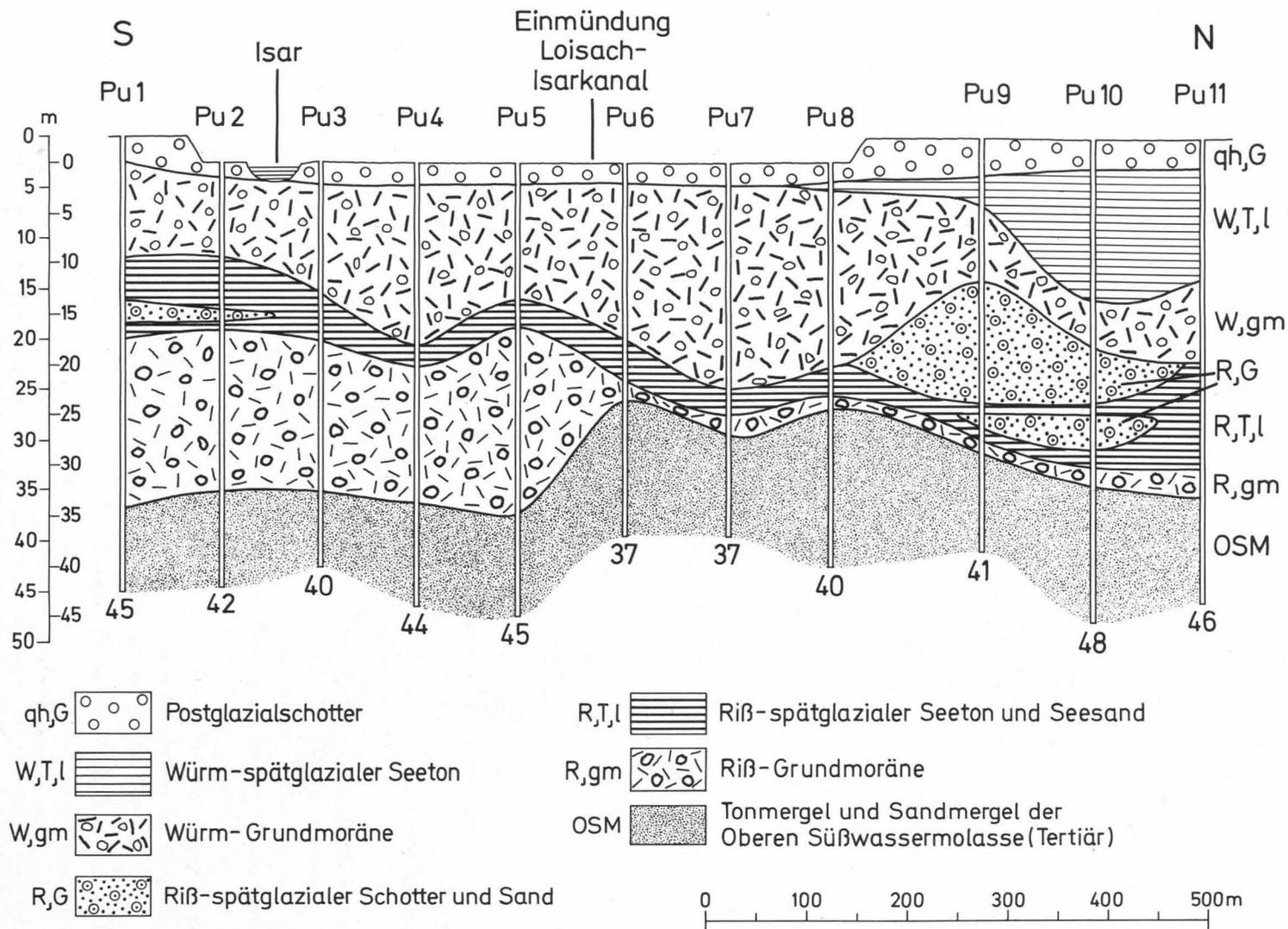


Abb. 5 Geologisches Profil (N-S) in der südlichen Pupplinger Au parallel zur Isar gegenüber Waldram und der Einmündung des Loisach-Isar-Kanals.

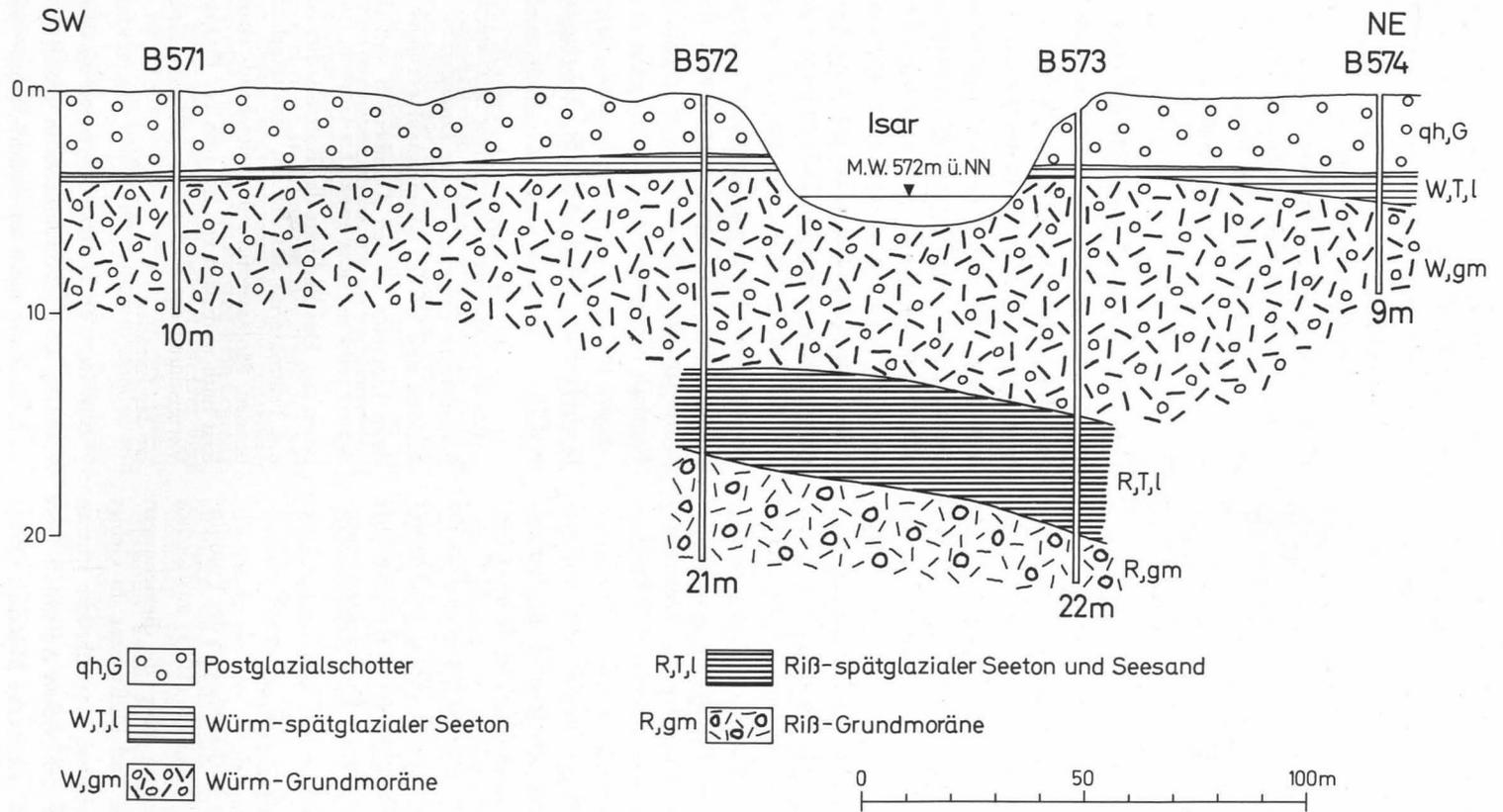


Abb. 6 Geologisches Profil (SW-NE) im Bereich des Isar-Dükers Farchet, ca. 500 m südlich der Marienbrücke bei Puppling.

prallhang. Am Hangfuß wird das abgerutschte Material vom Hochwasser weggeführt. Weiter hangaufwärts schließt sich ein größeres Rutschgelände an; Risse und Wülste weisen auf noch aktive Rutschbewegungen hin.

Im Isarbett unterhalb des Rutschgebietes liegen zahlreiche große Blöcke aus Schotternagelfluh (R 44 60 600, H 53 06 050); sie stammen aus dem altquartären Deckenschotter im oberen Drittel des rückwärtigen Steilhanges und sind bei einem größeren Bergrutsch (vermutlich in geschichtlicher Zeit) bis in die Isar geglitten.

Molasseschichten tauchen auch unterhalb des Blockfeldes am rechten Isarufer auf. Hier liegen die Postglazialschotter unmittelbar auf dem Tertiär (vgl. Profilskizze, Abb. 3). Bei Niedrigwasser treten hier Molassemergel und -sande zutage. In Kälteperioden dringt der Frost in die Klüfte und feineren Risse ein und lockert das Gestein auf, so daß es vom nächsten Hochwasser leicht abgetragen werden kann. Die Molasse taucht auch auf der gegenüberliegenden Seite bei Gartenberg auf, wo sie über eine Strecke von 200—300 m das linke Isarufer bildet. Zwischen dem Prallhang nordwestlich Ascholding und dem Hochufer bei Gartenberg durchschneidet die Isar eine Schwelle aus Molasseschichten, die zwischen den Eisströmen im Wolfratshäuser Becken und Eglinger Becken bzw. vor dem Neufahrner Sporn noch erhalten ist und beckenwärts unter der Würm-Grundmoräne verschwindet.

In der Ascholding Au wurden beim Bau des Isar-Dükers für ein Postkabel (1985) am Ostufer die Molasseschichten (Sandmergel und Sandsteine) in 2—3 m Tiefe unter jungen Flußschottern angetroffen.

1.4 Grundwasser und Hangwasser

Die hydrogeologischen Verhältnisse in der Pupplinger Au sind von ST. MÜLLER (1973) ausführlich beschrieben. Die Angaben über die Beziehungen zwischen Grundwasser und Flußwasser im Gebiet nördlich der Wolfratshäuser Marienbrücke stützen sich vor allem auf die zahlreichen Aufschluß- und Pegelbohrungen der Wasserwerke München (1961/1962).

Die Sohlschicht für das oberste, oberflächennahe Grundwasser-Stockwerk bilden spätglaziale Seetone des Wolfratshäuser Sees. Grundwasserleiter sind die matrixarmen, hochdurchlässigen Postglazialschotter (k -Wert $1\text{--}2 \cdot 10^{-2}$ m/sec). Die Mächtigkeit der Schotter über dem Seeton beträgt in randlichen Bereichen 3—4 m, wie z. B. bei Puppling (Aujäger) und bei Aumühle, im Bereich des heutigen Isarbetts oberhalb des Ickinger Wehrs 6—8 (10) m. Das Grundwasser steht im allgemeinen 1—2 m unter Flur.

In den Flußabschnitten südlich der Marienbrücke, wo die Isar sich in die spätglazialen Seesedimente und in die Würm-Grundmoräne (s. Abb. 4—6) und weiter im Süden sich auch in die Molasse (s. Abb. 3) einschneidet, ist in den Auen kein zusammenhängender Grundwasserspiegel mehr vorhanden und das Flußwasser erreicht nur bei starken Hochwässern die Auenbereiche. Ganzjährig kann in der südlichen Pupplinger Au nicht mit Grundwasseranschluß gerechnet werden. Es befindet sich dort, wie aus Bohrungen bekannt, in 15—25 m Tiefe ein zweites Grundwasserstockwerk in rißzeitlichen, sandig-kiesigen Ablagerungen. Es wird durch die Würm-Grundmoräne nach oben abgedichtet. Im Bohrloch beträgt der Auftrieb des tieferen Grundwassers 15—20 m und erreicht somit fast die Geländeoberfläche (vgl. Abb. 5: Bohrungen Pu 9 und 10).

Randbereiche der Pupplinger Au werden von Seitenbächen gespeist, die ihr Einzugsgebiet in der Molasse und in den Moränenablagerungen haben. Beim Eintreten in den Auenbereich versickert ihr Wasser teilweise oder ganz (Eis-Graben, Ried-Graben u. a.). Das Bachbett des Kaltenbaches ist jedoch mit Feinmaterial aus den im Einzugsgebiet anstehenden Molasseschichten weitgehend abgedichtet. Erst nach und nach erfolgt auch bei Puppling eine Vermischung des Bachwassers mit dem Grundwasser der Isarauen.

Austritte von *Hangwasser* treten an den steilen Flanken des Gletscherbeckens in großer Zahl auf. Es handelt sich meist um Schicht-, Schutt- oder auch Stauquellen. Wasserstauer an den Talflanken rechts

der Isar sind die Molasseschichten, an den Hängen links der Isar die Seetone eines früheren Wolfrats-hauser Sees (vgl. Abb. 2). Die Quellenaustritte verursachen vielfach Hangvernässungen und begünstigen Hangrutschungen in labilen Hangbereichen. Auf eine früher stärkere Quellstätigkeit — vermutlich im Atlantikum und frühen Subboreal rd. 7000 bis 4000 Jahre vor heute — weisen die Kalksinterbildungen nordwestlich Ascholding, bei Puppling und im Ried-Graben hin.

2. FLUSSMORPHOLOGIE

(K. SCHEURMANN)

2.1 Flußgeschichte

Bevor wir uns den vom Menschen herbeigeführten Veränderungen der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholding Au zuwenden, seien ein paar grundsätzliche Gedanken zur Bettbildung der Flüsse angesprochen. Jeder Fluß ist bekanntlich das Resultat des Zusammenspiels von Kräften, die ihm ein bestimmtes Erscheinungsbild aufprägen. Vereinfacht ausgedrückt formen Abfluß und Feststoffführung die Maßverhältnisse eines Flußsystems, kurz gesagt, die sog. Gerinnegeometrie.

Es hat sich eingeführt, Flüsse in gestreckte, verzweigte und gewundene Läufe einzuteilen. Einen geraden Fluß im strengen Sinn kennt die Natur nicht. Als gestreckte Gerinne bezeichnet man daher solche, die über kürzere oder längere Abschnitte eine kleine Flußentwicklung aufweisen und insgesamt den Eindruck schwacher Krümmung vermitteln. Abgesehen von Flüssen mit großem Gefälle und geologisch-morphologisch verursachter Lauf-einengung kommen Streckungen selten vor, es sei denn, der Geschiebetrieb ist nur schwach entwickelt oder künstlich unterdrückt.

Weit verbreitet ist hingegen der Typ der verzweigten Flüsse. Im Gegensatz zu den gestreckten Gerinnen gibt es bei den verzweigten kein begrenztes Bett mit wenig veränderlichen Ufern. Der Fluß ist in zahlreiche Rinnen zerspalten, die auseinanderstreben, sich bald wieder zusammenfinden und nach jeder größeren Anschwellung ihre Gestalt ändern. Dazwischen sind meist vegetationslose und in dauerndem Umbau begriffene Kiesbänke oder Inseln eingestreut. Ansätze einer Begrünung der

Bänke werden von den Hochwassern immer wieder abgeräumt. Verzweigungen haben ein verhältnismäßig großes Gefälle und setzen ausreichenden Geschiebezulauf voraus. Wegen seines urwüchsigen Charakters hat ein solches netzartiges Gebilde im Volksmund die Bezeichnung „verwilderter Fluß“ erhalten. Das ist jedoch irreführend, denn auch der verzweigte Fluß ist das Ergebnis tektonischer und klimamorphologischer Vorgänge und somit sichtbarer Ausdruck des Wechselspiels von Naturkräften.

Gewundene Betten sind die typische Erscheinungsform von Flüssen mit abnehmendem Gefälle, geringen Turbulenzen und nicht zu kleiner Wassertiefe. Die häufig als Mäander bezeichnete Grundrißgestalt entsteht nach WUNDT dann, wenn im Wettstreit zwischen Erosion und Akkumulation eine gewisse Ruhe herrscht oder anders ausgedrückt, eine Art Gleichgewicht zwischen der Fallenergie des Wassers und dem Widerstand des beweglichen Substrates besteht. Der Fluß trachtet gewissermaßen danach, seinen Lauf auf die Länge zu bringen, bei der sich sein Gefälle dem Gleichgewichtsgefälle in etwa anpassen kann. Eingeschränkte Tiefenerosion vorausgesetzt, sind demnach Mäander gleichsam die Antwort des Flusses auf überschüssige Energie.

Bis vor wenigen Jahrzehnten war die Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholding Au ein verzweigter Fluß oder, wie man auch zu sagen pflegt, eine Umlagerungsstrecke, in der sich Geschiebezulauf und Abtrag ungefähr die Waage hielten. Anhand von Luftbildern läßt sich verfolgen, welche tiefgreifenden Veränderungen die Flußlandschaft seither erfahren hat. Die älteste Aufnahme aus dem Jahre 1925 zeigt noch ein ausgeprägtes Rinnensystem mit breiten, fast vegetationslosen Kiesbänken. Auf den seitlich sich anschließenden flachen Terrassen, die durch langsames, natürliches Tiefschalten des Flusses in der Nacheiszeit entstanden sind und kaum mehr überflutet wurden, siedelten vielfältige Pflanzengesellschaften. Den Ausschnitt zwischen Fkm 183,5 und 185,3 zeigt als Beispiel Abb. 11.

Wie sah die gleiche Flußstrecke 1971 aus? Es gab keine regelmäßig Wasser führenden Verästelungen mehr; ein gestrecktes Gerinne durchzog die Auen,

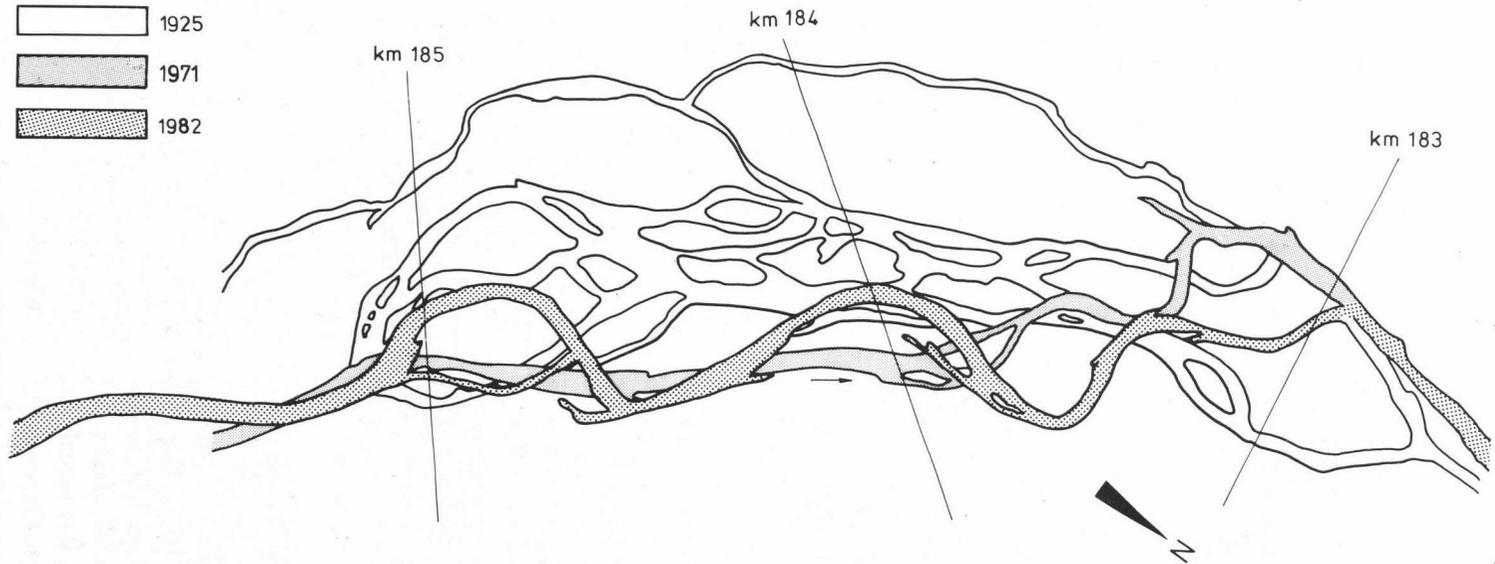


Abb. 7 Veränderungen des Rinnensystems zwischen km 183 und 185 (in Höhe Geretsried)
von 1925 bis 1982.

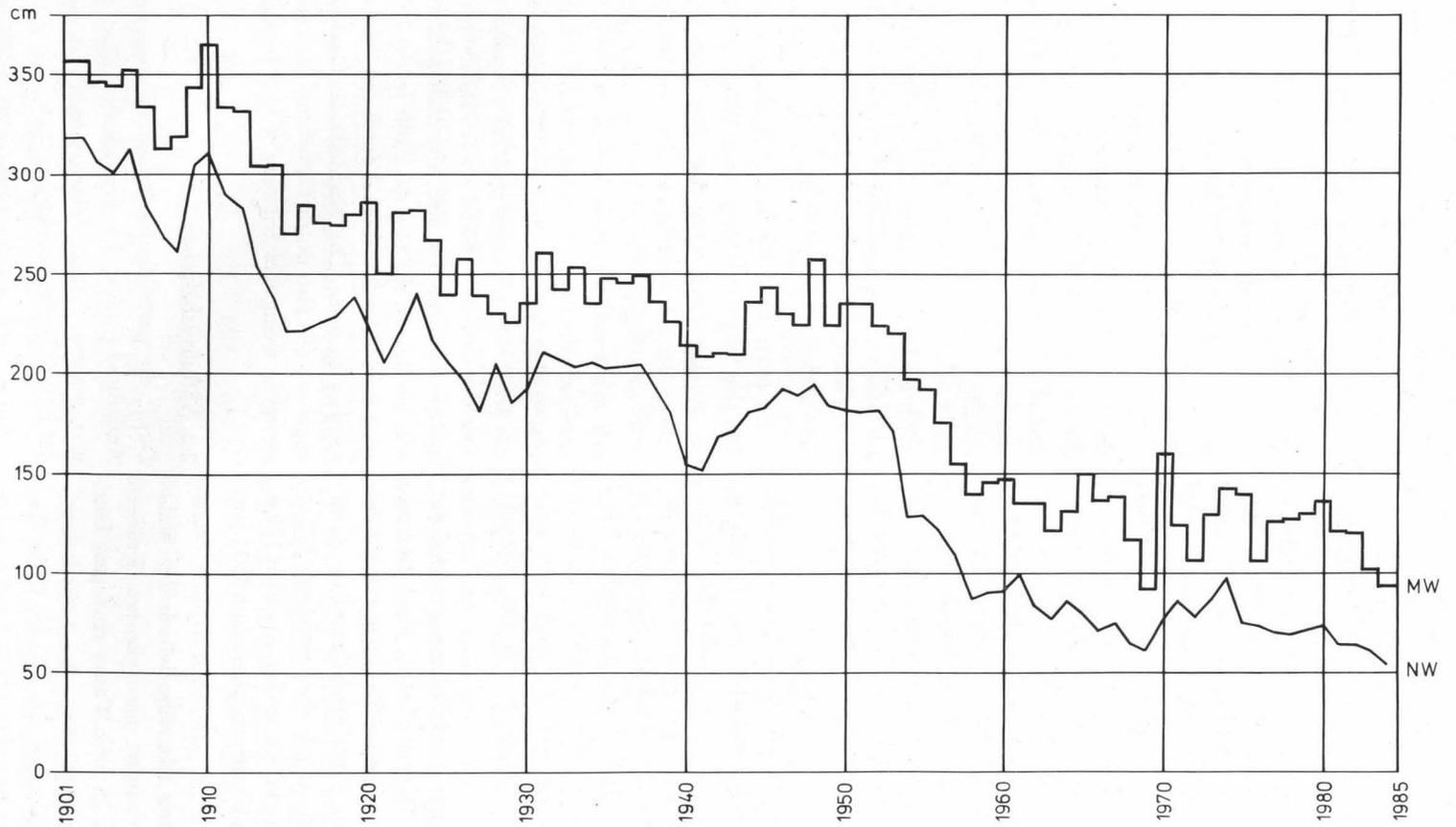


Abb. 8 Ganglinien der Mittel- und Niedrigwasserstände am Pegel Puppling von 1901 bis 1985.

während Nebenarme zusehends verkümmerten (Abb. 12). Die blanken Kiesbänke, ehemals charakteristisches Merkmal der Flußlandschaft, sind weit hin begrünt und nehmen an der Geschiebeumlagerung nur mehr in geringem Maße teil. Einige scharfe Biegungen des durch Tiefenerosion gekennzeichneten Gerinnes deuten darauf hin, daß die Isar bestrebt ist Terrassen anzugreifen, um sich durch seitliche Anbrüche Geschiebe zu verschaffen.

