© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V., download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

# 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 Wolfratshauser 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 Geschiebemassen 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 Flußkorrektionen 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 dieser Standortsvielfalt 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. Uferkorrektionen, Kiesentnahme, Wasserableitung sowie Geschieberückhalt durch den Bau der Sylvensteinsperre und des Tölzer Stausees veränderten die Abflußverhältnisse und den Geschiebehaushalt. 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.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

## 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 Wolfratshauser Becken. Darin spiegelte nach dem Eisrückzug der ehemalige Wolfratshauser 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 *Wolfratshauser Becken* und seine Sedimentfüllung, die Zeit des spätglazialen *Wolfratshauser 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 Wolfratshauser Becken

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

Das Wolfratshauser 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 Wolfratshauser Zungenbecken durch den Molasseriegel bei Penzberg vom Kochelsee-Becken, dem Stammbecken des Isargletschers, getrennt.

Das heute von der Isar und von der Loisach durchflossene Wolfratshauser Becken enthielt jeweils nach den drei letzten Vorlandvergletscherungen ausgedehnte Seen. Der letzte „Wolfratshauser 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 Wolfratshauser Beckens wesentlich erweitert (JERZ 1979 a und b, 1986 im Druck).

Nach den dabei gewonnenen Ergebnissen wurde das Wolfratshauser 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-