Eine ähnliche Situation spiegelt das Luftbild von 1982 wider (Abb. 13). Im Gegensatz zum Zustand von 1971 ist jedoch die Tendenz der Isar unverkennbar, die Lauflänge durch die Bildung von ausholenden Bögen zu vergrößern. Es hat den Anschein, daß die noch vor Jahren stürmisch voranschreitende Tiefenerosion sich abschwächt und dafür neuerdings die Seitenerosion mehr an Gewicht gewinnt. Bei der Betrachtung des Flußlängsschnittes wird auf diese Frage nochmals einzugehen sein (Abb. 7).

Wenn wir den Ursachen des aufgezeigten Gestaltwandels der Auen nachgehen wollen, ist das Augenmerk auf alle in deren Umfeld und insbesondere im Oberlauf der Isar vorgenommenen Eingriffe in das Flußsystem zu richten. Sozusagen als Gradmesser für den Einfluß aller künstlichen Veränderungen kann dabei der seit 1901 beobachtete Pegel Puppling dienen (Abb. 8). Nach ihrer zeitlichen Reihenfolge handelt es sich um folgende Maßnahmen:

Einen unmittelbaren Einfluß hatte zunächst die Isarregulierung bei Puppling selbst, die 1854 zum Schutz der Marienbrücke ins Werk gesetzt wurde. Mit der Übernahme der Unterhaltungslast durch den Staat 1911 wurde die Ausbaustrecke um 300 m verlängert. Sie erstreckt sich seither von Fkm 179,6 bis 177,3. Die steile Eintiefungsphase nach 1911 hat hierin ihre Wurzel.

Im Zusammenhang mit dem Betrieb des Walchenseekraftwerks werden der Isar am Krüner Wehr seit 1923 bis 25 m³/s Wasser entzogen. Die Entnahmemenge gelangt über den Loisach-Isar-Kanal bei Wolfratshausen am oberen Ende der Pupplinger Regulierung (Fkm 179,0) wieder in die Isar zurück. Ab 1923 zeigt der Pegel eine deutlich

verstärkte Eintiefungstendenz, weil der Kanal der Isar geschiefbefreies Wasser zuführt, das zur Erhöhung des Sättigungsdefizits beiträgt.

Nach einer Konsolidierungsphase von einigen Jahren machten sich zwischen 1937 und 1941 erneut Eintiefungen bemerkbar, deren Ursache nicht geklärt ist. Möglicherweise wurden bei Geretsried größere Kiesmengen für Bauzwecke aus dem Flußbett entnommen.

Der nächste, um 1950 einsetzende steile Abfall der Pegelganglinie ist durch mehrere Eingriffe in die Abflußverhältnisse der oberen Isar verursacht. Seit 1949 wird Reißbachwasser bis 12 m³/s der Isar entzogen und in den Walchensee übergeleitet. Die erodierende Wirkung des Abflußanteils, der über den Loisach-Isar-Kanal zur Isar gelangt, wird dadurch erheblich verstärkt. Im Jahr 1951 folgte die Ableitung der Dürrach zum Achensee. Der Isar ging damit nicht nur der Abfluß dieses Seitenbaches, sondern auch seine Feststofffracht verloren.

Als letzte Eingriffe in das Flußregime sind der Bau der Sylvensteinsperre von 1956 bis 1959 und die Anlage des Kraftwerkes Bad Tölz 1961 zu nennen. Beide Bauwerke unterbinden die Geschiebetrift vollständig, so daß die Isar gezwungen ist, sich mit Geschiebe ausschließlich aus der Strecke unterhalb der Staustufe (Fkm 199,0) zu versorgen. Überraschenderweise hat die Eintiefungstendenz sich seit 1961 nicht mehr verstärkt, sondern gegenüber der Dekade 1950/60 etwas abgenommen. Neben geologischen Gründen, die noch anzusprechen sein werden, ist die Ursache dafür in der Reduzierung der Hochwasserscheitel durch den Sylvensteinspeicher zu sehen. Die Nachteile des Geschiebeentzuges werden also durch Dämpfung der Hochwasserwellen wenigstens teilweise wieder ausgeglichen.

2.2 Abflußverhältnisse

Durch die geschilderten Baumaßnahmen sind die Abflußverhältnisse der Isar einschneidend verändert worden. Einige Zahlen mögen das Ausmaß der Eingriffe verdeutlichen.

Aus der Jahresreihe 1959—1983 errechnet sich der natürliche Mittelwasserabfluß der Isar vor der

Loisachmündung zu 64,3 m³/s. Durch Ausleitungen gehen davon verloren:

ausgeleitete Gewässer	Beginn	aufnehmendes Flußgebiet	mittl. Abfluß m ³ /s
Isar bei Krün	1923	Loisach	14,2
Walchen	1927	Inn	7,24
Rißbach	1949	Loisach	7,6
Dürrach	1951	Inn	2,68
Jachen	1923	Loisach	2,7
S u m m e			34,4

Die Verluste werden teilweise wettgemacht durch die Wasserrückleitung über den Loisach-Isar-Kanal. Sein Mittelwasserabfluß, ebenfalls abgeleitet von der Reihe 1959—1983, beträgt 20,2 m³/s, so daß der Isar am Pegel Puppling schließlich 64,3—34,4 + 20,2 = 50,1 m³/s verbleiben. Oberhalb der Kanal-mündung entfällt der von dort zugeführte Anteil, d. h. in der Ascholdingen Au führt die Isar im Mittel nur noch 64,3—34,4 = 29,9 m³/s Wasser, also knapp die Hälfte des natürlichen Abflusses.

Für die Gestaltungsvorgänge des Flußbettes sind weniger die Mittelwerte, als vielmehr die Hochwasser von Bedeutung. Es ist deshalb aufschlußreich, sich einige Zahlen über die Hochwasserwiederkehr zu vergegenwärtigen. Im statistischen Durchschnitt wurden bzw. werden am Pegel Puppling folgende Scheitelabflüsse erreicht oder überschritten:

	HQ ₁	HQ ₂	HQ ₅	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀
vor 1959	390	480	620	820	940	1090	1230 m ³ /s
nach 1959	270	330	435	510	575	650	695 m ³ /s

Aus der Tabelle geht deutlich hervor, daß der Sylvensteinspeicher die Wahrscheinlichkeit der Hochwasserwiederkehr erheblich herabsetzt. Zum Beispiel ist mit einem Hochwasser, das früher durchschnittlich alle 5 Jahre auftrat, jetzt nur noch im statistischen Abstand von rd. 50 Jahren zu rechnen.

Die dämpfende Wirkung des Sylvensteinspeichers kommt auch beim Vergleich der seit 1960 gemessenen Abflußhauptwerte am Pegel Bad Tölz klar zum Ausdruck:

	1959/1970	1971/1980
NQ	5,36	9,15
MNQ	9,02	11,3
MQ	28,5	26,1
MHQ	242	274
HQ	472	512*

*) Berechnung unsicher

Nur ganz seltene Hochwasser besitzen noch genügend Räumkraft, um verfestigte und verbuschte Kiesbänke wieder in Bewegung zu setzen.

2.3 Feststoffführung

Für die Bettbildung eines Flusses ist die Feststoffführung nicht minder wichtig als der Wasserabfluß. Aus methodischen Gründen ist es üblich, die Feststoffe in Geschiebe und Schwebstoffe einzuteilen. Unter Geschiebe versteht man alle Gesteinstrümmen, die über der Flußsohle rollend, gleitend oder springend talwärts zu wandern beginnen, sobald die kritische Schubspannung des Wassers überschritten wird. Schwebstoffe dagegen treiben, wie der Name sagt, im Wasser schwebend dahin. Die Abgrenzung zwischen beiden Formen kennzeichnet lediglich den augenblicklichen Bewegungszustand, bedeutet aber keine grundsätzliche Scheidung, weil Geschiebekörner oft durch Turbulenzen erfaßt, aufgewirbelt und zeitweilig in der Schwebelage gehalten werden können, bis sie wieder auf die Sohle sinken.

Abgesehen von Gebirgsbächen übertreffen die Schwebstofffrachten die Geschiebemengen meistens erheblich. Trotzdem kommt dem Geschiebe bei Flüssen, die zum verzweigten Typ gehören, eine weitaus größere Bedeutung für die Bettgestaltung zu. Es ist deshalb angebracht, den Veränderungen der Geschiebefrachten der Isar Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Man kann davon ausgehen, daß am Anfang unseres Jahrhunderts ein ausgewogenes Verhältnis zwischen dem Transportvermögen der Isar und dem Geschiebezulauf von den Quellen bis München

bestand. Daran änderten auch kleinere Regulierungen wie etwa die schon 1859 aufgenommene Mittenwalder Korrektur nichts wesentliches. Aus beobachteten Massenumlagerungen und Vergleichen mit dem Eintrag in den Saalachsee läßt sich die ursprüngliche Geschiebefracht der Isar bei Bad Tölz nach ERTL auf rd. 100 000m³/a beziffern. Infolge Abriebs auf der 25 km langen Strecke bis zur Loisachmündung ist davon etwa ein Viertel in Schweb umgewandelt worden.

Durch die 1923 begonnenen Ausleitungen wurde das Gleichgewicht der Massenbilanz empfindlich gestört. Wo das Transportvermögen geschwächt worden ist, wie unterhalb des Krüner Wehres und später an der Rißbachmündung, landete das Isarbett auf. Die umgekehrte Wirkung zeigte sich an der Einmündung des Loisach-Isar-Kanals, denn dort gibt es einen Überschuß von Transportvermögen, der zwangsläufig zu einem beträchtlichen Geschiebedefizit führen mußte.

Mit dem Bau des Sylvensteinspeichers kam der Geschiebetrieb aus dem oberen Einzugsgebiet ganz zum Erliegen. Was aus dem Zwischengebiet bis Bad Tölz eine Zeit lang noch in die Isar gelangte, verbleibt seit 1961 im Stauraum des Kraftwerkes. Zur Sättigung des Transportvermögens steht seither nur die Flußstrecke unterhalb dieser Anlage zur Verfügung. Je weniger dort die Kiesvorräte werden, desto stärker wird die Tendenz der Isar, zur Auslastung der Transportenergie Feststoffe durch Tiefen- und Seitenerosion zu beschaffen.

Mit der Abnahme der Kiesvorräte geht eine auffallende Vergrößerung der mittleren Geschiebekorndurchmesser einher. Bei Körnungsanalysen wurden folgende Mittelwerte gefunden:

Jahr	dm im Abschnitt (Fkm)		
	224 — 199	199 — 174	174 — 156
1934	19,5	15,7	16,0 mm
1965	22,5	23,7	28,5 mm

Wie der Zahlenvergleich zeigt, findet in neuerer Zeit eine Kornsortierung statt, bei der bevorzugt

Feinanteile ausgewaschen und gröbere Fraktionen scheinbar angereichert werden. Dieser als „Sohlenpanzerung“ bezeichnete Vorgang verzögert gewöhnlich die Tiefenerosion, allerdings nur insoweit als alluviale Deckschichten in ausreichender Mächtigkeit bestehen, d. h. der Sohlendurchschlag noch nicht eingetreten ist. Im übrigen ist zu bemerken, daß die 1965 gemessenen Korndurchmesser nicht nur insgesamt größer sind als 1934, sondern flußabwärts entgegen dem Abriebgesetz zunehmen: Ein weiterer Beweis für die Selektion der feineren Anteile.

Zu ähnlichen Schlußfolgerungen führt ein Blick auf die petrographische Zusammensetzung des Geschiebes. Nach Analysen in den Jahren 1962 und 1965 ist der Anteil der dunklen Kalke und der Gesteine der Karwendelmulde nach dem Einstau des Sylvensteinsees zurückgegangen, während stattdessen Dolomitgeschiebe und helle Kalke relativ zunehmen. In Wirklichkeit ist diese Anreicherung nur scheinbar, denn sie resultiert letztlich aus dem Ausfall der weicheren Gesteine der Karwendelmulde.

Um zu Aussagen über die Geschiebebilanz zu gelangen, bedient man sich in der Regel einer Massenberechnung anhand vermessener Flußquerschnitte. Dieses Verfahren führt jedoch nur bei ausgebauten Flüssen zu zuverlässigen Ergebnissen, während bei naturnahen Gewässern eine größere Fehleranfälligkeit besteht, weil bei diesen das bewegte und wechselhafte Relief des Flußbettes durch Querprofile im üblichen 200-m-Abstand nur unvollkommen erfaßbar ist. Nach einer Studie von RIEDEL sind zwischen Fkm 187 und 175, also der Tattenkofener Brücke und dem Ickinger Wehr, auf Grund von beobachteten Querschnittsänderungen von 1969 bis 1984 etwa 625 000 m³ Feststoffe abgetragen worden, das sind im Jahresmittel 42 000 m³. Der Wert erscheint plausibel und entspricht ungefähr dem von ERTL (1948) mit 30 000—40 000 m³/a prognostizierten Transportvermögen nach Errichtung der Sylvensteinsperre.

Vergleicht man die berechnete Transportmenge mit den Kiesbaggerungen in den Bereichen des Ickinger Wehres und der Kanalausleitung bei Pullach im gleichen Zeitraum, so ergibt sich allerdings

ein schwer auflösbarer Widerspruch, denn die Kiesentnahmen belaufen sich im Durchschnitt nur auf 16 300 m³/a. Möglicherweise liegt die Ursache in der Unschärfe der Massenberechnung. Als weiterer Grund ist ins Feld zu führen, daß die Kiesanlandungen wegen des bei Hochwasser nicht auszu-schließenden Geschiebedurchlaufs über das Ickinger und Pullacher Wehr nicht mit dem tatsächlichen Geschiebeanfall identisch sein müssen. Ferner werden bei den Erosionsvorgängen in den Auen nicht nur grobe, sondern auch Feinteile abgetragen, die vom Wasser weggeführt werden, ohne in der Geschiebebilanz zu Buche zu schlagen. In grober Näherung wird man von ca. 20 000—30 000 m³/a mittlerer Geschiebefracht ausgehen dürfen, wobei wegen des Aufbrauchs an Kiesvorräten mit fallender Tendenz zu rechnen ist.

Nicht weniger komplex als der Geschiebehaushalt sind die Probleme des Schwebstofftransports. Im Vergleich mit anderen alpinen Flüssen, etwa dem Inn, zählt die Isar zu den verhältnismäßig schwebstoffarmen Gewässern. Ihr Schwebstoffgehalt bei München wird seit 1930 gemessen; von 1952 bis 1970 bestand zudem eine Meßstelle unterhalb der Sylvensteinsperre. Es wurden ermittelt:

Reihe	Sylvenstein AE = 1138 km ²	München AE = 2836 km ²
1930/60 Fracht	—	287 000
t/a		
Spende	—	102
t/km ² · a		
1952/57 Fracht	87 000	297 000
Spende	74	104
1961/65 Fracht	18 000	
Spende	15	64
1973/82 Fracht	—	137 000
Spende	—	48

Wie sich aus der Gegenüberstellung der Meßwerte ergibt, wirkt der Sylvensteinspeicher als Klärbecken, in dem rd. 80 Prozent der ankommenden Schwebstoffe zurückgehalten werden. Darüber hinaus verbleibt ein weiterer, vorwiegend aus den Seitentälern der Isar stammender Teil der Schweb-

stoffe im Stauraum des Kraftwerks Bad Tölz, der zumindest bis zur Gegenwart durch Spülung nicht entfernt wird. Die vergleichsweise weniger reduzierten Meßwerte von München sind für die Puppinger und Ascholdinginger Au nicht repräsentativ, da sie durch die Frachten der Loisach beeinflusst sind.

Solang in verzweigten Flußsystemen natürliche Bedingungen herrschen, üben die Schwebstoffe auf die Bettgestaltung wenig Wirkung aus. Wenn jedoch die Vegetation auf Kiesbänken durch Störung der Umlagerungsprozesse Fuß fassen kann, werden die vom Hochwasser herangeführten Schwebstoffe zum Teil „ausgekämmt“ und die Verlandungsvorgänge beschleunigt. Daß die Schwebstoffanlandung in den Isarauen sich bisher trotz der Verbuschung der Bänke in Grenzen hält, ist hauptsächlich der geringen Schwebstoffzufuhr aus dem oberen Einzugsgebiet zu verdanken.

2.4 Längsprofil

Das Längsprofil eines Flusses gehört zu den wichtigsten Formelementen der Erdoberfläche. Seine Ausbildung ist sozusagen die Reaktion des Flusses auf tektonische, lithologische und klimatische Vorgaben. Langfristig gesehen trachtet jeder Wasserlauf danach, ein sogenanntes Ausgleichs- oder Beharrungsgefälle zu schaffen, bei dem sich im freien Spiel der Kräfte ein Gleichgewichtszustand zwischen der Schubspannung des fließenden Wassers und dem Widerstand der beweglichen Sohle herausbildet. Nach der von STERNBERG entwickelten Theorie könnte ein flußabwärts auf gerader Bahn bewegter Geschiebetransportkörper nur dann der Gleichgewichtsbedingung genügen, wenn die Korngrößen unverändert blieben. Nun wird aber das Flußgeschiebe im Verhältnis der erbrachten Arbeitsleistung abgenutzt. Gleichgewicht kann es deshalb nur geben, wenn der Energieüberschuß, der aus der Verkleinerung der Geschiebekörner folgt, durch eine Verlängerung des Transportweges aufgezehrt wird; mit anderen Worten, das Gefälle wird im Idealfall bei Schrumpfung der Korngröße kleiner. Ist das Ausgangsgefälle größer, als es der Widerstand der beweglichen Sohle erfordert, sucht der Fluß sich dem Gleichgewichtszustand im Wege der Tiefenerosion zu nähern.

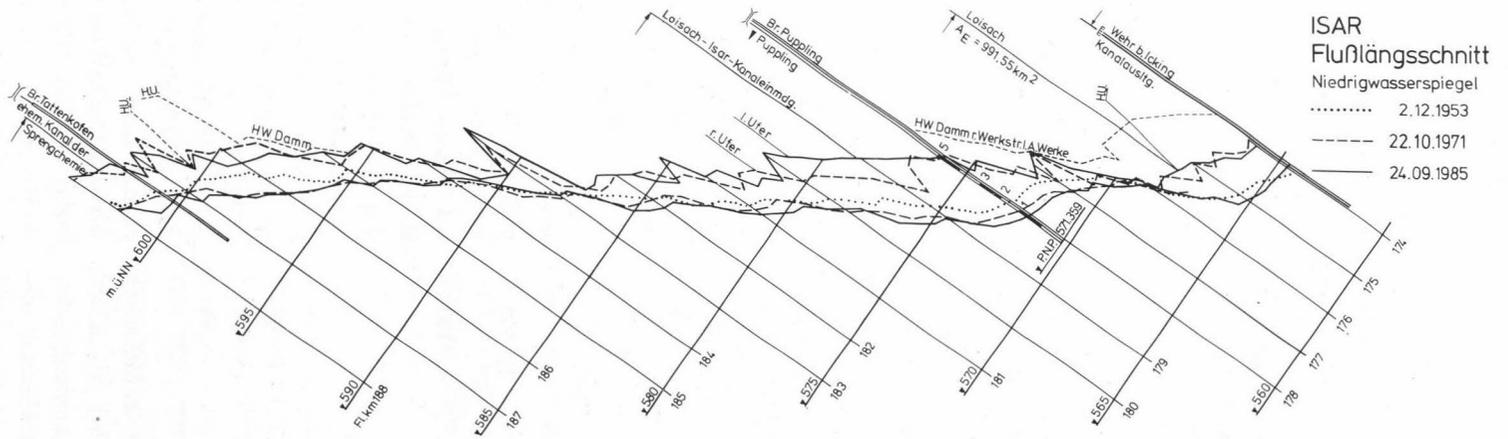


Abb. 9 Niedrigwasserspiegellagen zwischen km 174 und 188 (etwa Höhe Icking — Einöd)

Eine Aufrißlinie, die dem STERNBERG'schen Ideallängsschnitt entsprochen hätte, hat es im Bereich der Ascholdinger und Pupplinger Au wahrscheinlich nie gegeben. Es ist vielmehr anzunehmen, daß die breite Auffächerung der Isar beim Eintritt in die Ascholdinger Au seit jeher mit einer leichten Abnahme des Gefälles verbunden war, denn in verzweigten Flußbetten ist wegen des verkleinerten hydraulischen Radius (man versteht darunter das Verhältnis zwischen durchflossenem Querschnitt und benutztem Umfang) weniger freie Energie verfügbar als in solchen mit fester Uferbegrenzung. In der Tat ist in der Gegend von Fkm 185 ein Gefällswechsel zu beobachten. Oberhalb davon (zwischen Fkm 190 und 185) beträgt beispielsweise das mittlere Gefälle rd. 2,6 Promille, dagegen zwischen Fkm 185 und 175,3 (Loisachmündung) ca. 2,9 Promille (Abb. 9).

Das gegenwärtige Längsprofil ist durch auffallende Störungen insbesondere im Bereich der Einmündung des Loisach-Isar-Kanals (Fkm 179) und der Pupplinger Regelung charakterisiert. Infolge der plötzlichen Steigerung des Transportvermögens durch das vom Kanal herangeführte Wasser tritt die Sohlenerosion dort besonders krass in Erscheinung. Sie pflanzt sich in die Pupplinger Regelungsstrecke hinein fort, klingt aber nach deren unteren Ende zu wieder aus, weil der langgezogene Schwemmfächer der Pupplinger Au ebenso einen gewissen Stauereffekt erzeugt, wie derjenige der sieben Kilometer weiter oben beginnenden Ascholdinger Au. Bevor der Stau des Ickinger Wehres wirksam wird, wächst das Gefälle auf etwa 1 km Länge bis ca. 4 Promille an.

Veränderungen der mittleren Sohlenhöhe lassen sich am besten durch Vergleiche der zu verschiedenen Zeiten gemessenen Niedrigwasserspiegellagen verfolgen. Bei einem Fluß, dessen Rinnen starken seitlichen Verwerfungen unterliegen, ist das Verfahren allerdings nicht problemlos, weil es kaum gelingt, die Stationen der Wasserspiegelfixierungen miteinander genau in Deckung zu bringen. Aussagen über lokale Verschiebungen der Sohlenhöhe sind deshalb nur unter Vorbehalt möglich. Über-

schlägig ergibt sich beim Vergleich der Messungen von 1953 bis 1985 folgendes Bild:

Von der Tattenkofener Brücke bis etwa Fkm 185 wurde die mittlere Gerinnesohle in den letzten 30 Jahren bis zu 1 m tiefergeschaltet. Im Umfeld von Fkm 185 dürfte die Sohlenhöhe ziemlich stabil sein, während flußabwärts bis zur Pupplinger Au wieder Tiefenerosionen mit schätzungsweise 1—3 cm/a Platz greifen. Insgesamt scheint die Eintiefungsbereitschaft eher abnehmende als steigende Tendenz aufzuweisen, vorausgesetzt, daß die Isar nicht daran gehindert wird, ihr Geschiebedefizit durch seitliche Anbrüche aufzubessern.

Ferner darf nicht außer acht gelassen werden, daß die alluviale Sohlschicht teilweise bis auf die anstehende Grundmoräne abgeräumt ist. Wegen der größeren Festigkeit der Grundmoräne schreitet die Tiefenerosion in den Flußabschnitten ohne Kiessohle wahrscheinlich langsamer voran als in Bereichen mit beweglicher Kiesauflage. Die da und dort zu beobachtenden kleinen Gefällsbrüche dürften hauptsächlich von Unregelmäßigkeiten der Sohlenbeschaffenheit herrühren.

Die Grundmoräne ist an vielen Stellen aufgeschlossen. Ihre Oberkante liegt, soweit sichtbar, bis zu 3 m über dem derzeitigen Niedrigwasserspiegel. Da die Eintiefung der Isar in den letzten 60 Jahren — die Pupplinger Regelung ausgenommen — nirgends soviel beträgt, ist der Schluß berechtigt, daß die Tiefschaltung der Sohlenhöhe zumindest zu einem gewissen Teil auf das natürliche Bestreben der Isar zurückgeht, ihr morphogenetisch nicht ausgereiftes Längsprofil allmählich an das theoretische Ausgleichsgefälle heranzuführen. Sie hat sich also schon seit langer Zeit in die Grundmoräne eingesägt, freilich mit dem Unterschied zu heute, daß ehemals eine bestimmte Geschiebeaufgabe wegen des ungestörten Zulaufs wohl immer gegeben war. Durch die Eingriffe im Oberlauf wird der Vorgang stark beschleunigt.

2.5 Weitere Entwicklung

Als eine der letzten Wildflußlandschaften des Alpenvorlandes genießen die Pupplinger und Ascholdinger Au allgemein eine hohe Wertschätzung. Es

ist deshalb nicht verwunderlich, daß die Veränderungen, die die Auen in der jüngeren Vergangenheit erfahren haben, mit Aufmerksamkeit, ja mit Sorge verfolgt werden. Kein Betrachter kann die Augen davor verschließen, daß die Eintiefung voranschreitet und die verbuschten Kiesbänke selbst bei Hochwasser kaum mehr umgelagert werden. Seit geraumer Zeit werden wiederholt Vorschläge geäußert und diskutiert, wie denn der drohende „Untergang“ der Auen abzuwenden sei. Einige dieser Empfehlungen seien kurz angesprochen:

A. SEIFERT meldete sich 1971 in der Presse zu Wort und hielt dafür, die Isar mittels Blocksteinrampen abzutrepfen. Zwischen diesen sollte sich ein Lauf in „natürlichen Kurven“ bilden, „in den einbiegenden Prallufern von Weidenbuschwerk gehalten, an den gegenüberliegenden flachen Gleituffern Kiesbänke bildend“. Gegen diesen Vorschlag sind ernste Bedenken anzumelden. Wie oben erwähnt, gibt es bei verzweigten Flüssen keine festen natürlichen Kurven, sondern das Rinnensystem unterliegt fortgesetzten Umwandlungen. Wollte man den Fluß in einen gleichbleibenden Lauf zwingen, ginge das nur über den Weg der Korrektur. Ebenso verfehlt wäre es, in die Dauerhaftigkeit von Weidenbuschwerk als Uferbefestigung große Hoffnungen zu setzen, denn bei dem vorhandenen Gefälle bedürfte es schwerer Baumittel. Schließlich übersah SEIFERT, daß Querbauten vom Hochwasser in der Regel seitlich umgangen und alsbald zerstört werden, wenn sie nicht in die Ufer hochwasserfrei eingebunden sind. Um ihren Bestand zu gewährleisten, müßte folgerichtig der ganze Talboden quer durch die Auen bis an die höher gelegenen Ränder abgeriegelt werden. Die Unterdrückung der Seitenerosion zöge einen verschärften Tiefenschurf nach sich. Es bedarf keiner weiteren Begründung, die Rampenlösung ins Reich der Utopie zu verweisen.

Ferner wurde vor Jahren der Vorschlag diskutiert, die Bewirtschaftung des Sylvensteinspeichers dahingehend zu modifizieren, daß der Hochwasserabfluß bei Bad Tölz zeitweilig auf 600 m³/s gesteigert wird. Zweck eines solchen Spülstoßes sollte sein, die Vegetation auf den Kiesbänken abzuräu-

men und deren ehemalige Beweglichkeit wenigstens teilweise wieder herzustellen. Hierbei wird nicht bedacht, daß jedem Hochwasser zur Erhaltung der Bettstabilität ein seinem Transportvermögen entsprechender Geschiebetrieb zugeordnet sein muß. Fehlt dieser, käme es unweigerlich zu unerwünschten Erosionen, die hauptsächlich im Bereich der verbliebenen Rinnen wirksam würden, ohne die verfestigten Bänke ausreichend zu aktivieren. Die geschmälerten Kiesvorräte würden durch künstliche Verstärkung des Feststoffabtrages letztlich noch schneller abgebaut. Es wäre trügerisch, sich von einem derartigen „Naturheilverfahren“, wie es HARTUNG einmal formuliert hat, eine Renaturierung der Auenlandschaft zu erhoffen. Ein Unternehmer, dessen Geschäftsbilanz rote Zahlen aufweist, wäre schlecht beraten, wollte er den drohenden Konkurs durch gesteigerte Ausgaben abwenden. Mit der gestörten Geschiebebilanz der Isar verhält es sich nicht anders.

Ein weiterer Vorschlag zielt auf die Verfrachtung von Geschiebe aus dem Sylvensteinspeicher ins Unterwasser der Sperre. Auf den ersten Blick erscheint diese Lösung plausibel, war sie doch sogar in jüngster Zeit Gegenstand einer Anfrage im Bayerischen Landtag. Um das Transportvermögen zu sättigen, wären im Jahresmittel grob geschätzt 20 000 bis 30 000 m³ Kies aus dem Stauwurzelbereich des Sylvensteinsees auf dem Landweg flußabwärts zu befördern und möglichst dosiert, d. h. dem Hochwasserabfluß entsprechend, unterhalb der Sperre wieder in die Isar einzubringen. Hierzu bedürfte es einer besonderen Anlage zur flächenhaften Verteilung, denn es ginge sicher nicht an, den Kies einfach vom Ufer aus ins Flußbett zu kippen in der Hoffnung, die Isar würde sich gleichmäßig aus dem angehäuften Vorrat bedienen. Vielmehr wäre eine schubweise Verfrachtung mit lokalen Kiesversetzungen keineswegs auszuschließen. Erneute Baggerungen müßten im Stauraum des Kraftwerks Bad Tölz vorgenommen werden. Das unterhalb wieder einzubringende Baggergut würde sich teilweise beim Ickinger Wehr, teilweise bei Pullach und im Stau des Oberföhringer Wehres — Abriebverluste ausgenommen — wieder absetzen und würde weitere

Flußbaggerungen erfordern. Im ganzen gesehen eine aufwendige Methode, bei der man, ganz zu schweigen von der Lärm- und Staubbelastung, mit bisher ungelösten Problemen fertig werden müßte.

Was bleibt zu tun? Zunächst haben wir uns der Einsicht zu beugen, daß das allein vom natürlichen Abfluß und Feststoffeintrag gesteuerte System der Bettgestaltung unwiederbringlich der Vergangenheit angehört. Der aus dem Gleichgewicht geratene Regelkreis der Umlagerungsstrecken reguliert sich nicht von selbst. Zwar ließe sich mit wasserbaulichen Mitteln im Einklang mit den physikalischen Gesetzen der Strömung und des Feststofftransports ein neuer Regelkreis aufbauen, doch wäre die ungebundene Dynamik der Isar damit für die Zukunft verloren. Man kann nicht zwei divergierende Ziele zugleich verfolgen: das Flußbett stabilisieren und die Isar der freien Entfaltung des Kräftespiels überlassen. Mit Rücksicht auf die Tatsache, daß gegenwärtig kein zwingender Handlungsbedarf besteht, empfiehlt es sich, selbst auf die Gefahr fortschreitender Erosionen hin, von regelnden Eingriffen abzusehen und nur zu beobachten, welche Tendenzen der Bettgestaltung sich abzeichnen.

Neue Überlegungen wären allerdings geboten, sollte der Seitenschurf zu so großen Uferabbrüchen führen, daß bebauten Gebiete gefährdet werden. Dann stellte sich unausweichlich die Frage, was Vorrang hat: der Objektschutz oder der strikte Verzicht auf regelnde Eingriffe in den Isarlauf.

3. VEGETATION (TH. SCHAUER)

Die Fließstrecke der Isar im Bereich der Pupplinger- und Ascholdingener Aue gehört zu den wenigen verbliebenen Abschnitten alpiner Flüsse, die noch das Bild eines verzweigten Flußlaufes zeigen. Das reichgegliederte Vegetationsmosaik, das sich aus den verschiedenen Sukzessionsstadien der unterschiedlichen Entwicklungsreihen zusammensetzt, läßt noch die Dynamik einer alpin geprägten Auenlandschaft erkennen. Der vielfältige Mosaikkomplex Aue läßt eine Zonierung erkennen, die auf Verlagerung des Flußbettes und Veränderung

des Flußregimes zurückzuführen sind. Diese Veränderungen liefen zeitweise sicherlich sehr langsam ab. Im Gegensatz dazu haben sie in den letzten Jahrzehnten eine für den Gesamtkomplex Flußaue eine fast bedrohliche Entwicklung angenommen.

Bevor auf diese kurz angerissene Problematik näher eingegangen wird, sind einige Begriffe wie Auendynamik, Sukzession und Zonation zu klären.

Auendynamik

Ein alpiner Fluß zeichnet sich durch extreme Schwankungen der Wasserführung aus. Gegenüber Niedrigwasserzeiten führt der Fluß beim Hochwasser mehr als das Hundertfache an Wasser. Gleichzeitig werden dabei Tausende von Kubikmeter Sand, Kies und Gerölle, also Geschiebe, transportiert. Weite Flächen der Aue werden unter Wasser gesetzt, zum Teil mit Geschiebe überdeckt. Schotterbänke und Anlandungen früherer Hochwasserereignisse, auf denen sich zumindest teilweise Auwald entwickeln konnte, werden wieder weggerissen und an anderen Stellen angelagert. Nach Abklingen des Hochwassers bleibt eine völlig veränderte Auen- und Gewässerlandschaft zurück. Viele Kiesbänke haben eine andere Form und Lage angenommen. Vielfach hat auch der Fluß seinen Lauf verlegt. Ein früheres Nebengerinne ist zum Hauptgerinne geworden, neue wasserführende Äste sind entstanden und alte Rinnen wurden zugeschüttet. Diese ständige Veränderung der Standortverhältnisse und die stete Schaffung einer neuen Ausgangssituation für die Vegetationsansiedlung und -entwicklung wird als Auendynamik bezeichnet. Sie ist ein Charakteristikum natürlicher alpin geprägter Fluß- und Auenlandschaften.

Flächen, die vom Hochwasser erfaßt werden und die Standorte, der Wasserhaushalt vom Abflugeschehen des Flusses beeinflußt sind, zählen zum Auenbereich. Heute allerdings liegen viele Teile der Aue durch die beschleunigte Eintiefungstendenz der meisten Flüsse und durch die Kappung der Hochwasserspitzen außerhalb des Einflußbereiches des Flußregimes.

Auensukzession

In dem vom Fluß beherrschten Raum entstehen immer wieder neue, vegetationslose Standorte aus Sand, Kies oder Geröll, auf denen eine Ansiedlung von Pionierpflanzen erfolgte. Darunter finden sich viele einjährige Arten, wie sie auch in Kiesgruben und ähnlich offenen Standorten vorkommen. Nach und nach gesellen sich auch Gehölze dazu und je nach Standortverhältnissen stellen sich Auengesellschaften unterschiedlicher Artenzusammensetzung ein. Mit fortschreitender Bodenreife werden diese jungen Auenwaldstadien von anderen Arten der Baum-, Strauch- und Krautschicht unterwandert und somit in eine andere Auengesellschaft umgewandelt. Diese gesetzmäßige Abfolge und Weiterentwicklung der Pflanzengesellschaften von einem Pionierstadium bis zum End- oder Klimaxstadium nennt man Suszession. Solange in einer Flußlandschaft die Auendynamik besteht, wird diese Sukzession niemals voll durchlaufen, da ein Hochwasserereignis mit den dazugehörigen Umlagerungsvorgängen die Entwicklung der Vegetation unterbricht und auf ein früheres Entwicklungsstadium oder auf das Pionierstadium zurückversetzt.

Auenzonation

Im Überflutungsbereich des Flusses mit periodisch wiederkehrenden Hochwasserereignissen entsteht ein Mosaik aus zahlreichen Vergesellschaftungen mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien.

Auf den höher gelegenen Flächen, die kaum noch vom Hochwasser erfaßt oder zumindest nicht mehr umgelagert werden, kann die Bodenreife und die Vegetationsentwicklung weitgehend ungestört fortschreiten. Diese Auengesellschaften haben einen viel längeren Entwicklungszeitraum hinter sich und zeichnen sich durch andere Artenzusammensetzung aus. Auf den feinkörnigen Ton- und Schluffsedimenten, die überwiegend im Mittel- und Unterlauf abgelagert werden, besteht diese reifere Auengesellschaft überwiegend aus Harthölzern wie Esche, Ulme, Ahorn und Eiche. Im Voralpenland dagegen, also im Bereich des Oberlaufes bestehen die Ablagerungen überwiegend aus grobkörnigem Ge-

schiebe wie Sand, Kies und Geröll. Auf diesen mageren und relativ trockenen Standorten stellt sich die Kiefer und die Fichte ein.

Auf den Standorten, die häufig überflutet und durch Umlagerung verändert werden, gelangt die Auenentwicklung nur bis zu einem jungen Stadium. Die höher gelegenen Standorte werden nur noch selten von der Auendynamik erfaßt. Die Vegetation dieser Flächen erreicht somit ein reiferes Stadium.

Die räumliche Abfolge der verschiedenen Entwicklungsstadien der Auengesellschaften bezeichnet man als Zonation oder Auenzonierung. Hierbei wird die Aue grob in 3 Zonen eingeteilt: Zone der gehölzfreien Pioniergesellschaften auf den jüngsten Flußalluvionen, Zone der strauchweiden- und erlenreichen Weichholzaue, in der die Vegetation infolge periodischer Hochwassertätigkeit über dieses Stadium nicht hinauskommt, Zone der Hartholzaue, in der seit geraumer Zeit keine Umlagerung mehr stattfand.

Die Ausdifferenzierung einer Auenzonation, vor allem die Entstehung einer kaum mehr vom Flußregime erfaßten Hartholzaue setzt eine langfristige Verlagerung des Gewässerbettes oder eine Eintiefung des Flusses voraus, wodurch erst eine Sukzession zur Hartholzaue oder ähnlich reiferen Waldgesellschaften erfolgen kann. Wasserbauliche Maßnahmen wie Flußkorrekturen haben ähnliche Wirkungen, da auch sie das Hochwassergeschehen und den Geschiebetransport also die Auendynamik wesentlich beeinflussen (siehe SCHAUER 1984 a).

Am Beispiel der Vegetationsverhältnisse der Pupplinger- und Ascholdinginger Aue soll die Auswirkung der (früheren) Flußdynamik auf die Auenvegetation und auf die Auenstruktur aufgezeigt werden. Durch den Vergleich von Luftbildern aus den Jahren 1925 und 1962 mit der jetzigen Situation (siehe Karten im Anhang) läßt sich eindrucksvoll der Wandel des Gewässerlaufes und der Auenvegetation innerhalb kurzer Zeiträume demonstrieren. Gleichzeitig werden die Auswirkungen des gestörten Geschiebehaushaltes und des starken Erholungsdruckes auf die Auenvegetation sowie deren künftige Entwicklung deutlich gemacht.

3.1 Die heutige Vegetation

Im folgenden werden kurz die Pflanzengesellschaften der offenen Schotterbänke und die der Auengehölze in dem Isarabschnitt zwischen der Tattenkofener Brücke im Süden und der Einmündung der Loisach in die Isar im Norden kurz beschrieben. Im Hinblick auf die kartographische Darstellbarkeit, aber auch aufgrund der besseren Vergleichbarkeit der Vegetationseinheiten früherer Zeiten wird auf eine stärkere Differenzierung und Untergliederung der Pflanzengesellschaften verzichtet. Die Behandlung der kartierten Vegetationseinheiten erfolgt entsprechend dem Grad der Entwicklungsstadien der einzelnen Gesellschaften. Sie beginnen mit der Pioniervegetation auf Sand und Kies und enden mit dem Schneeheide-Kiefernwald, der hier großflächig das Endstadium der Auenentwicklung darstellt.

Aufgrund der Korngrößenverteilung des Geschiebes lassen sich 2 Entwicklungsreihen der Pflanzengesellschaften verfolgen. Auf sand- und schluffreichen Alluvionen mit hohem Feinkornanteil stellt sich verhältnismäßig rasch ein grauerlenreicher Auwald ein, der sich zum Pfeifengras-Schneeheide-Kiefernwald entwickeln kann.

Kies- und geröllreiche Alluvionen mit hohem Grobkornanteil werden allmählich von einer strauchweidenreichen Gesellschaft besiedelt, in der sich bald die Kiefer ausbreitet. Das Endstadium dieser Gesellschaftsentwicklung auf diesen mageren und meist trockenen Kiesflächen ist der Erdseggen-Schneeheide-Kiefernwald.

3.1.1 Röhrichte, Pionier- und sonstige gehölzfreie Gesellschaften

Kiesflächen mit Pionierpflanzen auf Kies

Charakteristische Arten: Steintäschel (*Aethionema saxatile*), Gemskresse (*Hutchinsia alpina*), Gänsekresse (*Arabis alpina*), Kelch-Steinkraut (*Alyssum alyssoides*), Alpen-Leinkraut (*Linaria alpina*), Scharfer Mauerpfeffer (*Sedum acre*), Quendel-Sandkraut (*Arenaria serpyllifolia*), Natternkopf (*Echium vulgare*), Kleines Leinkraut (*Chaenorhinum minus*), Taubenkropf (*Silene vulgaris*), Spitz-Wegerich (*Plantago lanceolata*), Sand-

Thymian (*Thymus serpyllum*), Huflattich (*Tussilago farfara*), Löwenzahn (*Leontodon hispidus*), Florentiner- und Graselken-Habichtskraut (*Hieracium piloselloides* und *H. staticifolium*) und die Laubmoose *Tortella tortuosa* und *T. inclinatta*.

Die Vegetation ist gemäß dem jungen Entwicklungsalter und dem Rohbodencharakter dieser jüngsten Standorte nur sehr schwach ausgebildet. Sie hat meist nur einen Deckungsgrad von 0,01 bis 0,2. Eigentümlich für diese Vergesellschaftung ist der Umstand, daß diese Pioniervegetation zunächst nicht durch eine scharf umrissene Gruppe von Charakterarten gekennzeichnet ist, sondern, daß sich Arten aus verschiedensten Pflanzengesellschaften einfinden. Unter diesem breiten floristischen Spektrum genießen die sogenannten dealpinen Arten, das sind Vertreter der Schwemmlingsfluren wie Steintäschel, Gemskresse, Alpen-Leinkraut oder die meist erst etwas später hinzukommende Silberwurz (*Dryas octopetala*) einen besonderen Ruf, zumal sie heute nur noch selten zu finden sind.

Die meisten der hier vorkommenden Arten sind lichtliebend und unterliegen bald dem Konkurrenzdruck der Pflanzen, die rasch zum Schluß der Vegetationsdecke führen. Hier sind die Arten wie Rohrglanzgras und Barbarakraut zu nennen, die zu den Charakterarten der folgenden Vegetationseinheit gehören.

Lückige Barbarakrautflur

Charakteristische Arten: Echtes Barbarakraut (*Barbarea vulgaris*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Rasen-Schmiele (*Deschampsia caespitosa*), Einjähriges Rispengras (*Poa annua*), Riesen-Straußgras (*Agrostis gigantea*), Kriech-Hahnenfuß (*Ranunculus repens*), Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*), Vogelmiere (*Stellaria media*), Steife Wolfsmilch (*Euphorbia stricta*), Rauhes Weidenröschen (*Epilobium hirsutum*), Honigklee (*Melilotus officinalis*), Gewöhnliche Braunwurz (*Scrophularia nodosa*), Gewöhnlicher Baldrian (*Valeriana officinalis*), Echtes Johnniskraut (*Hypericum perforatum*), Gewöhnlicher Löwenzahn (*Taraxacum officinale*), Kletten-Distel (*Carduus persona-*

ta), Gewöhnliche Kratzdistel (*Cirsium vulgare*) und Rainfarn (*Chrysanthemum vulgare*).

Erhöhte Nährstofffrachten und Ablagerungen von Schweb und Feinmaterial in die Fugen des Geröllkörpers fördern das Wachstum der sogenannten Schlammponiere und der Arten nährstoffreicher Feuchtstandorte. Dazu gesellen sich viele weitverbreitete Ackerkräuter wie Floh-Knöterich (*Polygonum persicaria*), Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*), Weißklee (*Trifolium repens*), Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*) und Breit-Wegerich (*Plantago major*). Diese meist schnellwüchsigen Arten erreichen bald einen Vegetations-schluß, was wiederum durch die starke Besucherfrequenz auf einigen Uferbänken verhindert wird.

Dichte Barbarakrautflur und Rohrglanzgrasröhricht

Charakteristische Arten: Echtes Barbarakraut: (*Barbarea vulgaris*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Weißes Straußgras (*Agrostis stolonifera*), Glieder-Binse (*Juncus articulatus*), Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*), Brennessel (*Urtica dioica*), Kleb-Labkraut (*Galium aparine*), Sumpf-Vergißmeinnicht (*Myosotis palustris*), Bachbunge (*Veronica beccabunga*), Wassermiere (*Malachium aquaticum*), Wasser-Minze (*Mentha aquatica*), Kriech-Hahnenfuß (*Ranunculus repens*).