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

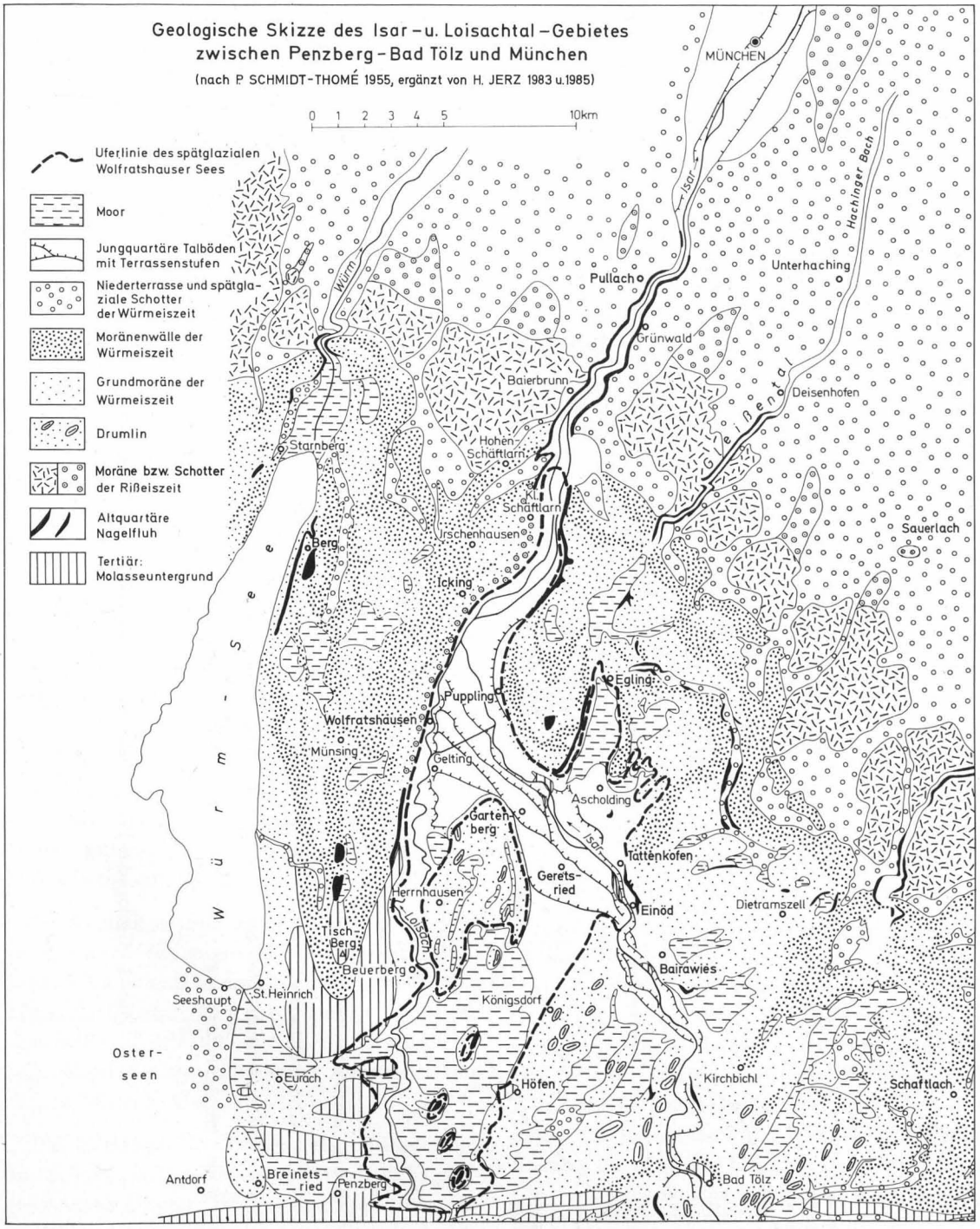



Abb. 1 Geologische Skizze des Isar- und Loisach-Gebietes.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at