Diese Vergesellschaftung stellt gleichsam das Endstadium der gehölzfreien Pioniergesellschaft auf den jüngsten, nährstoffreichen Alluvionen dar. Infolge des kapillaren Wasseraufstieges und der hohen Wasserspeicherkapazität können hier viele feuchtigkeitsliebende Arten auch Niedrigwasser- und Trockenzeiten überdauern. Bereiche mit Anlandungen aus überwiegend Feinsand und Schluff werden von geschlossenem Rohrglanzgrasröhricht beherrscht. Neben den Sandbänken sind noch Flut- und Altwasserrinnen in der Aue, in die das Hochwasser austreten kann und Feinmaterial ablagert, bevorzugte Flächen. Durch die geschlossene Vegetationsdecke werden die Feinsedimente festgelegt und beim nächsten Hochwasser vor Abtransport weitgehend geschützt. Zudem wird hier sogar ein Gehölzanflug von Weide oder Erle verhindert oder

zumindest verzögert, so daß diese Vegetation stellenweise als Dauergesellschaft anzusprechen ist.

Meist wasserführende Altwasserrinnen mit Bult-Segge

Charakteristische Arten: Bult-, Schlank-, Saum- und Gelbe Segge (*Carex elata*, *C. gracilis*, *C. hostiana*, *C. flava*), Waldbinse (*Scirpus sylvaticus*), Teichbinse (*Schoenoplectus lacustris*), Sumpfbirse (*Eleocharis palustris*), Schilf (*Phragmites communis*), Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*), Fischkraut (*Potamogeton densus*), Gewöhnlicher Froschlöffel (*Alisma plantago aquatica*), Gebirgs-Binse (*Juncus alpino-articulatus*), Blutweiderich (*Lythrum salicaria*), Bachbunge (*Veronica beccabunga*), Wasser-Minze (*Mentha aquatica*), Teufelsabbiß (*Succisa pratensis*), die Laubmoose *Drepanocladus exannulatus* und *Acrocladium cuspidatum* und Armleuchteralgen (*Chara spec.*).

Die gesamte Aue ist heute noch von einem reich verzweigten System aus Rinnen und Gräben durchzogen, die Reste ehemaliger Isararme und Seitenbäche aus unterschiedlichen Zeitepochen darstellen. Dieses Rinnensystem weist gegenüber den übrigen Auenflächen nur eine geringe Flächenausdehnung auf, zeichnet sich aber durch eine hohe Standortvielfalt aus. Diese wird u. a. durch das Entstehungsalter, der Dauer der Wasserführung, der Qualität und Herkunft des Wassers und der Korngrößenverteilung der Auskleidung des Gerinnes bestimmt.

Zunächst soll von den Standorten und deren Vegetation, die die meiste Zeit des Jahres Wasser führen, die Rede sein. Meistens sind diese Gräben, Tümpel und langgestreckten Vertiefungen vom heutigen Isarlauf abgeriegelt und liegen häufig infolge der Isareintiefung sogar weit über dem Niveau der Isar, so daß sie vom Hochwasser nicht mehr erfaßt werden. Das Wasser dieser isolierten Standorte stammt überwiegend aus Hang- und Quellwasser oder seitlich zuströmendem Grundwasser.

Infolge der Filterwirkung ist die Sichttiefe dieser kleinen Grundwassertümpel meist groß. Größere Ablagerungen von Feinsedimenten, die nur

bei sehr großen Hochwasserereignissen eingebracht werden könnten, sind selten anzutreffen. Als Zeiger für die großen Wasserstandsschwankungen tritt die Bult-Segge auf. In den Altwasserarmen mit ziemlich gleichmäßiger Wasserführung, die sich vor allem am Fuß der Isarterrassen entlangziehen, haben sich Wasserpflanzengesellschaften aus Teichbinse, Tannenwedel und Armleuchteralgen angesiedelt. Die oft ausgedehnten Chararasen können als Anzeichen für gute Wasserqualität gewertet werden. Mitunter gibt es jedoch Bereiche, die infolge hoher Nährstofffrachten einmündender Quellbäche stark veralgt oder stark verkrautet sind. Im allgemeinen jedoch halten niedrige Wassertemperaturen die Produktion von Biomasse und somit die biogene Verlandung in Grenzen, was die Lebensdauer dieser temporären Gewässerbiotope, die einer eigenen Untersuchung bedürften, verlängert.

Grundwassernahe Altwasserrinnen mit Gelb-Segge

Charakteristische Arten: Gelbe, Blaugrüne und Hirsens-Segge (*Carex flava*, *C. flacca*, *C. panicea*), Armblütige Sumpfbirse (*Eleocharis quinqueflora*), Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*), Mehl-Primel (*Primula farinosa*), Gewöhnliches und Alpen-Fettkraut (*Pinguicula vulgaris* und *P. alpina*), Schlauch-Enzian (*Gentiana utriculosa*), Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*), Sumpf-Stendelwurz (*Epipactis palustris*), Fliegen-Ragwurz (*Ophrys insectifera*), Kriechendes Gipskraut (*Gypsophila repens*), Blaugrüner Steinbrech (*Saxifraga caesia*), Silberwurz (*Dryas octopetala*) und Bunter Schachtelhalm (*Equisetum variegatum*).

Der Großteil des weitgehend gehölzfreien Rinnensystems in der Aue liegt während vieler Monate des Jahres trocken. Bei Hochwasser werden die Flächen hauptsächlich vom aufsteigenden Druckwasser, das durch die Filterwirkung des Kieskörpers frei von Schweb und Feinsedimenten ist, überflutet.

In der meisten Zeit des Jahres erscheinen diese Standorte als Trockenbiotope und es mutet einem beinahe wie ein Aprilscherz der Natur an, wenn auf dem kargen Kiesboden zwischen grobem Geröll Mehl-Primel, Simsenlilie, Fettkräuter, Sumpf-

Stendelwurz oder Sumpf-Herzblatt, also Charakterarten der Flachmoore und Kleinseggenrieder blühen.

Bezeichnenderweise finden sich auf diesen schmalen Streifen viele geschützte und gefährdete Arten ein, die z. B. in gedüngten Wirtschaftswiesen rasch dem Konkurrenzdruck der anderen Gräser und Kräuter unterliegen. Diese offenen, relativ nährstoffarmen Flächen bilden für die feuchtigkeitsliebenden Arten der Magerstandorte, so auch für die Arten der oligotrophen Kalkflachmoore in unserer kultivierten und eutrophierten Landschaft gleichsam Reliktstandorte. Freilich kann hier nicht von einer Flachmoorvegetation die Rede sein. Bei dem geringen Deckungsgrad der Vegetation von 0,2 bis 0,5 auf diesen Schotterflächen und bei der geringen Produktion an Biomasse fehlt jede Spur einer Torfauflage. Wassermangel herrscht allerdings nicht, da das Grundwasser meistens nahe an die Oberfläche reicht oder der Grundwasserhorizont zumindest von den Pflanzen erreicht wird.

Auf den etwas höher gelegenen Stellen der Schotterrinnen, auf denen die Feuchtarten weniger werden, hat sich ein schütterer Gehölzanflug aus Weiden, Kiefer und Tamariske eingestellt. Auch hier ist der Vorgang der Bewaldung aus edaphischen Gründen stark verlangsamt, so daß für lichtliebende Arten wie die Tamariske eine Standortnische entstanden ist, in der es ihr vielleicht gelingt, länger zu überdauern. Denn die Verkrautung und Verbuschung auf den eutrophierten und von Feinsediment überschickten Kiesbänken im unmittelbaren Hochwasserbereich der Isar geht so rasch vor sich, daß dort diese Pionierart sich gar nicht erst einfindet oder allenfalls rasch verdrängt wird. Anlandung von nährstoffreichen Sedimenten während eines Hochwasserereignisses könnte die artenreiche und wertvolle Lebensgemeinschaft dieser oligotrophen Rinnensysteme gefährden. Die Erhaltung dieser Standorte ist für den Artenschutz besonders vordringlich.

Quellige Altwasserrinnen mit Kopfbinsenrasen

Charakteristische Arten: Rostrottes und Schwarzes Kopfkraut (*Schoenus ferrugineus* und *Sch. nigri-*

cans), Hirsens- und Saum-Segge (*Carex panicea* und *C. hostiana*), Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*), Sumpf-Stendelwurz (*Epipactis palustris*), Mehl-Primel (*Primula farinosa*), Gewöhnliches und Alpen-Fettkraut (*Pinguicula vulgaris* und *P. alpina*), Sumpf-Herzblatt (*Parnassia palustris*), Kies-Steinbrech (*Saxifraga mutata*), Dorniger Moosfarn (*Selaginella selaginoides*) und das Laubmoos *Drepanocladus revolvens*.

Im Gegensatz zu den vorher angeführten Vegetationseinheiten der Rinnen- und Altwassersysteme ist hier die Pflanzendecke meist nahezu geschlossen, wobei das Rostrote Kopfried dominiert. Diese bandartigen Kopfbinsenbestände kommen hauptsächlich in den älteren Auenbeständen mit Schneehaide-Kiefernwald und dessen Vorstufe, in der die Grauerle noch stärker beigemischt ist, vor allem in der rechtsufrigen Ascholding Aue zwischen Ascholding und Puppling vor.

Dieses Rinnensystem stellt den Rest ehemaliger Auenbäche und Seitenäste der stark verzweigten Isar dar. Nach alten Katasterkarten um das Jahr 1880 waren diese Gräben nicht mehr von der Isar durchflossen, sondern waren als einseitige Totarme nur noch im Unterwasser der Isar angeschlossen. Bei Hochwasser staute das Wasser in diese Arme zurück. In der übrigen Zeit wurden sie von Hangquellen und kleinen Waldbächen gespeist. In der Karte von CONSONI (1794, siehe Kap. 3.3) waren diese Rinnen noch von der Isar durchflossen. Durch die Eintiefung und teilweise Uferkorrektur der Isar wurde das Rinnensystem vom Isarwasser gänzlich abgeschnitten. Damit änderte sich auch der Wasserhaushalt in diesem Bereich. Zwar blieb der Feuchtbiotopcharakter erhalten, aber es setzte ein Wandel von einem Altwasserbiotop zu einem Quellflurstandort ein. Eine Nährstoffzufuhr mit Sedimentation von Schweb und Feinsand durch rückstauendes Isarhochwasser blieb aus. Die Entwicklung zu quellflur- und hangquellmoorähnlichen Vergesellschaftungen konnte ungehindert einsetzen. Im Gegensatz zu den vorher angeführten grundwassernahen Rinnen mit stärkeren Wasserstandsschwankungen, ist hier die Sickerwasserführung relativ konstant. Wohl ist hier auch die Wasser-

qualität, z. B. höherer Kalkgehalt, eine ganz andere.

3.2 Weiden- und Grauerlengesellschaften oder sonstige Laubholzgesellschaften

Die Weiden-Tamariskenflur

Charakteristische Arten: Lavendel- und Purpur-Weide (*Salix eleagnos*, *S. purpurea*), Tamariske (*Myricaria germanica*), Grau-Erle (*Alnus incana*), Ufer-Reitgras (*Calamagrostis pseudophragmites*), Blaugras (*Sesleria varia*), Kriechendes Gipskraut (*Gypsophila repens*), Silberwurz (*Dryas octopetala*), Brillenschötchen (*Biscutella laevigata*), Große Brunelle (*Prunella grandiflora*), Hornklee (*Lotus corniculatus*), Gemskresse (*Hutchinsia alpina*), Blaugrüner Steinbrech (*Saxifraga caesia*), Zwerg-Glockenblume (*Campanula cochleariifolia*), Knorpelsalat (*Chondrilla chondrilloides*), Löwenzahn (*Leontodon hispidus*) und Schnee-Pestwurz (*Petasites paradoxus*).

Auf den angelandeten Inseln und Uferbänken im Hochwasserbereich der Isar stellt sich meist nach wenigen Jahren ein Gehölzanflug ein. Damit beginnt sich das jüngste Glied der Auenwaldsukzession anzusiedeln. Auf den kies- und schotterreichen Standorten sind es überwiegend Strauchweiden; an Stellen mit starker Schlick- und Schluffanlandung dominiert die Grauerle. Die oben aufgeführten Arten der Krautschicht kennzeichnen die mageren Kiesflächen, während die krautige Vegetation der schluffreichen und nährstoffreicheren Alluvionen aus Arten der Barbarakrautflur zusammengesetzt ist.

Da der Transport der größeren Kornfraktionen wie Geröll und Kies nur bei starker Strömung erfolgt, werden diese bei nachlassender Wasserführung als erstes abgelagert.

Das feinkörnige Geschiebe gelangt erst bei weiterem Nachlassen der Transportkraft des Wassers, beispielsweise in den randlichen Bereichen, zur Sedimentation. In geschützten, weit ab vom Hauptstrom liegenden Teilen oder in Altwasserarmen, die noch mit der Isar verbunden sind, kommt es zu stärkerer Anlandung von Schluff und Schweb. Da-

mit sind die standörtlichen Voraussetzungen für die Entstehung von Rohrglanzgrasröhricht oder reiner Grauerlenbestände gegeben.

Die Tamariske, die der Pioniergesellschaft den Namen gab, bevorzugt sandreiche Kiesbänke. Als lichtliebende Art der Magerstandorte kann sie sich bei den Trophieverhältnissen und der üppig entwickelten, meist hochwüchsigen Krautschicht nur noch schwer behaupten und unterliegt bald dem Konkurrenzdruck der Stauden und der übrigen rasch aufwachsenden Gehölze. Wie oben erwähnt, hat sich die Tamariske auf die älteren, offenen Schotterstandorte in der Aue, die kaum noch überflutet und mit Feinsediment überdeckt werden, zurückgezogen.

Die Reine Weidenaue

Charakteristische Arten: Lavendel-, Purpur- und Mandel-Weide (*Salix eleagnos*, *S. purpurea*, *S. triandra*), Hartriegel (*Cornus sanguinea*), Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana*), Rote Heckenkirsche (*Lonizera xylosteum*), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum*), Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Landschilf (*Calamagrostis epigeios*), Knäuelgras (*Dactylis glomerata*), Nickendes Perlgras (*Melica nutans*), Blaugrüne und Vogelfuß-Segge (*Carex flacca* und *C. ornithopoda*), Geflecktes Knabenkraut (*Dactylorhiza maculata*), Gewöhnliche Brunelle (*Prunella vulgaris*), Wiesen-Labkraut (*Galium mollugo*), Großer Klappertopf (*Rhinanthus serotinus*), Wald-Ziest (*Stachys sylvatica*), Zypressen-Wolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*), Wald-Engelwurz (*Angelica sylvestris*), Gewöhnlicher Baldrian (*Valeriana officinalis*), Wasserdost (*Eupatoria cannabina*), Rainfarn (*Chrysanthemum vulgare*) und Jakobs-Greiskraut (*Senecio jacobaea*).

Es werden die Bestände der Weichholzaue nach den vorherrschenden Gehölzarten untergliedert, die bereits weitgehend Aufschluß über die Standortverhältnisse geben. So besteht die Reine Weidenaue überwiegend aus Strauchweiden und kennzeichnet die kiesigen Standorte. In der Reinen Grauerlenaue dominiert die Erle, die Alluvionen

mit hohem Schluff- und Tongehalt bevorzugt. In der Grauerlen-Weidenaue, in der Weide und Erle annähernd gleich stark vertreten sind, herrscht meistens kleinflächiger Wechsel der Bodenverhältnisse vor.

Eine weitere Untergliederung anhand der Krautschicht unterblieb mit Ausnahme der brennesselreichen Auenbestände, da nur die Gehölzarten im Luftbild erkennbar sind. Somit läßt sich eine frühere Auensituation mittels älterer Luftbilder mit der heutigen vergleichen.

Die Reine Weidenaue prägt das Bild der flußbegleitenden Auenlandschaft. Die Lavendel- und Purpur-Weide bilden auf den jungen Alluvionen die ersten mehr oder weniger geschlossenen Gehölzbestände, die sich innerhalb eines begrenzten Bestandes durch ziemliche Gleichaltrigkeit auszeichnen. Dieser Umstand ist auf die eigentümliche Keimfähigkeit der Weiden zurückzuführen (siehe SCHAUER 1984 b). Die Weidensamen sind nämlich nur wenige Tage keimfähig. Zur Zeit der Samenreife und des Samenfluges müssen die Samen auf feuchten, vegetationslosen Boden gelangen, wo sie rasch auskeimen und oft einen rasenartigen Gehölzanflug bilden. Nicht jedes Jahr stehen zur Zeit der Samenreife frisch geschüttete Alluvionen oder offene Standorte mit ausreichenden Feuchtigkeitsverhältnissen als Keimbett zur Verfügung. Eine großflächige Ansiedlung der Strauchweiden auf den Alluvionen hängt somit vom Wasserstand der Isar zum richtigen Zeitpunkt ab und erfolgt daher naturgemäß in größeren zeitlichen Abständen.

Haben die Weiden einmal Fuß gefaßt, so zeigen sie bei der günstigen Nährstoffversorgung im Hochwasserbereich der Isar gute Wüchsigkeit. Rasch erreichen sie auf Alluvionen mit ausgewogener Korngrößenverteilung Kronenschluß. Auf Flächen mit höherem Feinkornanteil des Bodens überwiegen in der Krautschicht feuchtigkeitsliebende und schattenertragende Auwaldarten wie Wasserdost, Waldengelwurz, Rasenschmiele und Waldzwenke, während Arten der Halbtrockenrasen arten- und mengenmäßig stark zurückgehen. Meistens tritt hier bereits die Erle verstärkt auf.

Lückiges Weidengebüsch

Charakteristische Arten: Lavendel- und Purpurweide (*Salix eleagnos* und *S. purpurea*), Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Wacholder (*Juniperus communis*), Berberitze (*Berberis vulgaris*), Blaugras (*Sesleria varia*), Buntes Reitgras (*Calamagrostis varia*), Blaugüne Segge (*Carex flacca*), Helmknabenkraut (*Orchis militaris*), Kriechendes Gipskraut (*Gypsophila repens*), Kleiner Wiesenknopf (*Sanguisorba minor*), Sand-Thymian (*Thymus serpyllum*), Hufeisenklee (*Hippocrepis comosa*), Spargelschote (*Tetragonolobus maritimus*), Großer Klappertopf (*Rhinanthus serotinus*), Wiesen-Leinblatt (*Thesium pyrenaicum*), Zypressen-Wolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*), Echtes und Wiesen-Labkraut (*Galium verum* und *G. mollugo*), Golddistel (*Carlina vulgaris*), Rindsauge (*Bupththalmum salicifolium*) und Florentiner Habichtskraut (*Hieracium piloselloides*).

Das lückige Weidengebüsch, eine standörtliche Variante der Reinen Weidenaue, besiedelt grobe Kies- und Geröllbänke. Aufgrund der Flachgründigkeit und der extremen Armut an Feinanteilen im Boden erfolgt die Eroberung der Standorte durch Gehölze, im Gegensatz zu denen der anfänglich ebenfalls aufgelockerten Weiden-Tamariskenflur wesentlich langsamer. Die Vergesellschaftung des lockeren Weidengebüsches tritt daher vor allem auf älteren, höher gelegenen Geschiebebänken mit hohem Anteil an Grobkorn wie Kies und Geröll und sehr geringem Feinkorn auf. Gelegentlich finden sich diese Standortbedingungen auch in ehemaligen geröllreichen Flutrinnen, wenn dort die feineren Kornfraktionen bei früheren Hochwasserereignissen wieder ausgewaschen wurden. Ähnliche Ausspülvorgänge sind lokal auch im Uferbereich des heutigen Isarlaufes zu beobachten. Durch diese Kornsortierung entstehen brennenartige Standorte mit sehr geringem Wasserspeichervermögen und fehlendem kapillaren Wasseraufstieg. Pflanzenwachstum und Bodenbildung sind stark verlangsamt.

In der lückigen Krautschicht dominieren Arten der Mager- und Halbtrockenrasen. Gelegentlich kommt hier auch noch die Tamariske vor, die je-

doch bei geringem Sandanteil des Bodens ungünstige Wuchsbedingungen hat. Die Vergesellschaftung des lückigen Weidengebüsches, die auf Extremstandorten fast eine Dauergesellschaftung darstellt, hat vielfach eher den Charakter eines Trockenbusches als eines Auwaldes. In den meisten Fällen aber wird die Vergesellschaftung allmählich von der später noch zu behandelnden lückigen Kiefern-Grauerlenaue abgelöst.

Reine Grauerlenaue

Charakteristische Arten: Grau-Erle (*Alnus incana*), Wasser-Schneeball (*Viburnum opulus*), Hartriegel (*Cornus sanguinea*), Kratzbeere (*Rubus caesius*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum*), Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*), Rohr-Schwengel (*Festuca arundinacea*), Nickendes Perlgras (*Melica nutans*), Mädesüß (*Filipendula ulmaria*), Geißfuß (*Aegopodium podagraria*), Wald-Ziest (*Stachys sylvatica*), Gewöhnlicher Baldrian (*Valeriana officinalis*), Kleb-Labkraut (*Galium aparine*), Beinwell (*Symphytum officinale*), Wasserdost (*Eupatoria cannabinum*), Kletten-Distel (*Carduus personata*) und Kohldistel (*Cirsium oleraceum*).

Auf ton- und schluffreichen Standorten bildet die Grauerle bestandesbildende Auenwälder. In der Krautschicht befinden sich viele Feucharten, auf den Flächen mit hohem Grundwasserstand dominiert das Rohrglanzgras. Der Flächenanteil mit mächtiger Schluff- und Tonauflage ist allerdings im Bereich der oberen Isar relativ gering. Im Gegensatz zu Flüssen wie der Inn, die ihren Ursprung im Zentralalpin haben, besitzt die Isar als kalkalpiner Fluß nur geringe Schwebstofffrachten. Auch das Geschiebe der Isar enthält vergleichsweise grobe Kornfraktionen, so daß Standorte mit feinem Alluvialmaterial nur kleinflächig auftreten. Demgemäß sind reine Grauerlenwälder im Oberlauf der Isar nur kleinflächig verbreitet. Auch die frühere Niederwaldnutzung, die die ausschlagsfähige Erle in den flußbegleitenden Auen förderte, wurde hier kaum betrieben, da die meisten Auen- und Waldstandorte zum Staatsforst gehören.

Grauerlen-Weidenaue

Charakteristische Arten: Grau-Erle (*Alnus incana*), Lavendel-, Purpur- und Schwarzwerdende Weide (*Salix eleagnos*, *S. purpurea*, *S. myrsinifolia*), Heckenkirsche (*Lonizera xylosteum*), Traubenkirsche (*Prunus padus*), Echter Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), Wasser-Schneeball (*Viburnum opulus*). In der Krautschicht kommen zu den Arten der Reinen Weidenaue u. a. noch folgende hinzu: Kratzbeere (*Rubus caesius*), Akeleiblättrige Wiesenraute (*Thalictrum aquilegifolium*), Goldnessel (*Lamium galeobdolon*), Geißfuß (*Aegopodium podagraria*), Einbeere (*Paris quadrifolia*) und Kohldistel (*Cirsium oleraceum*).

Da die Keimfähigkeit der Erle nicht so zeitlich begrenzt ist wie die der Weide, sind die Chancen einer Ansiedlung für die Erle an sich größer. Voraussetzung sind jedoch ausreichende Feuchtigkeit und höherer Feinkornanteil im Boden. Konkurrenzfähig wird die Erle auf schluffreichen Böden. Meistens stellt sie sich erst nach einer gewissen Zeit der Bodenentwicklung ein. Dementsprechend ist die Erlen-Weidenaue vielfach als ein etwas reiferes Stadium der Auenentwicklung zu betrachten.

Häufig wechseln auf den Alluvionen Bodenverhältnisse und Korngrößenverteilung auf engstem Raum; dieser kleinflächige Standortwechsel führt zu einer entsprechenden Mosaikstruktur in den Auengehölzen. Dieser Mosaikkomplex ist kartenmäßig nicht darstellbar.

Fichtenreiche Grauerlen-Weidenaue

Charakteristische Arten: Fichte (*Picea abies*), Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Lavendel-, Purpur- und schwarzwerdende Weide (*Salix eleagnos*, *S. purpurea*, *S. myrsinifolia*), Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Hartriegel (*Cornus sanguinea*), Berberitze (*Berberis vulgaris*), Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana*), Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum*), Blaugras (*Sesleria varia*), Nicken-des-Perlgras (*Melica nutans*), Waldschilf (*Calamagrostis epigeios*), Hunds-Quecke (*Agropyron caninum*), Zypressen-Wolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*), Blaugrüne Segge (*Carex flacca*) und Rainfarn (*Chrysanthemum vulgare*).

Diese Auengesellschaft, in der die Fichte größeren Anteil erlangt, stellt in der Auensukzession noch ein relativ junges Stadium dar, aber die Standorte unterliegen infolge des veränderten Geschiebehaltens und der zunehmenden Eintiefung nicht mehr der Auendynamik. Zwar werden einige Teilbereiche dieser Bestände bei größeren Hochwasserereignissen mit Nährstoff- und Schwefelstofffrachten beliefert, aber es erfolgen keine Geschiebeanlandungen und sonstige tiefgreifende Standortveränderungen. Weistens liegen die Grundwasserstände recht tief. In der Krautschicht kommen daher kaum noch Feuchtarten vor. Die Fichte dringt auch in die reiferen Auengesellschaften mit Erle und Ahorn vor. Im Gegensatz zu diesen Laubhölzern ist sie gegen Wildverbiß relativ widerstandsfähig, so daß sie durch das Rehwild einen Konkurrenzvorsprung hat. Lokal wird die Fichte auch durch Pflanzung stark gefährdet. Für den Artenschutz sind diese Bestände von geringer Bedeutung.

Grauerlen-Weidenaue, Brennessel-Fazies

Charakteristische Arten: ähnlich der Weiden- und Grauerlenaue, in der Krautschicht dominiert die Brennessel (*Urtica dioica*).

Geschlossene Erlen- und Weidenbestände, in der die Brennessel in der Bodenschicht 50% und mehr Deckung erreicht, werden als eine eigene Einheit ausgegliedert, wobei auch hier die Erlen auf den schluffreicheren und die Weiden auf den kiesigeren Standorten überwiegen. In beiden Fällen ist der Artenreichtum der Gräser und Kräuter durch die vorherrschende Brennessel stark geschmälert. Diese extrem nitrophilen Auengehölze säumen in bandartigen Beständen von 50 bis 100 m Breite vor allem die Uferbereiche, die vom Badebetrieb stark frequentiert sind. Sie dokumentieren also die unmittelbare Beeinflussung und Belastung durch den Menschen.

Weiden-Grauerlenaue, Eschen-Ausbildung

Charakteristische Arten: Lavendel- und Purpur-Weide (*Salix eleagnos* und *S. purpurea*), Grau-Erle (*Alnus incana*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Fichte (*Picea abies*), Berg-Ahorn (*Acer*

pseudoplatanus), Liguster (*Ligustrum vulgare*), Berberitze (*Berberis vulgaris*), Hartriegel (*Cornus sanguineus*), Wald- und Fieder-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum* und *B. pinnatum*), Waldschilf (*Calamagrostis epigeios*), Knäuelgras (*Dactylis glomerata*), Blaugrüne Segge (*Carex flacca*), Wald-Ziest (*Stachys sylvatica*), Gefleckte Taubnessel (*Lamium maculatum*), Wiesen-Kerbel (*Anthriscus sylvestris*) und Wasserdost (*Eupatoria cannabina*).

Diese nicht immer deutlich abgrenzbare, strauchreiche Auengesellschaft, die von der Esche und dem Berg-Ahorn unterwandert wird, hat sich vor allem im Bereich der verbauten oder befestigten Uferstrecken eingestellt.

Die streckenweise ausgeführte Laufkorrektur der Isar erfolgte vor 60—100 Jahren. Durch die Uferbefestigungen wurden die dahinter liegenden Flächen bei Hochwasser nicht mehr umgelagert. Heute werden diese Standorte nur noch selten vom Hochwasser erreicht. Die Grundwasserstände liegen meist ziemlich tief. Mitunter sind die Gehölzbestände von der Fichte stark durchsetzt.

Die Eschenaue

Charakteristische Arten: Esche (*Fraxinus excelsior*), Berg-Ulme (*Ulmus glabra*), Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Fichte (*Picea excelsa*), Traubenkirsche (*Prunus padus*), Hasel (*Coryllus avellana*), Wasser- und Wolliger Schneeball (*Viburnum opulus* und *V. lantana*), Heckenkirsche (*Lonicera xylosteum*), Echter Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), Seidelbast (*Daphne mezereum*), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum*), Hundsqecke (*Agropyron caninum*), Wald-Segge (*Carex sylvatica*), Vielblütige Weißwurz (*Polygonatum multiflorum*), Busch-Windröschen (*Anemone nemorosa*), Leberblümchen (*Hepatica nobilis*), Akeleiblättrige Wiesenraute (*Thalictrum aquilegifolium*), Gewöhnliches Lungenkraut (*Pulmonaria officinalis*), Einbeere (*Paris quadrifolia*), Haselwurz (*Asarum europaeum*), Wald-Veilchen (*Viola reichenbachiana*), Wald-Ziest (*Stachys sylvaticum*) und Große Sterndolde (*Astrantia major*).

Die Eschenaue ist im kartierten Gebiet nur

schwach vertreten. Sie bevorzugt stark durchfeuchtete, schluffreiche Standorte mit höherer Bodenreife. Die im Flußregime der Isar liegenden älteren und reiferen Anlandungen sind größtenteils von Schneeheide-Kiefernwaldgesellschaften bestockt, da diese überwiegend sandig-kiesigen Standorte für die anspruchsvollen Harthölzer wie Esche oder Ulme nicht geeignet sind. Der Eschenauwald beschränkt sich daher auf ältere, schluffreiche Sedimente, die Seitenbäche, so der Kaltenbach bei Puppling, abgelagert haben. Gelegentlich gehen diese artenreichen Hartholzbestände in eschenreiche Hangwälder über, die auf wasserzügigen und tiefgründigen Moränenschutt der Isareinhänge stocken.

3.1.3 Nadelholzreiche Auenbestände

Im Regelfall folgt auf die Weichholzaue aus Weiden und Erlen die Hartholzaue mit Esche, Ulme, Ahorn und Eiche. Zumindest ist dies das gewohnte Bild der Auenzonierung, wie es uns die meisten noch verbliebenen Auen, vor allem im Mittel- und Unterlauf der durchwegs korrigierten Flüsse vermitteln. An der oberen Isar dagegen, vor allem in den weitgehend naturbelassenen Bereichen der Pupplinger- und Ascholdingener Aue, weiter oberhalb noch im Abschnitt zwischen Scharnitz und dem Sylvensteinspeicher, wird die Hartholzaue aus kiefernreichen Auengesellschaften und dem Schneeheide-Kiefernwald, der das Endstadium dieser Auenentwicklung darstellt, gebildet. Auf den mageren und zeitweise trockenen Geröllstandorten finden die anspruchsvollen Edellaubhölzer keine ausreichenden Lebensbedingungen. Dafür kann sich die lichtliebende Kiefer mit bescheidenen Standortansprüchen ausbreiten, die bei günstigeren Bodenverhältnissen dem Konkurrenzdruck der anderen Gehölze unterliegt. Großflächige Kiefernwaldgesellschaften beherrschen im Anschluß an die Weiden-Grauerlenaue das Bild der Pupplinger- und Ascholdingener Aue.

Stark lückige Kiefern-Grauerlenaue in alten Flußrinnen

Charakteristische Arten: Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Fichte (*Picea excelsa*), Grau-Erle (*Al-*

nus incana), Purpur- und Lavendel-Weide (*Salix purpurea* und *S. eleagnos*), Wacholder (*Juniperus communis*), Tamariske (*Tamarix germanica*), Erd-, Heide-, Hirsens- und Blaugrüne Segge (*Carex humilis*, *C. ericetorum*, *C. panicea*, *C. flacca*), Blaugras (*Sesleria varia*), Wohlriechende Händelwurz (*Gymnadenia odoratissima*), Sumpf- und Braunrote Stendelwurz (*Epipactis palustris* und *E. atropurpurea*), Helm-Knabenkraut (*Orchis militaris*), Fliegen-Ragwurz (*Ophrys insectifera*), Silberwurz (*Dryas octopetala*), Kriechendes Gipskraut (*Gypsophila repens*), Mehl-Primel (*Primula farinosa*), Brillenschötchen (*Biscutella laevigata*), Blaugrüner Steinbrech (*Saxifraga caesia*), Große Brunelle (*Prunella grandiflora*), Spargelschote (*Tetragonolobus maritimus*), Hufeisenklee (*Hippocrepis comosa*), Pyrenäen-Leinblatt (*Thesium pyrenaicum*), Schnee-Pestwurz (*Petasites paradoxus*), Berg-Distel (*Carduus defloratus*), Rindsauge (*Bupthalmum salicifolium*), Alpen-Maßliebchen (*Aster belidialstrum*) und Blaugrünes Habichtskraut (*Hieracium glaucum*).

Mit dieser Vegetationseinheit, in der die Kiefer unter den Gehölzen überwiegt, beginnt eine Entwicklungsreihe, die zum Schneeheide-Kiefernwald und damit zum Endstadium der Auenentwicklung auf Kalkschotter führt. Gering sind noch Wuchshöhe und Kronenschluß der Gehölze. Entsprechend dem Rohbodencharakter dieser Standorte ist auch die Krautschicht nur sehr schütter ausgebildet. Der Bodenschluß beträgt etwa 0,3—0,5. Groß ist daher noch die Zahl der Pionierarten und der Alpenschwemmlinge. Hinzukommen viele Pflanzen der wechselfeuchten bis wechselfrohen Magerstandorte. Der Wert dieser brennenartigen, lichten Standorte für den Arten- und Naturschutz läßt sich an der hohen Anzahl von geschützten und bedrohten Arten erkennen.

Meistens löst die lockerwüchsige Kieferngesellschaft das lückige Weidengebüsch oder die Weiden-Tamariskenflur ab. Man könnte sich auch als Kiefern-Stadium der Weiden-Tamariskenflur (siehe SEIBERT 1958) bezeichnen.

Feinsand- und schluffarme Kiese und Gerölle sind die Standorte der heutigen Verbreitung. Vor

allen in ehemals stark durchströmten Seitenarmen kam es zur Auswaschung der feineren Bodenteile. In diesen besonders geröllreichen und nährstoffarmen Rinnen ist die Weiterentwicklung zu reiferen Gesellschaften mit geschlossener Vegetationsdecke stark verzögert. Auf derartigen Extremstandorten wird die Kiefer nicht von der Grauerle, sondern von der anspruchslosen Purpur- und Lavendelweide begleitet. In der Bodenschicht bildet die Silberwurz ausgedehnte Teppiche. Befinden sich im Schotterkörper eingeschwemmte Ton- und Schlufflinsen, so kann auch die Grauerle, gleichsam als Anzeiger für feinkörnige Bodenschichten, Fuß fassen. Hier treten auch das Pfeifengras, Simsenlilie, Sumpf-Stendelwurz und andere wechselfeuchte Arten auf. Auf den schluffhaltigen Alluvionen schreitet die Entwicklung zur folgenden Einheit rascher voran.

Lückige Kiefern-Grauerlenaue auf jüngeren Alluvionen

Charakteristische Arten: Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Grau-Erle (*Alnus incana*), Lavendel- und Purpur-Weide (*Salix eleagnos* und *S. purpurea*), Wacholder (*Juniperus communis*), Berberitze (*Berberis vulgaris*), Erd-, Heide- und Horst-Segge (*Carex humilis*, *C. ericetorum*, *C. sempervirens*), Blaugras (*Sesleria varia*), Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum*), Wohlriechende und Mücken-Händelwurz (*Gymnadenia odoratissima* und *G. conopsea*), Braunrote Stendelwurz (*Epipactis atropurpurea*), Berg- und Weiße Waldhyazinthe (*Platanthera chlorantha* und *P. bifolia*), Simsenlilie (*Tofieldia calyculata*), Brillenschötchen (*Biscutella laevigata*), Backenklee (*Dorycnium germanicum*), Hufeisenklee (*Hippocrepis comosa*), Hornschotenklee (*Lotus corniculatus*), Sand-Thymian (*Thymus serpyllum*), Berg-Gamander (*Teucrium montanum*), Sumpf-Kreuzblume (*Polygala amarella*), Schneeheide (*Erica carnea*), Heideröschen (*Daphne cneorum*), Zypressen-Wolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*), Golddistel (*Carlina vulgaris*), Rindsauge (*Bupthalmum salicifolium*) und Grauer Löwenzahn (*Leontodon incanus*).

Mit fortschreitender Bodenreife, Bodenentwicklung und Humusbildung nehmen Deckungsgrad

der Bodenvegetation, Wuchshöhe und Kronenschluß der Gehölze zu. Nackter, vegetationsloser Boden in nennenswertem Umfang kommt kaum noch vor. Durch den hohen Anteil an Gräsern und Seggen erhält die Krautschicht Rasencharakter. Verstärkt treten Heideröschen und Schneeheide auf.

Der lückige Kiefern-Grauerlenwald besiedelt vor allem jüngere, sand- und kiesreiche Schotterflächen in der Aue, sowie trockengefallene, alte Flußläufe. Die reifere Vegetationseinheit stellt sich je nach den Bodenverhältnissen unterschiedlich rasch ein. Auf reinen Kiesböden beansprucht die Vegetationsentwicklung wesentlich mehr Zeit als auf schluffhaltigen und sandigen Schotterflächen. Die Faktoren Zeit und Korngröße des Geschiebes bestimmen hier in erster Linie die Geschwindigkeit der Bodenbildung und der Vegetationsentwicklung. So können auf benachbarten Flächen mit unterschiedlicher Korngrößensortierung verschiedene Stadien der Kiefern-Grauerlenaue entstehen, die gleiche Entwicklungszeiträume hinter sich haben. Dementsprechend ist auch die Artenzusammensetzung, insbesondere die der Krautschicht, verschieden. Auf sandreichen Alluvionen überwiegen die Arten wechselfeuchter Böden. Die relativ rasche Vegetationsentwicklung schreitet zum Pfeifengras-Schneeheide-Kiefernwald fort. Auf kiesigen Standorten überwiegen die Arten der Halbtrockenrasen. Die Vegetationsentwicklung ist stärker verzögert. Sie endet schließlich im Erdseggen-Schneeheide-Kiefernwald, in dessen lückigen Beständen Pionierarten wie Silberwurz, Gipskraut, Thymian oder Berg-Gamander noch existieren können.

Kiefern-Grauerlenaue auf älteren Alluvionen

Charakteristische Arten: Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Lavendel- und Purpur-Weide (*Salix eleagnos*, *S. purpurea*), Grau-Erle (*Alnus incana*), Wacholder (*Juniperus communis*), Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana*), Echter Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), Blaugras (*Sesleria varia*), Amethyst-Schwingel (*Festuca amethystina*), Buntes Reitgras (*Calamagrostis varia*), Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum*), Frühlings-, Heide- und

Horst-Segge (*Carex caryophylla*, *C. ericetorum*, *C. sempervirens*), Wohlriechende Händelwurz (*Gymnadenia odoratissima*), Geflecktes Knabenkraut (*Dactylorhiza maculata*), Weiße und Berg-Waldhyazinthe (*Platanthera bifolia* und *P. chloerantha*), Frauenschuh (*Cypripedium calceolus*), Schneeheide (*Erica carnea*), Heideröschen (*Daphne cneorum*), Geschnäbeltes Leinblatt (*Thesium rostratum*), Wiesen-Lein (*Linum catharticum*), Hornklee (*Lotus corniculatus*), Echtes Labkraut (*Galium verum*), Frühlings- und Stengelloser Enzian (*Gentiana verna*, *G. clusii*), Berg-Distel (*Carduus defloratus*), Golddistel (*Carlina acaulis*) und Rindsauge (*Bupthalmum salicifolium*).

Diese grasreiche Gesellschaft bildet die Vorstufe zu den Schneeheide-Kiefernwäldern. Die Vegetationsdecke ist meist geschlossen, dagegen können die Gehölze sehr licht stehen. Frühere Weidennutzung, Waldbrände und sonstige Eingriffe können u. a. die Ursachen sein. Die Flächen liegen heute meist so hoch über dem Grundwasserniveau, daß die Vegetation keinen Grundwasseranschluß mehr besitzt. Andererseits ist die Bodenentwicklung und Humusbildung noch nicht so weit fortgeschritten, daß der fehlende Grundwasseranschluß durch höhere Wasserspeicherkapazität der Böden ausgeglichen werden könnte. Krüppelwüchsige Kiefern charakterisieren vielfach diese Flächen; Erlen und Weiden treten stärker zurück. Der Anteil von Pflanzenarten der Halbtrocken- und Trockenrasen und der subalpinen Matten ist hier ziemlich hoch. Die Erle beschränkt sich hauptsächlich auf seichte Mulden und Rinnen, von denen die Flächen in einem engmaschigen Netz durchzogen sind. Die Abgrenzung zum Schneeheide-Kiefernwald, vor allem zum Erdseggen-Schneeheide-Kiefernwald ist nicht immer eindeutig; fließende Übergänge sind vorhanden. Meistens jedoch zeichnet sich die Grenze zwischen dem Grauerlen-Kiefernwald und dem Schneeheide-Kiefernwald durch eine Geländestufe ab und vielfach wird dieser Grenzverlauf durch tiefere Rinnen und Gräben alter Flußläufe markiert. Von ähnlichen Geländeformen sind oft auch die Grenzen der vorher aufgeführten, jüngeren Vegetationseinheiten begleitet.

Schneeheide-Kiefernwald

Charakteristische Arten: Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*), Fichte (*Picea excelsa*), Mehlsbeere (*Sorbus aria*), Wacholder (*Juniperus communis*), Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana*), Eingriffeliger Weißdorn (*Crataegus monogyna*), Felsenbirne (*Amelanchier ovalis*), Liguster (*Ligustrum vulgare*), Erd-, Horst- und Frühlings-Segge (*Carex humilis*, *C. sempervirens*, *C. caryophylla*), Pfeifengras (*Molinia caerulea*), Blaugras (*Sesleria varia*), Buntes Reitgras (*Calamagrostis varia*), Amethyst-Schwingel (*Festuca amethystina*), Gemeine und Wohlriechende Händelwurz (*Gymnadenia conopsea* und *G. odoratissima*), Fliegen- und Spinnen-Ragwurz (*Ophrys insectifera* und *O. sphecodes*), Frauenschuh (*Cypripedium calceolus*), Ästige Graslilie (*Anthericum ramosum*), Maiglöckchen (*Convallaria majalis*), Salomonssiegel (*Polygonatum odoratum*), Schwarze Akelei (*Aquilegia atrata*), Schneeheide (*Erica carnea*), Heideröschen (*Daphne cneorum*), Zwergbuchs (*Polygala chamaebuxus*), Backenklees (*Dorycnium germanicum*), Geschnäbeltes Leinblatt (*Thesium rostratum*), Breitblättriges Laserkraut (*Laserpitium latifolium*), Österreichischer Rippensame (*Pleurospermum austriacum*), Färber-Meister (*Asperula tinctoria*) und Hainsalat (*Aposeria foetida*).

Der Schneeheide-Kiefernwald, das Endglied in der Sukzessionsreihe der kiefernreichen Auengesellschaften auf Kalkschotter, nimmt die Flächen ein, die seit geraumer Zeit keine Veränderungen erfahren haben. Wie ein Vergleich alter Luftbilder und Karten (siehe Kap. 3.3) zeigt, ist die reife Ausbildung des Schneeheide-Kiefernwaldes in der jüngeren Vergangenheit mit wenigen Ausnahmen kaum gegen die jungen Alluvionen vorgedrungen. Damals war aber der Schneeheide-Kiefernwald von der Isar randlich berührt und gelegentlich überflutet oder von kleinen Seitenbächen durchflossen, so daß inselartige Bestände in dem verzweigten Flußlauf eingeschlossen waren. Heute, nachdem sich die Isar eingetieft hat, liegt er durchwegs außerhalb des Hochwasserbereiches der Isar und meist außerhalb der vom Abflußgeschehen abhängigen Grundwasserschwankungen. Meistens

ist zwischen dem heutigen Flußlauf und dem Schneeheide-Kiefernwald eine Zone von 200 bis 300 m Breite und mehr aus jüngeren Auenstadien dazwischengeschaltet. Im Bereich der Prallhänge, wo die Isar die älteren postglazialen Schotterterrassen annagt, dringt er bis zum Fluß vor.

Die Krautschicht des Schneeheide-Kiefernwaldes ist sehr reichhaltig und weist je nach den Bodenverhältnissen sehr unterschiedliche Artenzusammensetzung auf. Man unterscheidet den Erdseggen-Schneeheide-Kiefernwald auf Kiesböden und den Pfeifengras-Schneeheide-Kiefernwald auf Sandböden. Im Erdseggen-Schneeheide-Kiefernwald überwiegen Arten der Trocken- und Halbtrockenrasen wie Aufrechte Trespe, Fieder-Zwenke und Golddistel. Außerdem kommen viele Arten der Pionierrasen wie Silberwurz, Gipskraut oder Sand-Thymian vor. Im Pfeifengras-Schneeheide-Kiefernwald sind viele Arten mit hohen Ansprüchen an Bodenfeuchtigkeit wie Pfeifengras, Blutwurz oder Simsenlilie, oder an höhere Bodenreife wie Schwarze Akelei, Sterndolde, Bux-Kreuzkraut oder Maiglöckchen konkurrenzfähig. An Stellen, wo das Grundwasser oder Hangwasser sehr nahe an die Oberfläche tritt, finden sich sogar Schwarze und Rostrote Kopfbinse und Mehl-Primel ein. In den meisten Fällen jedoch hat der Schneeheide-Kiefernwald keinen Grundwasseranschluß. Gemeinsam ist allen Ausbildungen dieser Föhrenwälder die relative Nährstoffarmut, so daß konkurrenzschwache Arten wie die meisten Orchideen und viele andere gefährdete Arten noch einen Lebensraum finden.

Neben der gesteins- und bodenkundlichen Situation spielen für die Ansiedlung des Schneeheide-Kiefernwaldes auch das Klima eine Rolle. So führt SCHRETZENMAYR (1950) das Fehlen der Föhre auf den Alluvionen um Lenggries und Tölz, die dort überwiegend durch die Fichte ersetzt ist, auf die höheren Niederschläge und der hygrischen Kontinentalität zurück. Die Kiefer herrscht dagegen auf den Alluvionen um Mittenwald und dann wieder in der Ascholdingener und Pupplinger Au vor. Im Mittenwalder Becken wird dies auf die kontinentaleren Klimaverhältnisse und im Wolf-

ratshauser Becken auf die bereits geringeren Niederschläge zurückgeführt, so daß in beiden Fällen die anspruchslosere Föhre auf den Schotterstandorten mit geringer Wasserspeicherkapazität gegenüber der mehr feuchtigkeitsliebenden Fichte konkurrenzfähig ist.