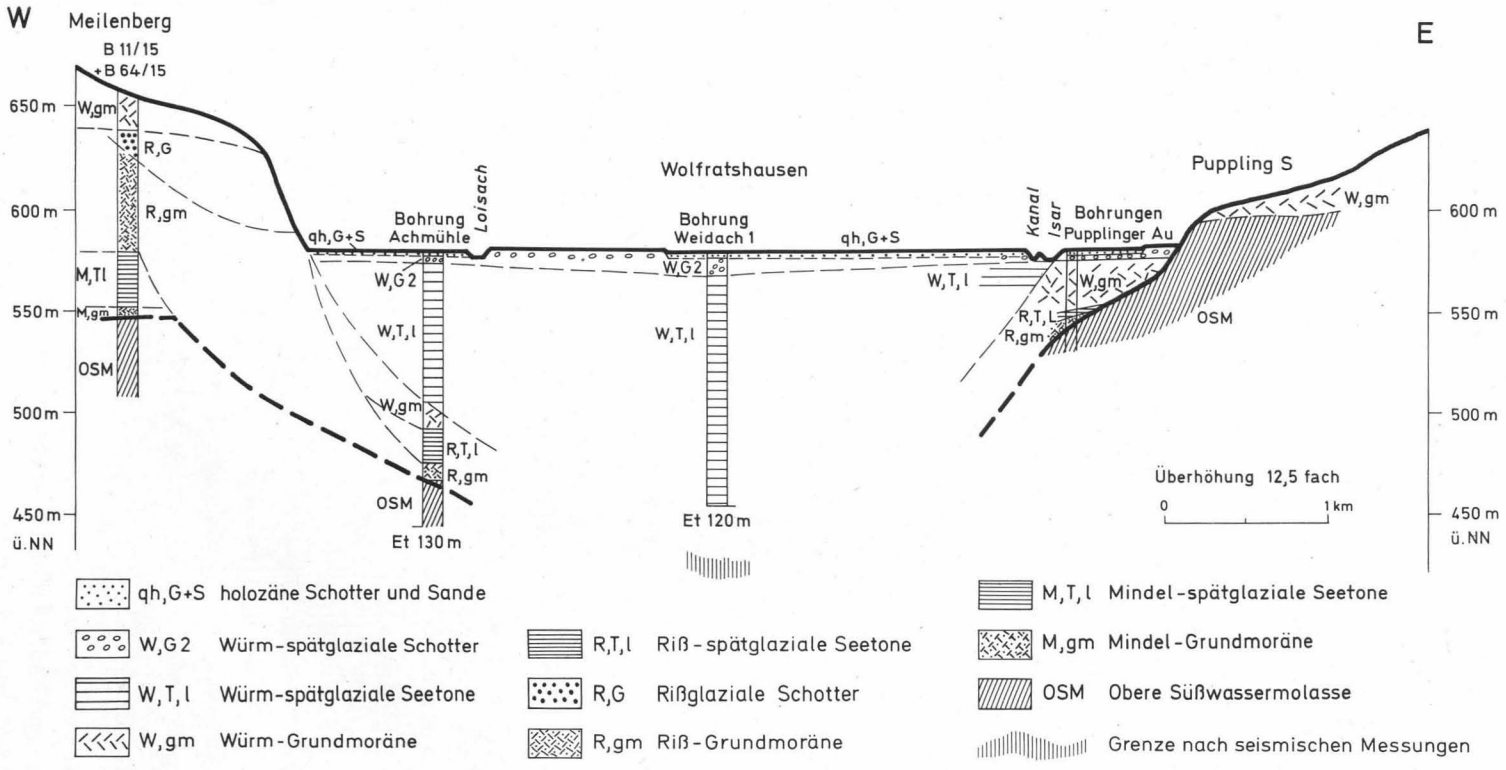



Abb. 2 Geologisches Profil (West-Ost) durch das nördliche Wolfratshauser Becken.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Wolfratshauser 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 Wolfratshauser 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 Aschholding NW und Gartenberg. Die meist graue Würm-Grundmoräne ist sehr schluffreich, denn sie enthält reichlich Material aufgearbeiteter 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 Wehrs 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 Wolfratshauser Beckens durch Bohrungen ein älterer Seeton (bis über 10 m mächtig) nachgewiesen. Es handelt sich um eine Ablagerung im Riß-spätglazialen Wolfratshauser 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 Wolfratshauser Becken aus Bohrungen eine 5—15 m mächtige, dicht gelagerte Riß-Grundmoräne bekannt. Die meist gelblich gefärbte Moräne enthält reichlich vom Untergrund abgeschürftes und vom Gletschereis mitgeschlepptes Molassematerial.

An der Westflanke des Wolfratshauser Beckens, zwischen Wolfratshausen und Icking (bis Schäftlarn), bauen rißeiszeitliche 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 Riß- und von Würmmoräne überlagert (Weiße Wand). Das Liegende der Rißschotter 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 Wolfratshauser Beckens bilden Deckenschotter, d. s. verbackene Schmelzwasserschotter aus der Mindel-Eiszeit, den Talrand. Ihr Sockel besteht aus mio-

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 halbfeste, feste und harte Gesteine. Tonreiche Mergel neigen in aufgeweichtem Zustand und in Hanglagen zu den im Isartal häufigen Rutschbewegungen.

### 1.2 Der spätglaziale Wolfratshauser See

Nach dem letzten Eisrückzug war das Wolfratshauser 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 Wolfratshauser 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 Wolfratshauser 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 Wolfratshauser 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 Penzberg in den etwas tieferen Wolfratshauser See wird heute von der Loisach benutzt. Im Westen und Osten hatte der Wolfratshauser See seine Begrenzung an den vielfach steilen Flanken des Gletscherzungenbeckens (größte Breite ca. 8 km). Nördlich Aschholding reichte der See noch in das Eglinger Zweigbecken.

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

Das Ende des Wolfratshauser Sees steht in einem direkten Zusammenhang mit dem Einbruch der Isar in das Wolfratshauser Becken (s. Abschn. 1.3). Die frühe Isar schüttete zunächst von Südosten in einem großen Delta ihre Schotter in den Wolfratshauser 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 Wolfratshauser Sees mit ihren Flußablagerungen. Es entstanden die Schotterflächen bei Aschholding 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 OLLI-VESALAINEN, 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 Wolfratshauser Becken demnach kaum mehr als 5000—6000 Jahre.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

## 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 Wolfratshauser See (vgl. Abb. 1).

Noch zur Zeit des Wolfratshauser 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 Aschholding 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 Wolfratshauser Beckens bereits trocken gefallen war. Die Flächen dieser Terrasse nehmen insbesondere bei Geretsried, Gelting und Aschholding 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 Jüngeren Tundrenzeit (10 800—10 300 vor heute) erhalten.

Nördlich der Endmoränen bei Schäftlarn benützt die Isar die zentrifugale Hauptabflußrinne des Isargletschers im Wolfratshauser 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 Wolfratshauser Sees. Der Flußlauf der Loisach und deren Flußterrassen bleiben auf einen schmalen Bereich im Westteil des Wolfratshauser Beckens beschränkt.