Der Schneeheide-Kiefernwald wird zu den Reliktföhrenwäldern gerechnet. Reliktwälder deshalb, weil sie Überbleibsel aus einer Zeit sind, in der sie flächenhafte Ausdehnung hatten (s. TROLL 1926). Grundsätzlich muß man im Isar-Loisachraum hinsichtlich der Entstehung und Entwicklung der Föhrenwälder 2 Arten unterscheiden. Einmal gibt es den eigentlichen Reliktföhrenwald auf den spätglazialen und älteren postglazialen Schotterterrassen. Der Föhrenheidewald besiedelte nämlich in der ausgehenden Spätglazialzeit weite Teile der Alpen und ihrer Umgebung (siehe SCHMID 1936). In der darauffolgenden Warmzeit, im Atlantikum (etwa 6 000 bis 3 000 vor heute) wanderten zunächst die Fichte, dann die Arten des Laubmischwaldes ein und verdrängten die Kiefer. Diese und deren Begleiter in der Krautschicht konnten sich aber auf den mageren Schotterstandorten vor dem Konkurrenzdruck durch die Neuwanderer entziehen.

Zu diesen ursprünglichen Reliktföhrenwäldern sind die restlichen Kiefernbestände auf den postglazialen Schotterterrassen in Höhe Gartenberg zu rechnen. Die Restbestände des Föhrenwaldes auf den spätglazialen Schotterflächen entlang der Bundesstraße 11 in Höhe Geretsried, die zum Heidelbeer-Pfeifengras-Kiefernwald gestellt werden (BRAUN 1968), sind meist durch verschiedene Nutzungseinflüsse floristisch verarmt.

Die artenreicheren Bestände stellen die lockeren Waldungen mit Buckelflächen und Buckelwiesen zwischen Geretsried und Königsdorf dar. Diese buckeligen Oberflächenformen entstanden während einer kürzeren Kaltzeit, in der Jüngerer Tundrenzeit (ca. 10 800 — 10 000 vor heute). Sie gehören zu den nördlichsten bekannten Vorkommen dieser Art (JERZ 1969).

Der kleinflächige Wechsel zeichnet sich nicht nur im Relief, sondern auch in den Böden ab. Auf den

Buckeln befinden sich Rendzinen und in den Mulden Braunerdeböden. Auf den Buckeln herrschen die Arten der Magerrasen vor.

Höchstwahrscheinlich waren diese Standorte während dieser relativ kurzen Kälteperiode baumfrei und wurden erst wieder von der Kiefer besiedelt, als das Klima etwas wärmer wurde.

Auf den ältesten spätglazialen Terrassenschottern ist vielfach die Bodenentwicklung soweit fortgeschritten, daß auf diesen Parabraunerdeböden anspruchsvollere Baumarten die Kiefer verdrängt haben.

Der Großteil der heute noch vorkommenden artenreichen Schneeheide-Kiefernwälder konzentriert sich auf die Flußalluvionen. Diese wurden im Lauf der Jahrhunderte (siehe Kap. 3.3) von der Isar aufgeschüttet und von Pioniergesellschaften besiedelt, die sich weiter zum Schneeheide-Kiefernwald entwickelten. Durch diese Ausdehnung des Erika-Föhrenwaldes auf die jüngeren Flußschotter fand also gleichsam eine Umsiedlung der früheren Föhrenwaldvegetation statt. Somit wurde ein großer Teil des Arteninventars der nacheiszeitlichen Waldsteppenvegetation (siehe RIEMENSCHNEIDER 1956) herübergerettet.

Der floristische Wert des Schneeheide-Kiefernwaldes und dessen Vorstadien liegen in der engen Verzahnung von Arten der Trocken- und Halbtrockenrasen, der subalpinen Matten, der dealpinen Schotterfluren und sogar der Flachmoore und in der Durchdringung von submediterranen und kontinentalen Elementen.

Fichtenwald

Hierher werden alle fichtenreichen Bestände außerhalb oder am Rande der Aue gerechnet, die seit langer Zeit nicht mehr vom Hochwasser erfaßt werden. Meistens liegen diese Forstkulturen am Isarhochufer. Da deren Vegetation meist stark verarmt ist und kaum noch ein Zusammenhang mit der Auenentwicklung erkennbar ist, werden sie nicht näher behandelt.

3.2 Belastung, Schäden und Gefährdung der Vegetation

Durch den gestörten Geschiebehaushalt und das veränderte Abflußregime ist der Isar der ursprüngliche Wildflußcharakter genommen worden. Maßnahmen der letzten Jahrzehnte haben zu verringerter Hochwasserführung, weitgehend fehlenden Umlagerungen und ausbleibender Auendynamik geführt. Dadurch verläuft die Vegetationsentwicklung zumindest in den jüngeren Auenbereichen anders ab, als zu den Zeiten, wo der Mensch noch wenig eingegriffen hatte. Eine Wiederherstellung des früheren Naturzustandes ist nahezu unmöglich. Eine ungelöste Aufgabe ist es, die drohende Eintiefung aufzuhalten und dabei nicht wiederum Eingriffe mit nicht absehbarer Tragweite vorzunehmen.

Trotz dieser Problematik, die zu der veränderten Situation führte, ist das Gebiet immer noch einzigartig und sehr wertvoll, das vor weiteren schädlichen Eingriffen und Belastungen zu schützen ist. Eine der größten Gefahren stellt die schleichende Eutrophierung dar, die den Lebensraum dieser eigenständigen Pflanzen- und Tierwelt schädigt. Eutrophierung bedeutet Zufuhr von Nährstoffen, bedeutet Düngung, laienhaft betrachtet, ein positiver Effekt. Man muß aber bedenken, daß die meisten Pflanzengesellschaften der Puppinger und Aschdinger Au auf nährstoffarme oder oligotrophe Verhältnisse ausgerichtet sind. Gerade die nährstoffarmen Standorte bergen in der Regel die artenreichsten Pflanzenbestände mit dem größten Seltenheitswert. Häufig werden bei beginnender Eutrophierung die seltenen Arten durch gewöhnliche Allerweltsarten verdrängt. Die herausragende Bedeutung des Naturschutzgebietes der Aschdinger und Puppinger Au begründet sich aber gerade auf die ausgedehnten Magerstandorte.

In der übrigen Zivilisationslandschaft wurden diese artenreichen Lebensgemeinschaften durch die land- und forstwirtschaftlichen Produktionsbedingungen auf Minimalareale zusammengequetscht. Vielfach ist dann der Fortbestand mancher Arten durch die Isoliertheit der Standorte und durch die zu geringe Populationsgröße in Frage gestellt. Das

gilt sowohl für die terrestrischen als auch für die aquatischen Lebensräume. SEIBERT und ZIELONKOWSKI (1971) haben bereits eine Karte der Belastungen und Schäden in den Isarauen bei Wolfratshausen entwickelt, aus der u. a. Mülldeponien, Abwassereinleitungen, Schäden durch Lagern, Spielen, Baden und durch Waldbrände zu entnehmen sind. Die Karte hat heute an Aussage und Aktualität nichts eingebüßt.

Die Isar ist zwar im Vergleich zu anderen Fließgewässern noch relativ gering belastet, aber die Massenentwicklung von Wasserhahnenfuß und Algenwatten im Sommer deuten auf stärkeren Nährstoffgehalt hin. Nicht zu unterschätzen ist die Belastung durch viele kleine, stark verkrautete und veralgte Seitenbäche und Zubringer, die auch zur Nährstoffanreicherung der Isar beitragen.

Recht deutlich tritt die Düngewirkung des mit Nährstoffen angereicherten Wassers und vor allem der nährstoffreichen Feinsedimente in der Wasserwechselzone, auf den Kies- und Sandbänken in Erscheinung. Offene Kiesflächen mit Alpenschwemmlingen und Magerpionieren sind sehr selten geworden und von üppig entwickelten Rohrglanzgras- und Barbarakrautbeständen verdrängt. Eine ähnliche Entwicklung zeichnet sich auch in ehemaligen Seitenarmen ab, wenn dort bei Hochwasser größere Mengen an Feinsand und Schlick meist endgültig abgelagert werden, da die Spülkraft späterer Hochwasser in aller Regel für eine Ausräumung nicht mehr ausreicht.

Nicht ganz unproblematisch ist daher auch eine Spülung des Tölzer Stausees, die zu einer notwendig gewordenen Entlandung desselben vorgesehen ist. Die Auswirkungen auf die Vegetation sind nicht abschätzbar, da weder die Menge und Zusammensetzung des zu spülenden Materials, noch der Ort der Sedimentation voraussehbar ist. Man kann jedoch davon ausgehen, daß auf jeden Fall überwiegend feinkörniges Material und Schweb transportiert und je nach der Wasserspiegelhöhe und der Reichweite des ausufernden Hochwassers in die Randbereiche der Aue abgelagert werden. Durch diese Überschlückung mit nährstoffreichen Sedimenten werden die Standortverhältnisse stark

verändert. Voraussichtlich entwickelt sich die Vegetation der betroffenen Flächen zu nährstoffreichen Pflanzengesellschaften, wobei Grauerle, die Brennessel, Rohrglanzgras und sonstige nährstoffliebende Pflanzen gefördert würden. Auch für die Tierwelt bleibt diese Veränderung nicht ohne Folgen. Noch ungeklärt sind die Auswirkungen der im Stauraum möglicherweise angereicherten Schadstoffe und die Sauerstoffzehrung auf die Biozönose Isar.

Diesen insgesamt negativen Wirkungen der aus wirtschaftlichen Gründen notwendigen Stauraumentlandung steht der positive Effekt der Minderung des Geschiebedefizites gegenüber. Der Geschiebehalt kann aber nur wirkungsvoll durch große Mengen an Kies und Geröll aufgebessert werden. Bei einem Spülstoß werden aber hauptsächlich größere Mengen an Feinsedimenten transportiert.

Als weitere Eutrophierungsursachen und damit Belastung für die Aue sind die zahlreichen wilden Deponien von Müll und Gartenabfällen im Randbereich der Aue entlang der angrenzenden Ortschaften.

Noch ausgeprägter ist der Einfluß der Hinterlassenschaften des riesigen Besucherstromes entlang der Isar, wodurch es zur Ausbildung der Brennessel-Fazies der Weiden-Grauerlenaue, eines galerieartigen, antropogenen „Dungwaldes“ (siehe Karte im Anhang) gekommen ist.

3.3 Die Auenentwicklung in der Vergangenheit

Zonierung und Ausbildung von Stufen und Terrassen sind die Folgen periodischen Wechsels der Phasen der Akkumulation und Sedimentation einerseits und der des Abtrages und der Eintiefung andererseits. Die Ursachen dieser unterschiedlichen morphogenetischen Vorgänge sind im Zustand der Vegetationsdecke, insbesondere des Waldes im Einzugsgebiet des Flusses zu suchen. Die Ausdehnung und Höhenverbreitung der Waldvegetation ist wiederum vom Klima abhängig. Zunächst war nach der Eiszeit kein Wald vorhanden. Die Täler waren mit eiszeitlichen Schottermassen aufgefüllt. Die ungeschützten Lockermassen wurden durch die Flüsse

in das Vorland transportiert. Allmähliche Ausbildung einer schützenden Vegetationsdecke und eines stabilisierenden Waldkleides erbrachte ein Nachlassen des Gerölltransportes aus den Alpentälern und ein Abklingen der starken Akkumulation in den Flußtälern des Voralpenlandes. Erst durch diese Stabilisierung des Abflußregimes und des Geschiebehaltens konnte wohl im Flußbett eine Pflanzenansiedlung und somit Auenentwicklung in größerem Umfang einsetzen. Zuvor mußte auch das Wasser der nacheiszeitlichen Seenkette in den Tälern abgelaufen sein.

Erneute kurzzeitige Kälteeinbrüche mit gebietsweise lokaler Entwaldung (siehe Karl 1985), gefolgt von vermehrtem Gerölltransport mögen mehrmals im ausklingenden Spät- und Postglazial erfolgt sein. Diese klimatischen Schwankungen, die lokal entscheidend in die Vegetationsdecke eingriffen und damit im Flußlauf und in den Tälern die Vorgänge der Sedimentation oder der Erosion prägten, sind mit die Ursache, die zur Ausbildung von heute noch im Gelände erkennbaren Stufen und kleinen Terrassen führten.

Diese, früher nur vom Klima geschaffenen Schwankungen der Abflüsse und des Geschiebehaltens der Flüsse, hat der Mensch in geschichtlicher Zeit wesentlich verschärft. So brachte die mittelalterliche Rodungsperiode, die im 13. bis 14. Jahrhundert weitgehend abgeschlossen war — einschließlich der flächenhaften Almerschließung — eine erneute Periode verschärften Abflußregimes und starken Geschiebetransportes, die in den Tälern des Alpenvorlandes zu flächigen Anlandungen und Schotterbänken führten.

Der Ackerbau, der damals bei den geringen Erträgen trotz geringer Bevölkerungsdichte große Flächen beanspruchte, führte zu großen Einträgen von Lehm und Schluff in die Flüsse. Diese feinkörnigen Sedimente und Schwebstoffe wurden erst im Mittel- und Unterlauf der Flüsse abgelagert. Auf diesen Sedimenten entstanden die Standorte der heutigen Hartholzau, die heute größtenteils wiederum in Ackerflächen umgewandelt ist. Im Oberlauf der Flüsse wurden überwiegend grobkörniges Material abgelagert. Diese

extremen Kies- und Geröllstandorte mit langsamer Bodenbildung waren für anspruchsvolle Laubhölzer ungeeignet. Sie wurden daher von anspruchslosen Kiefernwäldern erobert, denen je nach Alter und Entwicklungsstadium noch Weide oder Erle beigemischt sind.

Der Schneeheide-Kiefernwald ist schließlich das fortgeschrittene Stadium dieser kiefernreichen Auengesellschaftsentwicklung. Er muß aber nicht unbedingt das End- oder Klimaxstadium sein, da z. B. durch Auswaschungsvorgänge und Bodenversauerung der Heidelbeer-Pfeifengras-Kiefernwald, wie z. B. auf den spätglazialen Schotterflächen um Geretsried, entstehen kann.

Die Frage nach der zeitlichen Entwicklungsdauer für die verschiedenen Auenstadien ist nicht eindeutig zu beantworten, schon deshalb nicht, weil die Entwicklungsgeschwindigkeit einer Auengesellschaft selbst bei ungestörtem Ablauf, also ohne zwischenzeitlicher Umlagerung, je nach den standörtlichen Bedingungen und der Ausgangssituation sehr unterschiedlich rasch ablaufen kann. Zudem ist es schwer nachvollziehbar, ob und wie oft die Entwicklung zu einem bestimmten Auenstadium im Laufe der Jahrhunderte unterbrochen wurden. Für die reifen Auenstadien, wie die der Föhrenwaldgesellschaften in der Aue kann man ein ziemlich hohes Entwicklungsalter annehmen. SEIBERT (1958) gibt für den Pfeifengras-Kiefernwald an der Isar bei Freising 600 bis 800 Jahre an. Nach BRESINSKY (1959) hat der Schneeheide-Kiefernwald am Lech zwischen Landsberg und Augsburg seinen Verbreitungsschwerpunkt auf den Terrassen, die um 1270 und später entstanden sind.

Es erscheint uns daher plausibel, den Ausgang der Vegetationsentwicklung, die zum heutigen Schneeheide-Kiefernwald in den Isarauen bei Puppling führten, im ausgehenden Mittelalter oder z. T. früher, also an das Ende der Periode der Rodungen, des vermehrten Geschiebetransportes und der großen Anlandungen in der Talaue anzusetzen. Als im Einzugsgebiet wiederum eine allmähliche Stabilisierung eintrat und die vermehrte Geschiebezufuhr in der Aue nachließ, konnte eine

Auenentwicklung zu reiferen Auenstadien in Richtung Schneeheide-Kiefernwald einsetzen. Einige Jahrhunderte später gerieten diese Flächen völlig außerhalb des Wirkungsbereiches des Isarhochwassers. Diese etwas kühne Behauptung kann durch altes Kartenmaterial gestützt werden.

In einer alten Karte von Scamoni aus dem Jahre 1794 ist bereits der Grenzverlauf zwischen Feldern, Forsten und Siedlungen einerseits und den Auen mit Kiesinseln und dem verzweigten Gewässerlauf andererseits vermarktet. Innerhalb dieser Grenze fanden damals die Umlagerungsvorgänge und flächenhaften Veränderungen statt. Die Flächen außerhalb dieser Grenze wurden sicherlich auch noch gelegentlich überflutet, aber es fanden dort keine nennenswerten Veränderungen durch Landverlust, Rinnenbildung oder Anlandung mehr statt.

Diese alte, vermarkte Flußgrenze von 1794 ist auch heute noch weitgehend mit dem Grenzverlauf des Schneeheide-Kiefernwaldes zu den jüngeren Auengesellschaften identisch. Schon damals waren die Flächen des Schneeheide-Kiefernwaldes oder dessen Vorstufen außerhalb der umwälzenden Hochwasserdynamik. Freilich ist es schwer rekonstruierbar, wie weit bereits damals die Zeit der ungestörten Vegetationsentwicklung zurücklag. Man wird aber nicht sehr falsch liegen, die Zeitspanne der Entwicklung zum heutigen Schneeheide-Kiefernwald mit mindestens 600 Jahren anzusetzen und damit den zeitlichen Ausgang seiner Entwicklung im ausgehenden Mittelalter zu sehen.

Innerhalb der vermarkten Grenze von 1794 befanden sich zahlreiche, vom verzweigten Flußlauf umflossene Wöhre und Kiesinseln. Als Wöhre wurden große Inseln, auf denen Weide- und Holznutzung möglich war, bezeichnet. Häufig hatten sie eigene Flurnamen und die Weide- und Holznutzung war geregelt, worauf folgender Kartenvermerk hinweist: „Auf diesem Wöhr ist das Holz Churfürst und die Weyd dem Mühler zuständig“.

Die Breite des vermarkten Flußlaufes betrug 400 bis 1100 m. Innerhalb dieses Bereiches der Wöhre, Schotterbänke und Rinnsale vollzogen sich auch die Auensukzession und die Auen- und Fluß-

dynamik. Soweit es die Genauigkeit der alten Karten erkennen läßt, beanspruchten davon die offenen Kies- und Gewässerflächen ein Drittel bis zur Hälfte. Den Rest nahmen die Wöhre ein, auf denen Auwald und Gehölzbestände unterschiedlicher Ausbildung und Stadien stockten. Meistens dürfte es sich um relativ junge Auengesellschaften gehandelt haben und nur auf einigen älteren Wöhren könnten sich inselartige Bestände reiferer Auen- gesellschaften, wie junge Stadien des Schneeheide- Kiefernwaldes, etabliert haben.

Diese Annahme wird dadurch bestärkt, daß sich einige Bestände des heutigen Schneeheide-Kiefern- waldes an Stellen der damaligen Wöhre, also im Bereich der ehemals aktiven Hochwassertätigkeit der Isar befinden. Diese Kiefern- gesellschaften gehören dem Pfeifengras-Schneeheide-Kiefernwald an.

Dieser stellt sich auf sandigen, feinkörnigen Sedimenten ein und erreicht aufgrund der günstigen standörtlichen Ausgangssituation viel rascher das reife Stadium. Der Erdseggen-Schneeheide-Kiefernwald auf grobkörnigen Alluvionen dagegen benötigt dazu eine wesentlich längere Zeitspanne.

Genauere Zeitangaben über Entwicklungsabläufe in der Aue erlauben die Luftbildvergleiche innerhalb der letzten 60 Jahre (siehe Karten im Anhang). Hier zeigt sich deutlich, daß die Entwicklungsdauer bis zu einer bestimmten Auen- gesellschaft großen Schwankungen unterliegt. Die stark lückige Ausbildung der Kiefern-Grauerlen- aue, die heute vor allem in alten Flußrinnen vor- kommt, kann bereits nach 40 Jahren auftreten; auf Extremstandorten dagegen kann sie sich viel später einstellen und gleichsam als Dauergesell- schaft über lange Zeiträume halten. Auch das rei- fere Stadium des Kiefern-Grauerlenwaldes kann sich bei günstiger Ausgangssituation unter Um- ständen innerhalb weniger Jahrzehnte aus einer Rohbodengesellschaft entwickeln.

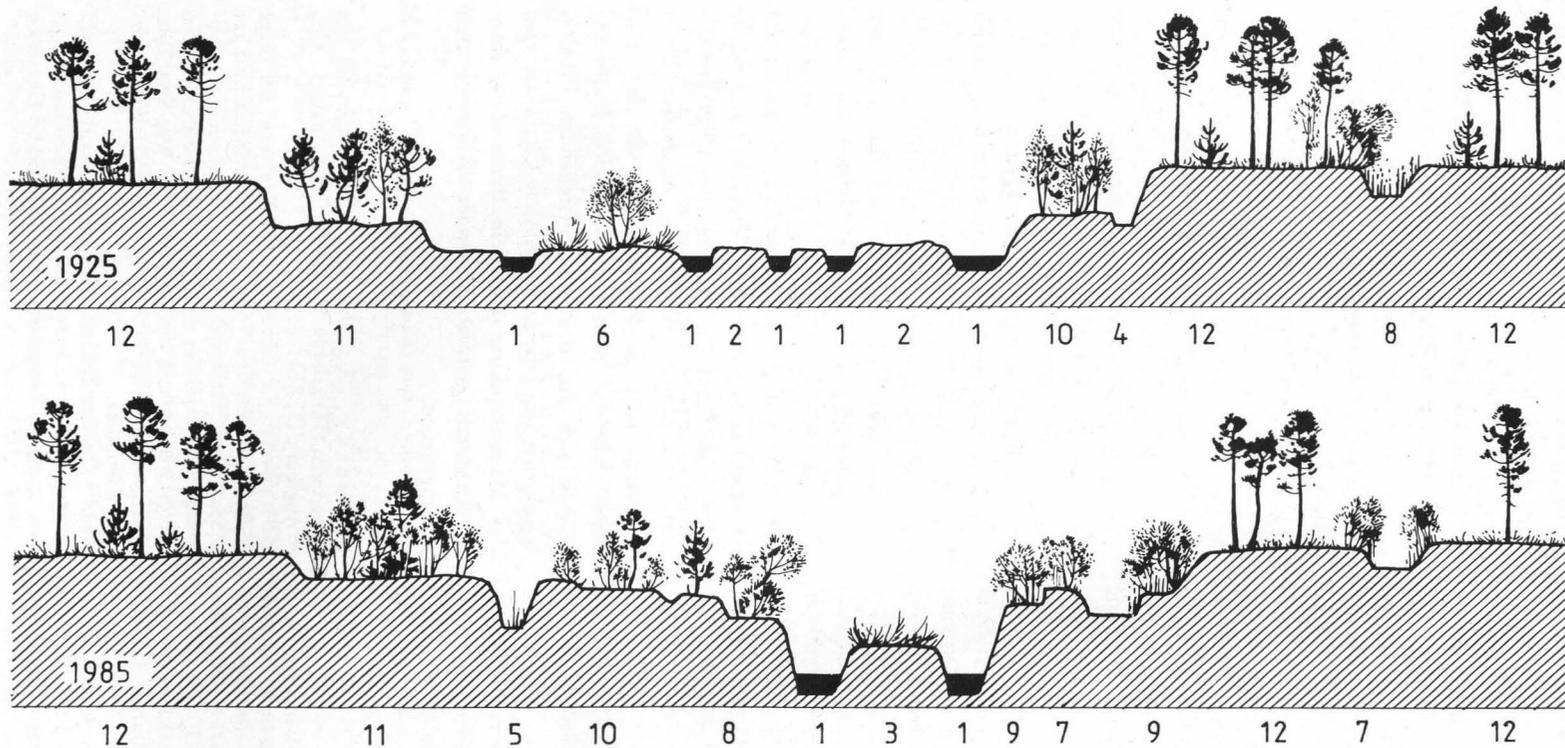
Diese rasche Entwicklung setzt allerdings voraus, daß das Stadium der Weiden- oder Erlenaue um- gangen wurde. Die Kiefer hat sich hier also auf den jungen Rohböden sofort angesiedelt. Dieser Vorgang kann heute kaum mehr beobachtet wer-

den, da die jüngsten Anlandungen durchwegs von der Weide als erstes Gehölz erobert werden, so daß die Kiefer keine Chance einer Ansiedlung hat. Sicherlich haben bereits geringe Veränderungen der Nährstoffsituation der Isar die Konkurrenz- verhältnisse unter den Gehölzen verändert. Als schnellwüchsige Gehölzart benötigt die Weide zur Ausbildung einer geschlossenen Weidenaue eine ge- ringe Zeitspanne von 10 bis 20 Jahren. Sie kann unter Umständen eine frisch geschüttete schluffig- sandige Kiesbank innerhalb eines Jahres in sehr niedrigen, aber dichten Beständen überziehen.