Zusammensetzung der Isarschotter:

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Inngletscher 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 Quarzphyllitzone, 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 $\phi$) enthält deutlich mehr Kalke als Dolomite, die kleinere Fraktion (20—31,5 mm $\phi$) 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 Schluffraktion schwankt der Gesamtkarbonatgehalt zwischen 60 und 40 Prozent.

Der Anteil der Kristallingerölle beträgt in der Kiesfraktion bis zu 5 Prozent, in den gröberen Korngrößen (über 63 mm $\phi$) 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 Flußmergelauflage 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 Aschholding — 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 Aschholdinger 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 Grobsedimenten ist einem häufigen Wechsel unterworfen. Die bodenartlichen 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).

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobpdat.at

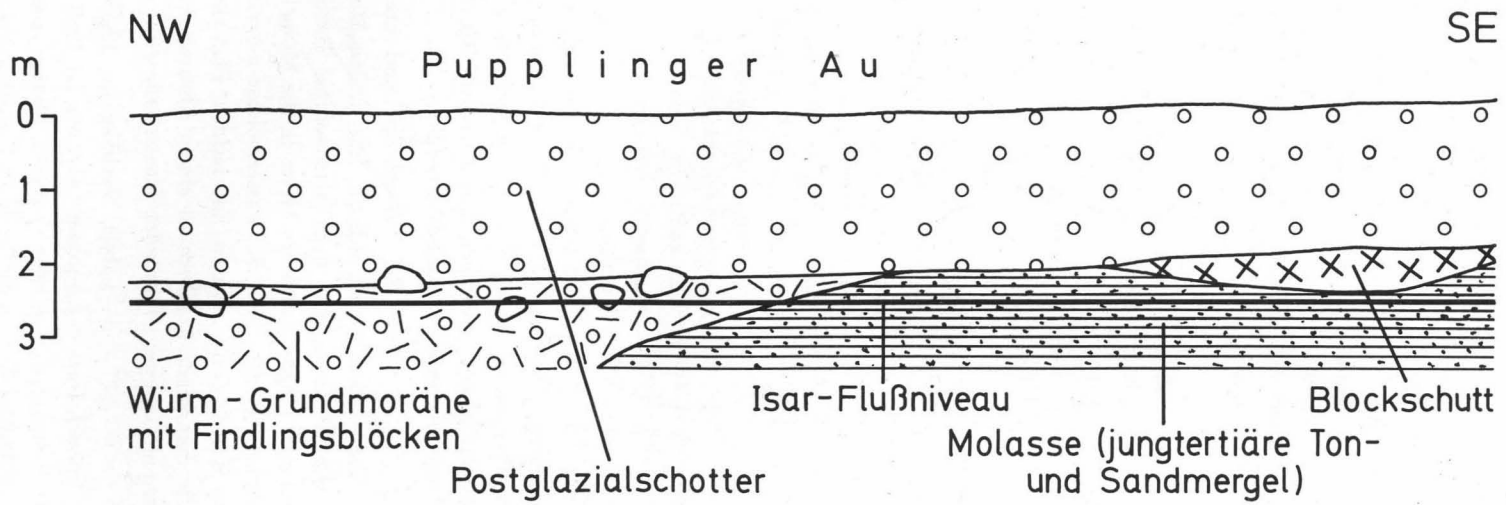



Abb. 3 Geologisches Profil (NW-SE) am Isarufer nordwestlich Aschholding am Südrand der Pupplinger Au gegenüber Gartenberg (R 44 60 450, H 53 06 100).

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Ickinger 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). Erodiertes 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 Wolfratshauser 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 Wolfratshauser 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 Tattenkofen und nordwestlich Ascholding tieft 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-

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

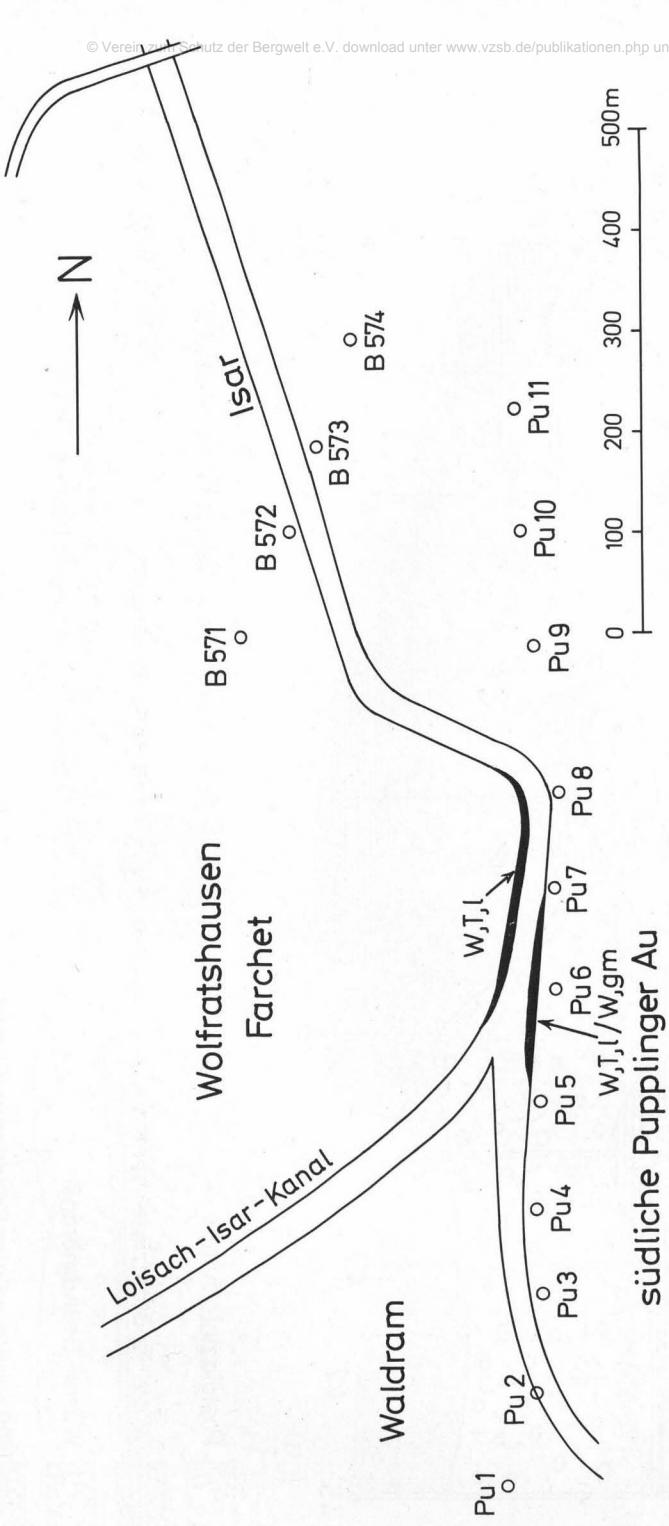



Abb. 4 Lageplan der Bohrungen zu den Profilen in Abb. 5 und 6*)

*) 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. Geolog. Landesamt, München, aufgenommen.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at