Die Erlenaue benötigt etwas mehr Zeit, aber nach 25 bis 30 Jahren ist auch sie meist voll entwickelt. Insgesamt unterliegen die Entwicklungszeiträume der einzelnen Auengesellschaften je nach den Standortverhältnissen großen Schwankungen und das Vegetationsbild der Aue wandelte sich seit jeher innerhalb kurzer Zeitabschnitte.

Trotz dieser Tatsache darf man nicht übersehen, daß inselartige Bestände oft ein höheres Alter ha- ben können als man aufgrund der bewegten Stand- ortverhältnisse innerhalb der Umlagerungsstrecke annehmen möchte. Es ist durchaus nicht so, daß jeder Quadratmeter in der Flußaue mit periodi- scher Regelmäßigkeit umgewälzt wird. So läßt sich häufig der Verlauf alter Isarbögen über hunderte von Jahren zurückverfolgen. Die in der Karte von 1794 eingezeichnete Hauptrinnen der Isar zeich- nen sich heute noch in den Luftbildern ab und stel- len gehölzfreie Rinnen dar, die vielfach mit Kopf- binsenrasen oder seggenreichen Gesellschaften be- siedelt sind. Trotz der turbulenten Auedynamik wurde das Bild früherer Auenstruktur und die Grenzen des früheren Isarverlaufes nicht gänzlich verwischt. So darf man postulieren, daß auch in- nerhalb des Hochwasserbereiches kleinräumige Standorte verblieben sind, auf denen beispielweise die Vegetationsentwicklung bis zum Schneeheide- Kiefernwald durchlaufen konnte. Diese inselarti- gen reiferen Auenbestände liegen innerhalb der schon mehrfach erwähnten vermarkten Grenze.

Freilich nahmen die jungen Auenstadien, vor al- lem die offenen Kiesflächen den größten Raum ein. Erst durch bauliche Eingriffe in das Flußregime im



- | | | |
|---------------------------|------------------------------------|--|
| 1 Isararm | 5 grundwassernahe Rinne mit Seggen | 9 Weiden-Grauerlenaue, Brennessel-Fazies |
| 2 offene Kiesflächen | 6 Weiden-Tamariskenflur | 10 lückige Kiefern-Grauerlenaue |
| 3 dichte Barbarakrautflur | 7 lückiges Weidengebüsch | 11 geschlossene Kiefern-Grauerlenaue |
| 4 gehölzfreie Rinne | 8 Weiden-Grauerlenaue | 12 Schneeheide-Kiefernwald |

0 100 200 300 m

Abb. 10 Vegetationsprofil der Isarauen in Höhe Ascholding-Geretsried bei Flußkilometer 186,0; oben: nach Auswertung des Luftbildes von 1925; unten: heutige Situation.

Oberlauf hat sich die Situation in der Aue derart geändert, daß beispielsweise die offenen Kiesflächen in den letzten 60 Jahren auf ein Zwanzigstel geschrumpft sind. Dagegen ist der Anteil an geschlossener Weiden- und Erlenaue seit dieser Zeit auf über das sechsfache gestiegen. Stark abgenommen haben auch die lockeren Bestände der Weiden-Tamariskenflur (vergl. die Karten und Vegetationsprofile in Abb. 10 der Luftbildauswertungen). Der Hauptgrund des Strukturwandels in der Aue liegt in der fehlenden Geschiebedrift und der ausbleibenden Umlagerungstätigkeit, die vormals in weiten Bereichen eine stete Erneuerung in der Aue brachten. Heute dagegen bleibt die Verjüngung weitgehend aus und die Aue altert.

3.4 Die künftige Auentwicklung

Im Schneeheide-Kiefernwald und in der Kiefern-Erlenaue wird künftig in der weiteren Entwicklung keine große Veränderung auftreten, sofern Eingriffe und bedrohliche Einwirkungen von außen ausgeschlossen, sowie die im Kap. 3.2 dargestellten Belastungen in Grenzen gehalten werden können. Anders sieht es auf den Inseln und Uferbänken der Isar aus. Wie die Entwicklung der letzten Jahrzehnte zeigt, nehmen Verkräutung und Verbuschung stark zu: offene Kiesinseln werden immer seltener. Das trifft auch für die vor dem Erholungsverkehr geschützten Vogelinseln zu, deren Bedeutung als Brutbiotop für Kiesbrüter nach und nach verlorengehen wird.

Insgesamt besteht im unmittelbaren Einflußbereich der Isar die Tendenz zur Ansiedlung raschwüchsiger Pflanzengesellschaften mit überwiegend

Arten nährstoffreicher Standorte. Somit sind die Charakterarten der Magerstandorte bedroht. Eine zusätzliche Fracht von nährstoffreichen Feinsedimenten in Verbindung mit einer Staurationsspülung während eines kräftigen Hochwassers könnte, wie bereits dargestellt, auch auf den höher gelegenen Magerstandorten gravierende Auswirkungen zeigen.

Das Problem einer weiteren Eintiefung, der Schmälerung der Auendynamik und das der Veränderung des Wasserhaushaltes in der Aue wurde in Kap. 2 erwähnt. Es besteht jedoch die Hoffnung, daß durch die geplante und teilweise bereits durchgeführte Herausnahme alter Uferverbauungen die Situation der Isar und der begleitenden Aue verbessert werden kann. Die Isar kann dadurch wieder bei Hochwasser ihr Bett ausweiten und neue Seitenarme schaffen. Damit entstehen neue Pionierstandorte, die Auendynamik und die Auensukzession wird belebt. Durch eine verstärkte Seitenerosion und einen erneuten Geschiebetransport wird die Tiefenerosion abgeschwächt. Freilich können dabei Orchideenstandorte oder sonstige liebgewordene Plätze in der Aue beseitigt werden, aber Zerstörung und Schaffung neuer Standorte gehören zum Charakteristikum eines alpinen Wildflusses. Zu hoffen bleibt allerdings, daß die Wasserqualität der Isar und deren Zubringer noch verbessert wird. Dann erst können sich auf den neu entstehenden Pionierstandorten die selten gewordenen Charakterarten der Magerstandorte ansiedeln, ohne dem Konkurrenzdruck nährstoffliebender Allerweltsarten zu unterliegen.

Literatur

- Bader, K.: Die Verbauung von Ur-Isartälern durch die Vorlandvergletscherung als Teilursache der anomalen Schichtung des Quartärs in der Münchner Ebene. Mitt. Geogr. Ges. München, 67: 5—20, München 1982.
- Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Donauegebiet, Abflußjahr 1983. München 1985.
- Braun, W.: Die Pflanzendecke. In: Jerz, H.: Erläuterung zur Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 8134 Königsdorf. Bayer. Geolog. Landesamt, München 1968.

- Bresinsky, A.: Die Vegetationsverhältnisse der weiteren Umgebung Augsburgs. Ber. naturf. Ges. Augsburg 11, Beitr. 65, 1959.
- Consoni, J.: Geometrischer Plan von der Lage des Isarstroms von Tölz über Wolfertshausen bis zur Schäftlinger Hofmarch samt der Einmündung des Loisach Flus, dann des anliegenden churfürstlichen Auen und Wöhren und dem Königsdorfer Weg von Tölz, aufgenommen im Jahre 1794 (Bayer. Hauptstaatsarchiv München).
- Ertl, O.: Der Einfluß des Walchenseewerkes und seines geplanten weiteren Ausbaues auf die Gestaltungsvorgänge im Isargebiet. Unveröffentlichtes Gutachten 1948.

- Frank, H.: Glazial übertiefte Täler im Bereich des Isar-Loisach-Gletschers; neue Erkenntnisse über Aufbau und Mächtigkeit des Quartärs in den alpinen Tälern, im Gebiet des „Murnauer Schotter“ und im „Tölzer Lobus“. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 29: 77—99, Hannover 1979.
- Hartung, F.: Stützschwelenkraftwerke. *Wasserwirtschaft* 63. Jahrgang, Heft 11/12/1973.
- Jerz, H.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8134 Königsdorf. München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.
- Jerz, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8134 Königsdorf. München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.
- Jerz, H.: Das Wolfratshäuser Becken, seine glaziale Anlage und Übertiefung. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 29: 63—69, Hannover 1979. — (1979 a).
- Jerz, H.: Die quartären Ablagerungen im übertiefen Wolfratshäuser Zungenbecken (Oberbayern). In: Schlüchter, Ch. (Hrsg.): *Moraines and Varves*: 257—260, Rotterdam (Balkema) 1979. — (1979 b).
- Jerz, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8034 Starnberg Süd. München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1986.
- Karl, J.: Steilhangwälder in den Alpen — Wälder ohne Zukunft. *Jahrb. d. Ver. z. Schutz der Bergwelt*, München, 50, 1985.
- Karl, J.: Mangelsdorf, J. und Scheurmann, K.: Die Isar — ein Gebirgsfluß im Spannungsfeld zwischen Natur und Zivilisation. *Ver. z. Schutz d. Bergwelt*, München, 42, 1977.
- Knauer, J.: Erläuterungen zur geognostischen Karte von Bayern 1:100 000, Teilblatt München-Starnberg. Geol. Landesuntersuchung am Bayer. Oberbergamt, 48 S., München 1931.
- Knauer, J.: Diluviale Talverschüttung und Epigenese im südlichen Bayern. — *Geologica Bavarica*, 11: 32 S., München 1952.
- Mangelsdorf, J., Scheurmann, K.: *Flußmorphologie. Ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure*. München 1980.
- Mauil, O.: *Handbuch der Geomorphologie*. Wien 1958.
- Müller, St.: Hydrogeologische und hydrologische Untersuchungen in der Pupplinger Au im Isartal südlich von München. — *Gedr. Diss. Univ. München*. 112 S., München 1973. — (Fotodruck).
- Olli-Vesalainen, M., Wissert, R. & Frenzel, B.: Über das Alter des spätglazialen Wolfratshäuser Sees südlich von München. In: Jerz, H. (Hrsg.): *Führer zu den Exkursionen der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie 1983 im Nördlichen Alpenvorland und im Nordalpengebiet (Bayern, Tirol, Salzburger Land, Oberösterreich)*: 111—115, München 1983.
- Riedel, J.: Untersuchung der flußmorphologischen Entwicklung der Isar im Bereich von der Tattenkofener Brücke bis zum Ickinger Wehr seit dem Jahre 1972. Referendararbeit Weilheim 1984.
- Riemenschneider, Ch.: Vergleichende Vegetationsstudien über die Heidewiesen im Isarbereich. *Ber. Bayer. Bot. Ges.*, 31, München, 1959.
- Rothpletz, A.: Die Osterseen und der Isarvorlandgletscher. *Mitt. Geogr. Ges. München*, 12: 99—298, München 1917.
- Schauer, Th.: Die Vegetationsentwicklung auf Umagerungstrecken alpiner Flüsse und deren Veränderungen durch wasserbauliche Maßnahmen. *Interpraevent*, Villach, 1984 a.
- Schauer, Th.: Der Wandel des Gewässerlaufes und des Vegetationsbildes im Mündungsbereich der Tiroler Achen seit 1810. *Jahrb. d. Ver. z. Schutz d. Bergwelt*, München, 49, 1984 b.
- Scheurmann, K.: Die Pupplinger und Ascholdinger Au in flußmorphologischer Sicht. wasser + abwasser; bau intern, Juli 1973.
- Schirmer, W.: *Holozäne Talentwicklung — Methoden und Ergebnisse*. *Geol. Jb., Reihe A*, 71, Hannover 1983.
- Schmid, E.: Die Reliktföhrenwälder der Alpen. *Beitr. Geobot. Landesaufn. d. Schweiz*, 21, Bern, 1936.
- Schmidt-Thomé, P.: Zur Frage quartärer Krustenbewegungen im Alpen- und Voralpengebiet des Isartalbereichs. *Geol. Rdsch.*, 43: 144—158, Stuttgart 1955.
- Schumacher, R.: Untersuchungen zur Entwicklung des Gewässernetzes seit dem Würmmaximum im Bereich des Isar-Loisach-Vorlandgletschers. *Gedr. Diss. Univ. München*, 204 S., 7 Taf., München 1981.
- Seibert, P.: Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet „Pupplinger Au“. *Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde, Landschaftspflege und Vegetationskunde*, H. 1, 1958.
- Seibert, P.: Die Auenvegetation an der Isar nördlich von München und ihre Beeinflussung durch den Menschen. *Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde, Landschaftspflege und Vegetationskunde*, H. 3, 1962.
- Seibert, P. und Zielonkowski, W.: *Landschaftsplan „Pupplinger und Ascholdinger Au“*. *Schriftenr. f. Naturschutz und Landschaftspflege*, H. 2, Bayer. Landesstelle für Naturschutz, München, 1972.
- Seifert, A.: Der Pupplinger Au droht der Untergang. *Münchner Merkur* vom 7./8. 8. 1971.
- Sternberg, H.: Untersuchungen über Längen- und Querprofil geschiebeführender Flüsse. *Z. f. Bauwesen*, H. 11 und 12, 1875.
- Troll, C.: Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen. Ihre Oberflächengestalt, ihre Vegetation und ihr Landschaftscharakter. *Forsch. dt. Landeskd.*, 24 (4): 157—257, Stuttgart 1926.
- Troll, W.: Die natürlichen Wälder im Gebiet des Isarvorlandgletschers. *Mitt. Geogr. Ges.*, 19, München, 1926.
- Wundt, W.: Die Flußmäander als Gleichgewichtsform der Erosion. *Experientia*, vol. 5, 1949.
- Wundt, W.: *Aufriß und Grundriß der Flußläufe, vom physikalischen Standpunkt aus betrachtet*. *Z. f. Geomorphologie*, Bd. 6, H. 2, 1962.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Hermann Jerz
Bayerisches Geologisches Landesamt
Heßstraße 128, 8000 München 40

Dr. Thomas Schauer
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Lazarettstraße 67, 8000 München 19

Prof. Dr. Karl Scheurmann,
Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Lazarettstraße 67, 8000 München 19



Abb. 11 Der Isarlauf im Luftbild aus dem Jahre 1925 zwischen Flußkilometer 186,0 und 183,2.

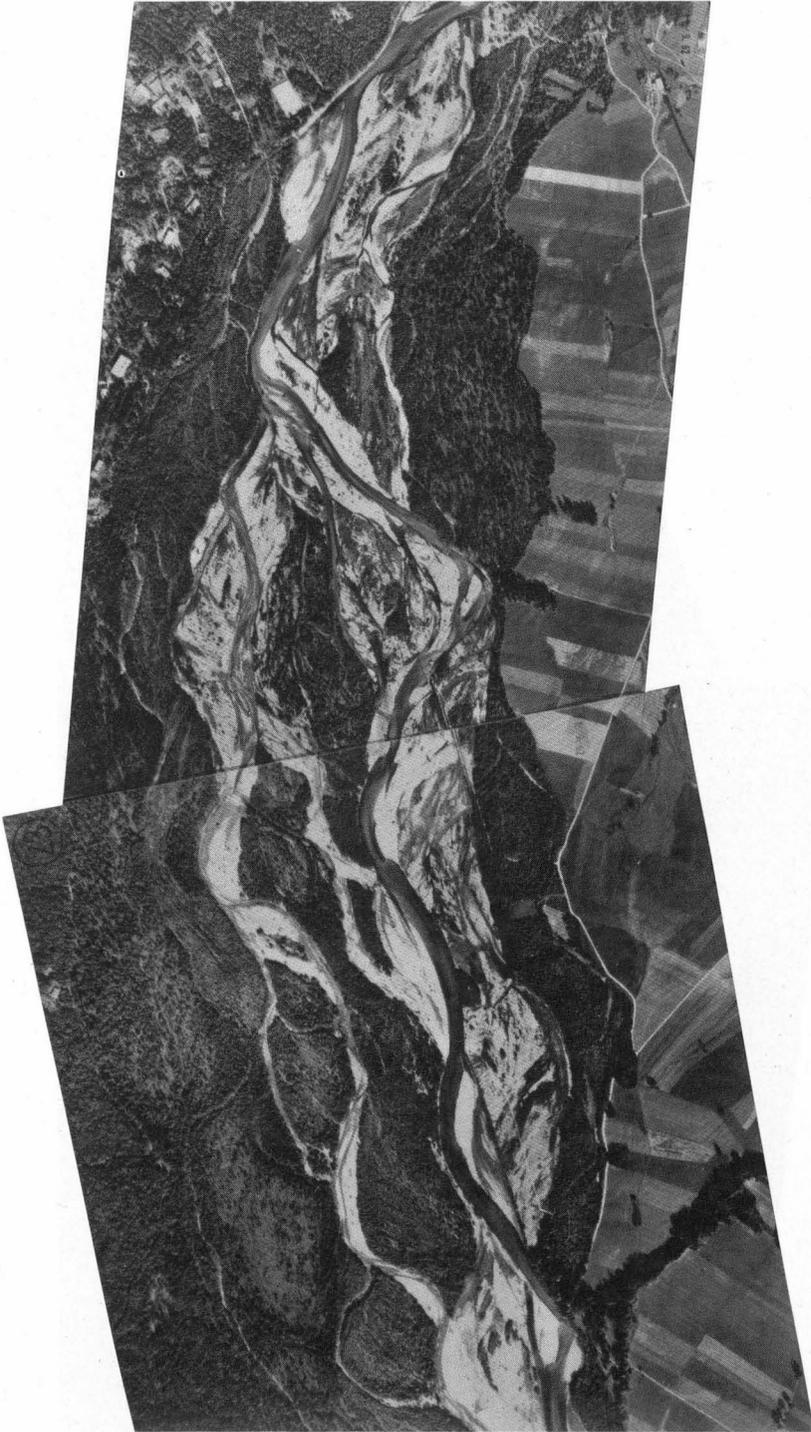


Abb. 12 Der Isarlauf im Luftbild aus dem Jahre 1971 zwischen Flußkilometer 186,0 und 183,2.
Freigegeben durch Reg. v. Obb. Nr. G/787992.

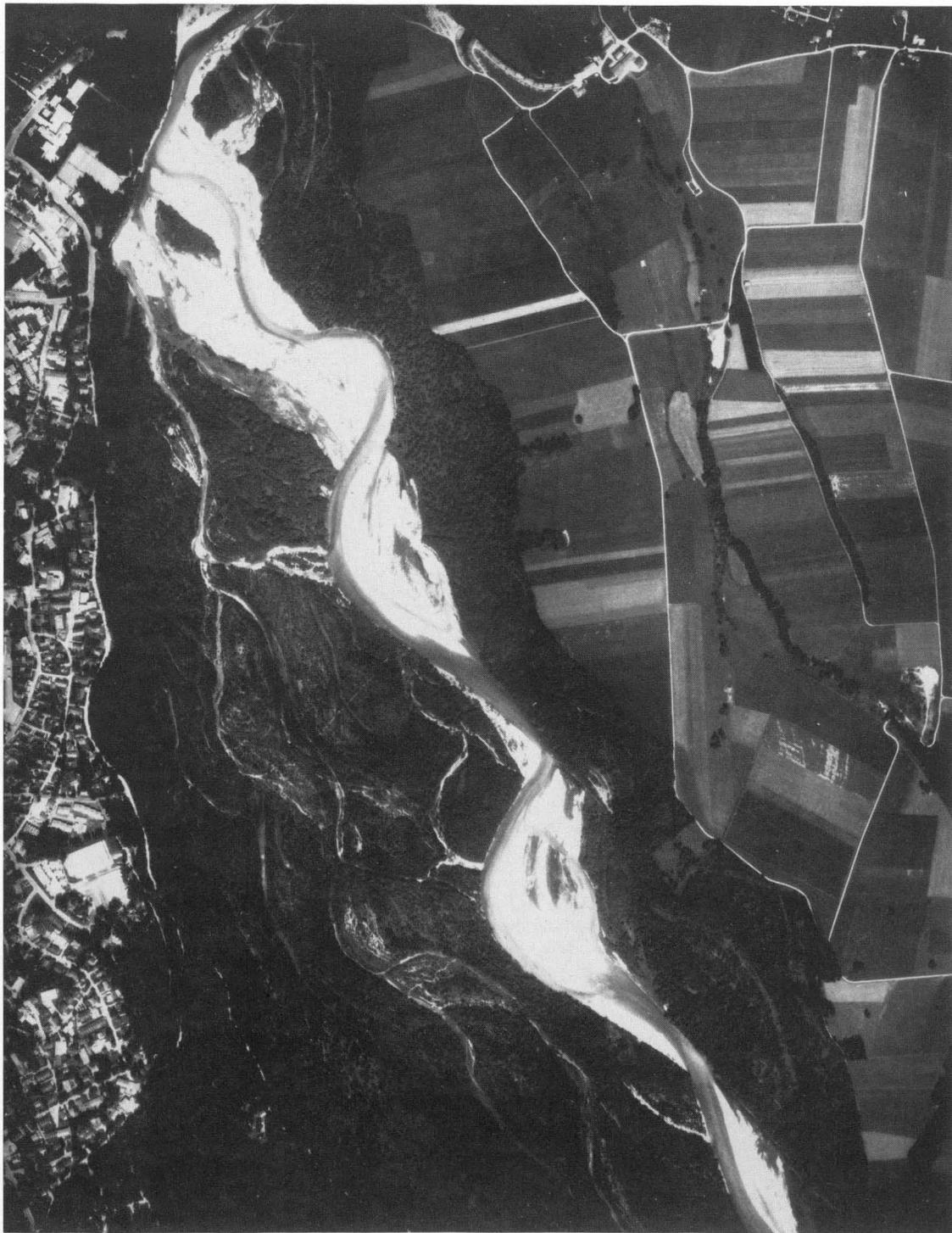


Abb. 13 Der Isarlauf im Luftbild aus dem Jahre 1982 zwischen Flußkilometer 186,0 und 183,2.
Freigegeben durch Reg. v. Obb. Nr. G7/89253.