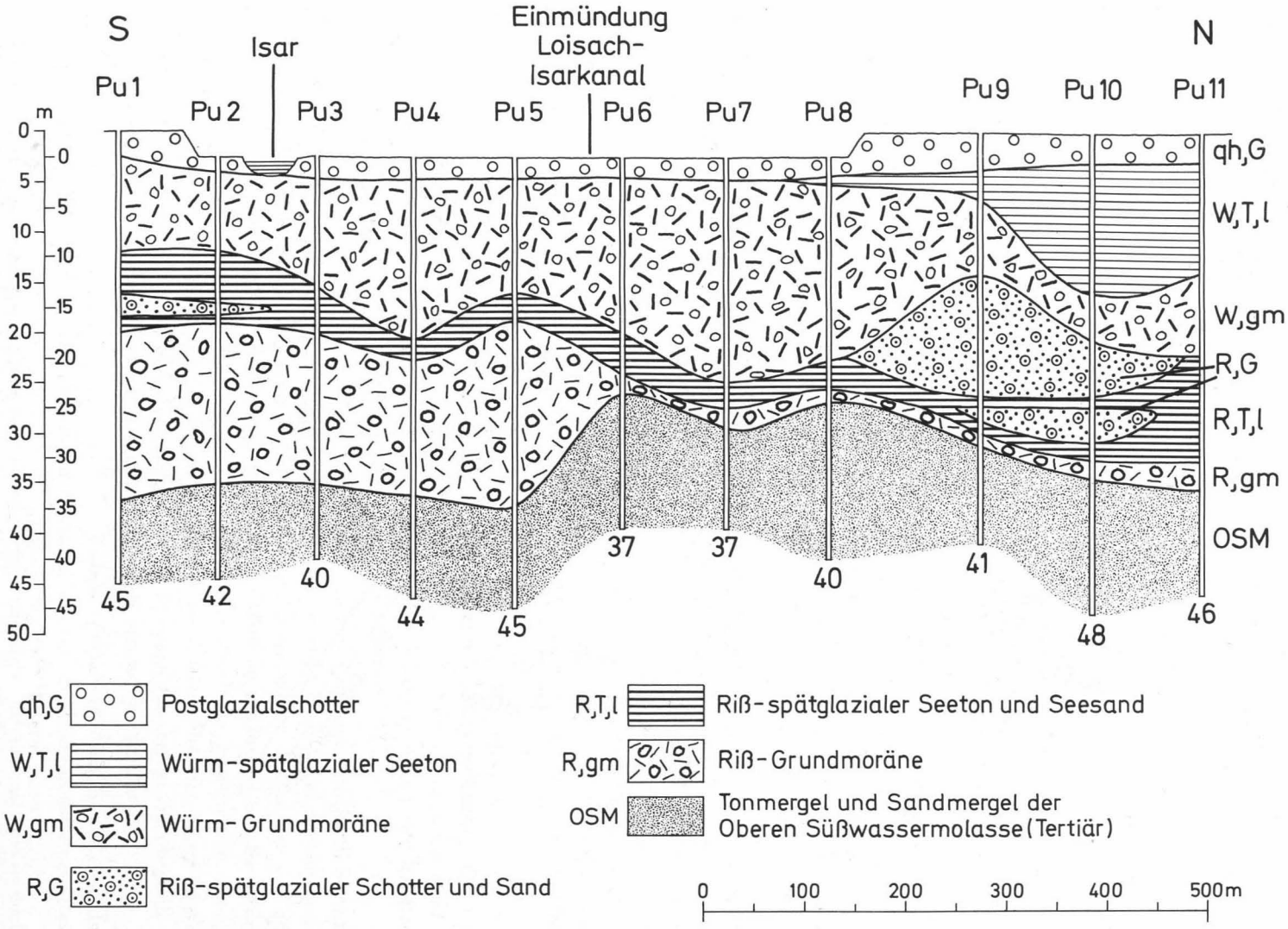



Abb. 5 Geologisches Profil (N-S) in der südlichen Pupplinger Au parallel zur Isar gegenüber Waldram und der Einmündung des Loisach-Isar-Kanals.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