Abb. 14 Würm-Grundmoräne im Flußbett und am Ufer der Isar zwischen Gartenberg und Waldram. Die vom Fluß angeschnittene Grundmoräne enthält alle Korngrößen, von der Tonfraktion bis zur Blockgröße; sie ist weder geschichtet noch sortiert, meist sehr dicht gelagert und äußerst wenig wasserdurchlässig. Die hohe Verdichtung des Gletscherschutts ist vor allem auf die Vorbelastung durch das Gletschereis zurückzuführen. Die Flußerosion schreitet jedoch auch hier von Jahr zu Jahr erkennbar fort. (Foto: H. Jerz)



Abb. 15 Findlingsblock aus Wettersteinkalk (Höhe ca. 1,5 m) am rechten Isarufer gegenüber Gartenberg, aus der Grundmoräne im Liegenden freigespült. Die Erosionskante der rückwärtigen Postglazialterrasse mit lockerem, vorwiegend grobem Flußschotter wird bei jedem größeren Hochwasser weiter zurückverlegt.
(Foto: H. Jerz)



Abb. 16 Abschnittsweise, so unterhalb der Tattenkofener Brücke, hat sich die Isar bereits tief in den Molassemergel eingetieft. (Foto: Schauer)



Abb. 17 Kiesbank mit Weidenanflug. Im Hintergrund Kiefern-Grauerlenaue mit Uferanbrüchen. Die Isar versucht das Geschiebedefizit durch Seitenerosion auszugleichen. (Foto: Schauer)



Abb.18 Uferanbrüche an der postglazialen Schotterterrasse mit Schneeheide-Kiefernwald bei Gartenberg.
(Foto: Schauer)



Abb. 19 Die meisten Kiesinseln sind heute von einer dichten Vegetation aus Rohrglanzgrasröhricht, Barbarakraut- und Hochstaudenfluren bedeckt. (Foto: Schauer)



Abb. 20 Innerhalb weniger Jahre beherrschen Weiden- und Erlengehölze die jüngsten Alluvionen. Offene Kiesflächen werden immer seltener. Charakteristische Lebensräume der Flußau gehen verloren. Davon sind nicht nur die Kiesbrüter unter den Vögeln, sondern viele Pionierarten der Pflanzen- und Tierwelt betroffen.

(Foto: Schauer)



Abb. 21 Nur bei größerem Hochwasser durchströmter Auebach. Bei Niedrig- und Mittelwasserführung der Isar wird er von Quell- und Hangwasser gespeist. Brunnenkresse, Wasser-Minze, Sumpf-Vergißmeinnicht und gelegentlich Schilf besiedeln das Bachbett. (Foto: Schauer)



Abb. 22 Abschnittsweise entwickeln sich in der Isar ausgedehnte Schwimmrasen aus Wasserhahnenfuß. Wasserpflanzen reagieren häufig bereits auf geringe Veränderungen der Nährstoffzufuhr.

(Foto: Schauer)



Abb. 23 In den Weiden- und Erlenbeständen der Uferbereiche mit starkem Erholungsdruck herrscht in der Krautschicht die Brennessel vor; sie dokumentiert die Belastung durch den Menschen. (Foto: Schauer)



Abb. 24 Der Schneeheide-Kiefernwald, das reifste Stadium der Auenentwicklung, stockt auf den ältesten Ablagerungen der Isar, die heute vom Hochwasser nicht mehr erfaßt werden. (Foto: Schauer)



Abb. 25 Ehemalige Flutrinne der Isar mit dichten Beständen der Kopfbinse oder des Kopfriets. Dieses hauptsächlich in der Ascholdinger Au vorkommende Rinnensystem wird seit vielen Jahrzehnten nicht mehr durchflossen und ist vom Hang- und Quellwasser gespeist, so daß sich eine quellmoorähnliche Pflanzendecke einstellte.
(Foto: Schauer)



Abb. 26 Das Grasnelken-Habichtskraut ist ein typischer Kiespionier auf den Schotterfluren der Alpenflüsse.
(Foto: Schauer)



Abb. 27 Die Silberwurz, ein Rohbodenpionier, der erst im 3. Jahr blüht. Ausgedehnte Polster, die Jahrzehnte zur Entfaltung benötigen, können nur auf Magerstandorten überdauern ohne dem Konkurrenzdruck anderer Arten zu unterliegen. (Foto: Schauer)



Abb. 28 Die Tamariske, ein 2—3 m hoch werdender Stauch, findet sich auf sandreichen, nährstoffarmen Kiesflächen ein. Auch die Tamariske unterliegt rasch dem Konkurrenzdruck anderer Arten.

(Foto: Schauer)



Abb. 29 Die seltene Spinnen-Ragwurz besiedelt Magerstandorte mit lückiger Vegetationsdecke im lichten Schneehaide-Kiefernwald oder in der Kiefern-Grauerlenaue. (Foto: Schauer)



Im Selbstverlag des Vereins
erschienen:

Gesamtverzeichnis

zu den Schriften des

Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen u. -Tiere e. V. München
jetzt: Verein zum Schutz der Bergwelt

Bearbeitet von

Dr. Georg Eberle, Wetzlar

MÜNCHEN 1981

Selbstverlag des Vereins

Das „Gesamtschriftenverzeichnis 1900—1981“

ist für DM 12,— erhältlich

Geschäftsstelle des Vereins:
Praterinsel 5, 8000 München 22
Fernruf 0 89 / 29 30 86

Postscheckkonto des Vereins:
München 99 05—808
Hypobank HNL., München
BLZ 700 200 01
Konto-Nr. 58 03 866 912

Vorstand

Erster Vorsitzender Dr. Ernst Jobst, München
Stellvertretender Vorsitzender Dr. Johann Karl, München
Geschäftsführender Vorsitzender Dr. Wolfgang Fuchs, Gräfelfing
Schatzmeister Reiner Neuger, München
Schriftführer und Schriftleiter des Jahrbuches
Dr. Georg Meister, Schneizlreuth

Anschrift: Unterjettenberg 48, 8230 Bad Reichenhall, Fernruf 0 86 51 / 55 05

Seit



1900

Verein zum Schutz der Bergwelt e. V. München

— vormals Verein zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere e. V. —

Anschrift: Praterinsel 5, 8000 München 22

Fernruf 0 89 / 29 30 86

Der getreue Freund aller Bergsteiger und Naturfreunde seit mehr als 85 Jahren
bittet um Ihre Mithilfe beim Schutz der Bergwelt

Jahresmindestbeitrag DM 26,—

(für Jugendliche, Familienmitglieder und Studenten DM 12,—)

Jedes Mitglied erhält das Jahrbuch des Vereins kostenlos

Außerdem kostenlose Lieferung wertvoller Vereinsveröffentlichungen

Aufklärungs- und Werbematerial kostenlos

Die meisten Jahrbücher früherer Jahre können
gegen Unkostenbeteiligung nachgeliefert werden.

Postscheckkonto München 99 05-808

Bankverbindungen: Hypobank München 5 803 866 912 (BLZ 700 200 01)

Auslandskonten:

Österreich: Landeshypothekenbank Tirol

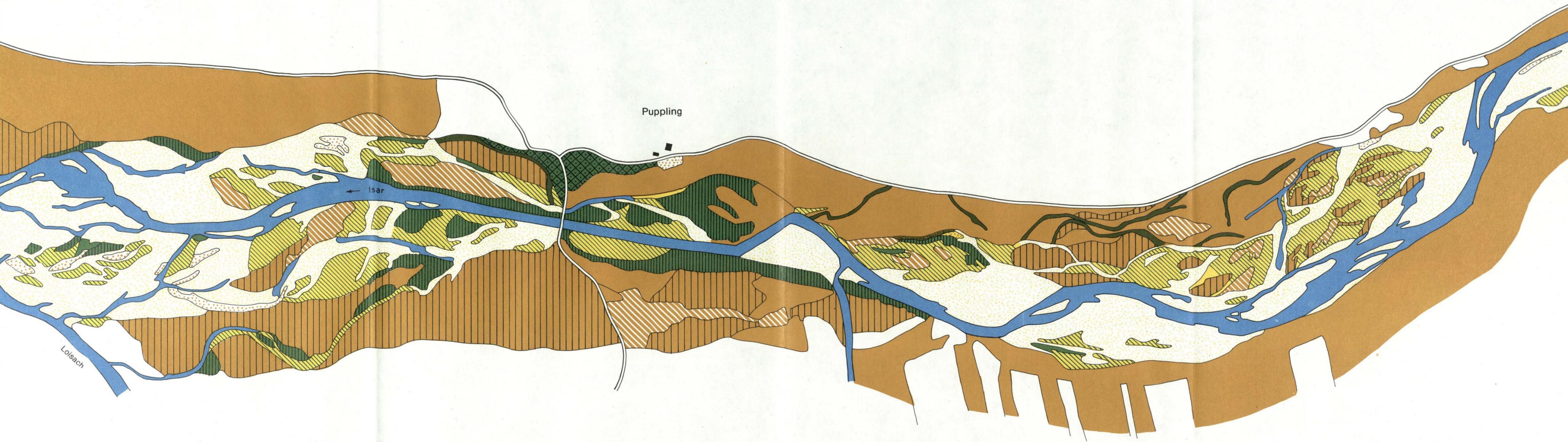
Innsbruck, Kto. Nr. 200 591 754

Italien: Volksbank Bozen, Kto. Nr. 10 287/18

Schweiz: Schweizerische Volksbank Basel, Kto. Nr. 17 215/0

Vereinfachte Vegetationskarte der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholdinginger Au

nach Auswertung der Luftbilder von 1925 Maßstab 1:10000



Vereinfachte Vegetationskarte der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholdinger Au

nach Auswertung der Luftbilder von 1962 Maßstab 1:10 000

Legende zu den Vegetationskarten Stand 1962 und 1925

Gehölzfreie Flächen

- Wasserflächen
- Offene Kiesflächen
- Verkrautete Kiesflächen
- Gehölzfreie Rinnen in der Aue
- Sonstige gehölzfreie Flächen

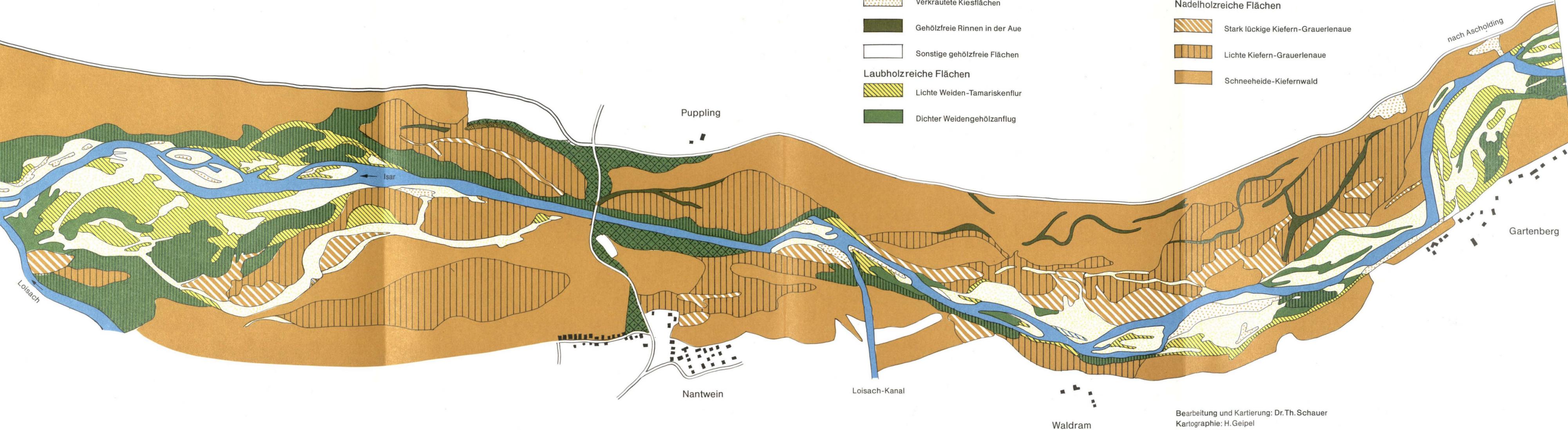
Laubholzreiche Flächen

- Lichte Weiden-Tamariskenflur
- Dichter Weidengehölzanflug

- Geschlossene Weiden-Grauerlenaue
- Hartholzaue

Nadelholzreiche Flächen

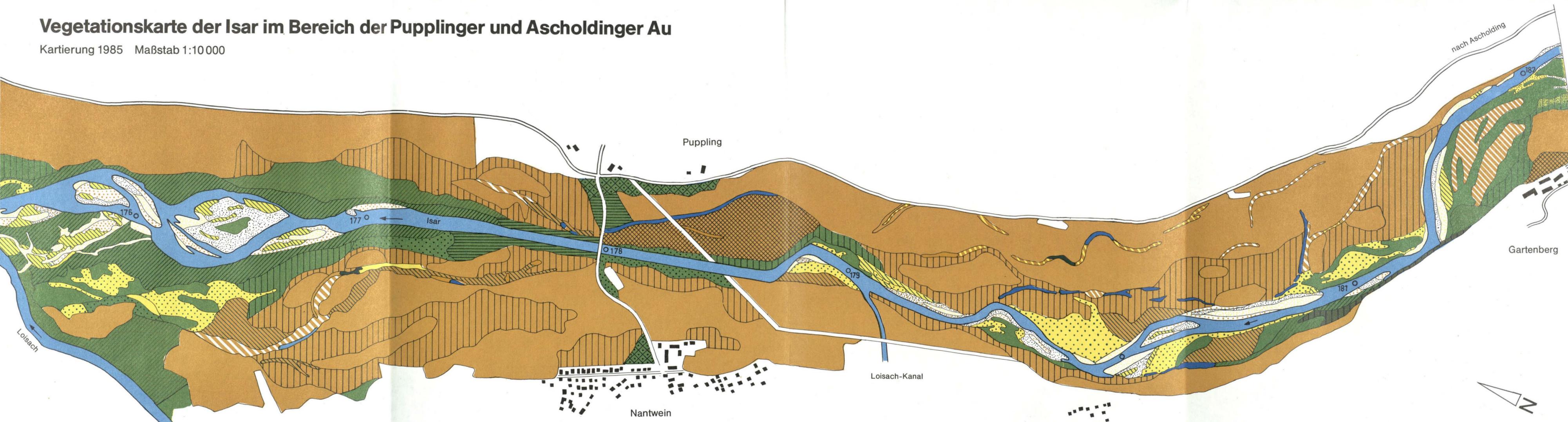
- Stark lückige Kiefern-Grauerlenaue
- Lichte Kiefern-Grauerlenaue
- Schneeheide-Kiefernwald



Bearbeitung und Kartierung: Dr.Th.Schauer
Kartographie: H.Geipel
Maßstab 1:10 000
Topographische Grundlage:
Luftbilder 1:5000 der Photogrammetrie GmbH München
1982, 1962 und 1925

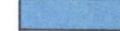
Vegetationskarte der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholdinger Au

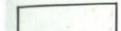
Kartierung 1985 Maßstab 1:10 000



Legende zu der Vegetationskarte Stand 1985

Gehölzfreie Flächen

-  Wasserflächen
-  Kiesflächen mit Pionierpflanzen
-  Lückige Barbarakrautflur
-  Dichte Barbarakrautflur und Rohrglanzgrasröhricht
-  Meist wasserführende Altwasserrinnen mit Bultsegge

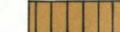
-  Grundwassernahe Altwasserrinnen mit Gelbsegge
-  Quellige Altwasserrinnen mit Kopfbinsenrasen
-  Sonstige gehölzfreie Flächen

Laubholzreiche Flächen

-  Weiden-Tamariskenflur
-  Lückiges Weidengebüsch

-  Reine Weidenaue
-  Reine Grauerlenaue
-  Weiden-Grauerlenaue
-  Fichtenreiche Weiden-Grauerlenaue
-  Weiden-Grauerlenaue, Brennessel-Fazies
-  Weiden-Grauerlenaue, Eschen-Ausbildung
-  Eschenaue

Nadelholzreiche Flächen

-  Stark lückige Kiefern-Grauerlenaue in alten Flußbrinnen
-  Lückige Kiefern-Grauerlenaue auf jüngeren Alluvionen
-  Kiefern-Grauerlenaue auf älteren Alluvionen
-  Schneeheide-Kiefernwald
-  Fichtenwald

Vereinfachte Vegetationskarte der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholdinginger Au

nach Auswertung der Luftbilder von 1925 Maßstab 1:10 000



Legende zu den Vegetationskarten Stand 1925 und 1962

Gehölzfreie Flächen

-  Wasserflächen
-  Offene Kiesflächen
-  Verkrautete Kiesflächen
-  Gehölzfreie Rinnen in der Aue
-  Sonstige gehölzfreie Flächen

Laubholzreiche Flächen

-  Lichte Weiden-Tamariskenflur
-  Dichter Weidengehölzanflug
-  Geschlossene Weiden-Grauerlenaue
-  Hartholzaue

Nadelholzreiche Flächen

-  Stark lückige Kiefern-Grauerlenaue
-  Lichte Kiefern-Grauerlenaue
-  Schneeheide-Kiefernwald

Bearbeitung und Kartierung: Dr. Th. Schauer

Kartographie: H. Geipel

Maßstab 1:10 000

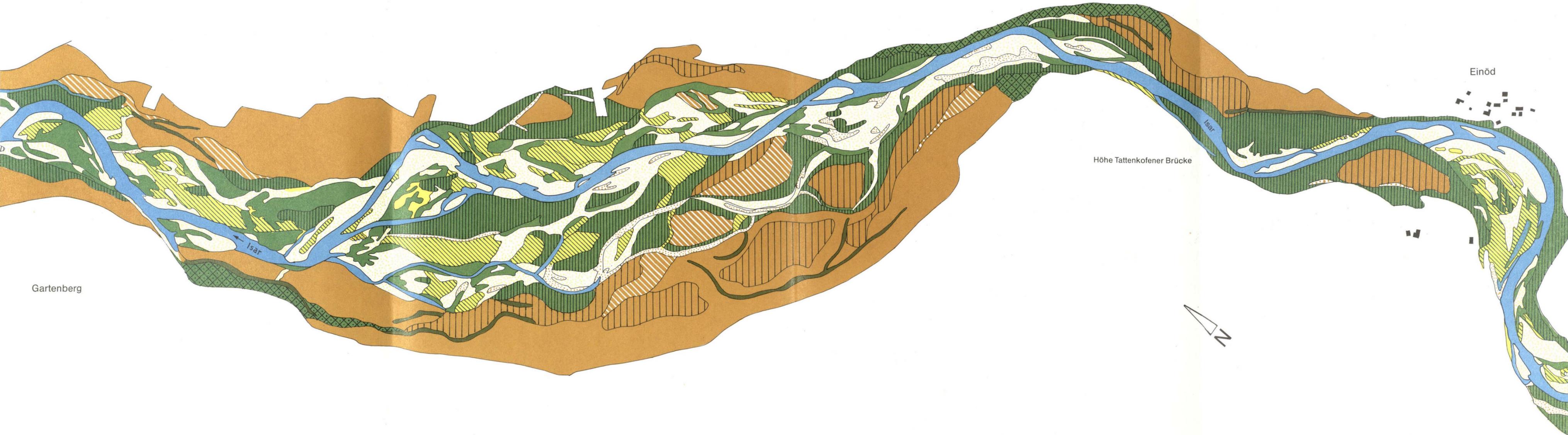
Topographische Grundlage:

Luftbilder 1:5000 der Photogrammetrie GmbH München

1982, 1962 und 1925

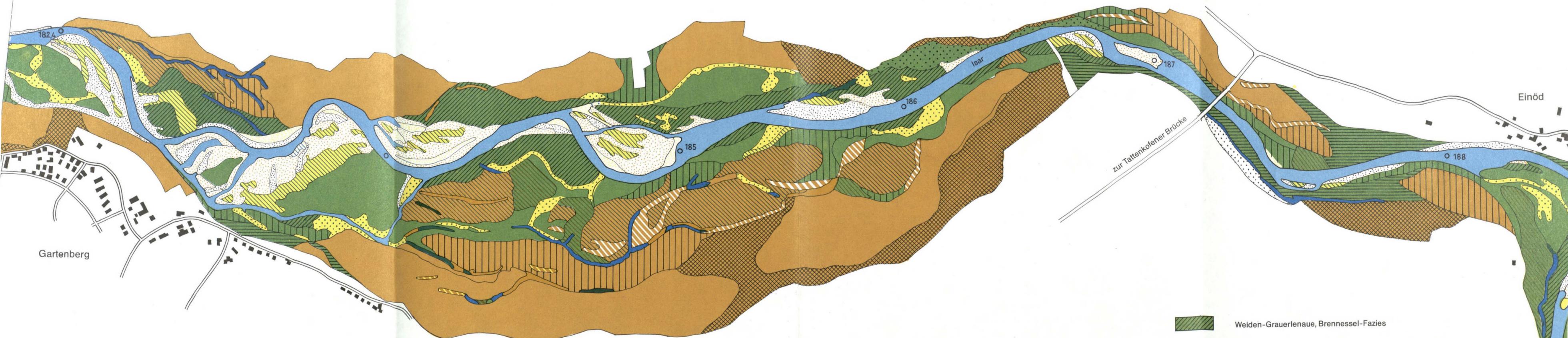
Vereinfachte Vegetationskarte der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholdinger Au

nach Auswertung der Luftbilder von 1962 Maßstab 1:10 000



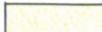
Vegetationskarte der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholdinginger Au

Kartierung 1985 Maßstab 1:10000



Legende zu der Vegetationskarte Stand 1985

Gehölzfreie Flächen

-  Wasserflächen
-  Kiesflächen mit Pionierpflanzen
-  Lückige Barbarakrautflur
-  Dichte Barbarakrautflur und Rohrglanzgrasröhricht
-  Meist wasserführende Altwasserrinnen mit Bultsegge

-  Grundwassernahe Altwasserrinnen mit Gelbsegge
-  Quellige Altwasserrinnen mit Kopfbinsenrasen
-  Sonstige gehölzfreie Flächen

Laubholzreiche Flächen

-  Weiden-Tamariskenflur

-  Lückiges Weidengebüsch
-  Reine Weidenaue
-  Reine Grauerlenaue
-  Weiden-Grauerlenaue
-  Fichtenreiche Weiden-Grauerlenaue

-  Weiden-Grauerlenaue, Brennessel-Fazies
-  Weiden-Grauerlenaue, Eschen-Ausbildung
-  Eschenaue

Nadelholzreiche Flächen

-  Stark lückige Kiefern-Grauerlenaue in alten Flußrinnen
-  Lückige Kiefern-Grauerlenaue auf jüngeren Alluvionen
-  Kiefern-Grauerlenaue auf älteren Alluvionen
-  Schneeheide-Kiefernwald
-  Fichtenwald