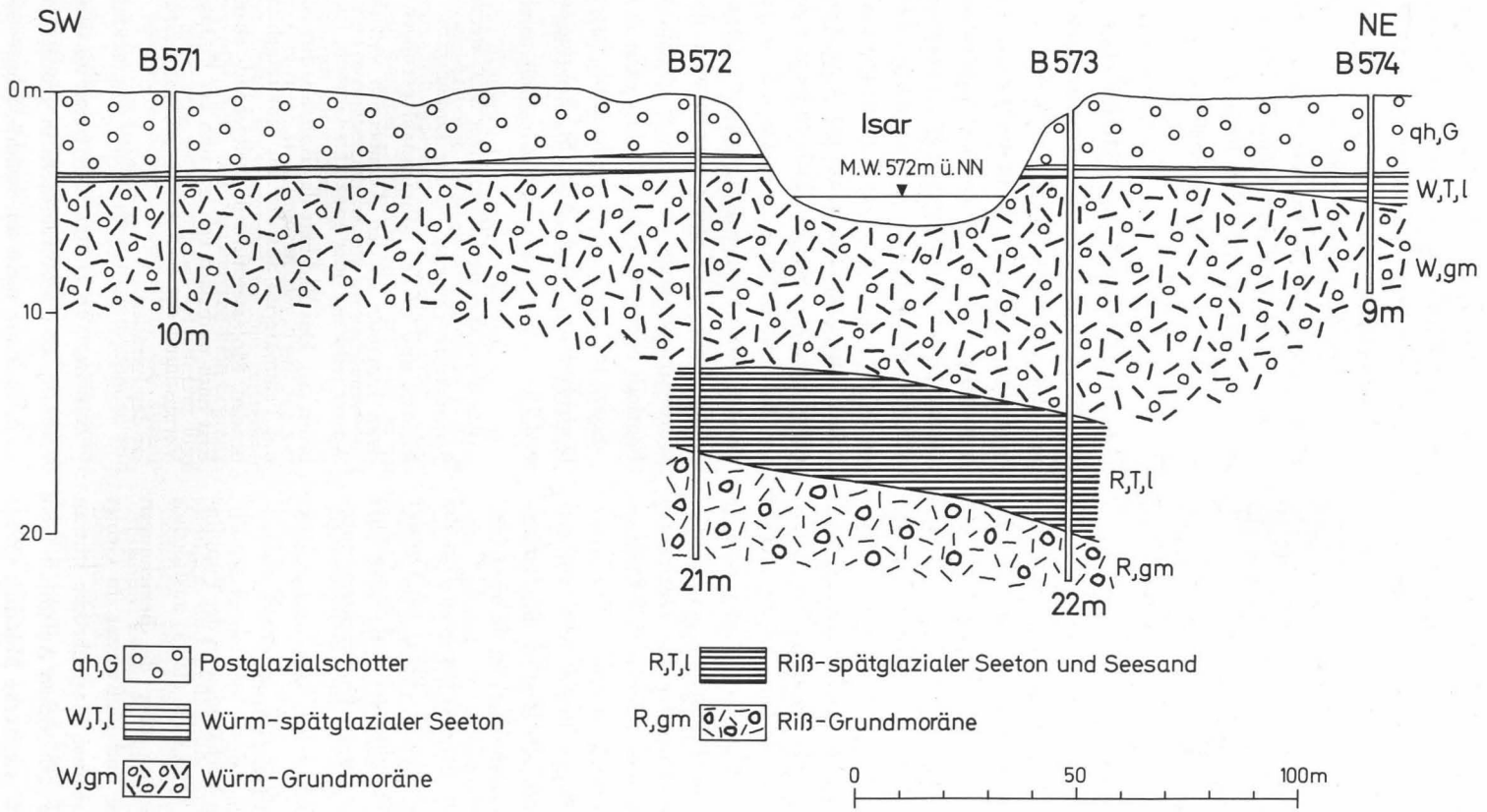



Abb. 6 Geologisches Profil (SW-NE) im Bereich des Isar-Dükers Farchet, ca. 500 m südlich der Marienbrücke bei Puppling.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Wolfratshauser Becken und Eglinger Becken bzw. vor dem Neufahrner Sporn noch erhalten ist und beckenwärts unter der Würm-Grundmoräne verschwindet.

In der Ascholdinger 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 Wolfratshauser 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 Wolfratshauser Sees. Grundwasserleiter sind die matrixarmen, hochdurchlässigen Postglazialschotter (k-Wert $1\text{-}2\cdot10^{-2}$ 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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

der Isar sind die Molasseschichten, an den Hängen links der Isar die Seetone eines früheren Wolfratshauser Sees (vgl. Abb. 2). Die Quellenaustritte verursachen vielfach Hangvernässungen und begünstigen Hangrutschungen in labilen Hangbereichen. Auf eine früher stärkere Quelltätigkeit — vermutlich im Atlantikum und frühen Subboreal rd. 7000 bis 4000 Jahre vor heute — weisen die Kalksinterbildungen nordwestlich Aschölding, 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 Aschoidinger 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 Laufeinengung 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 Aschoidinger 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 Tieferschalten 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,

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at



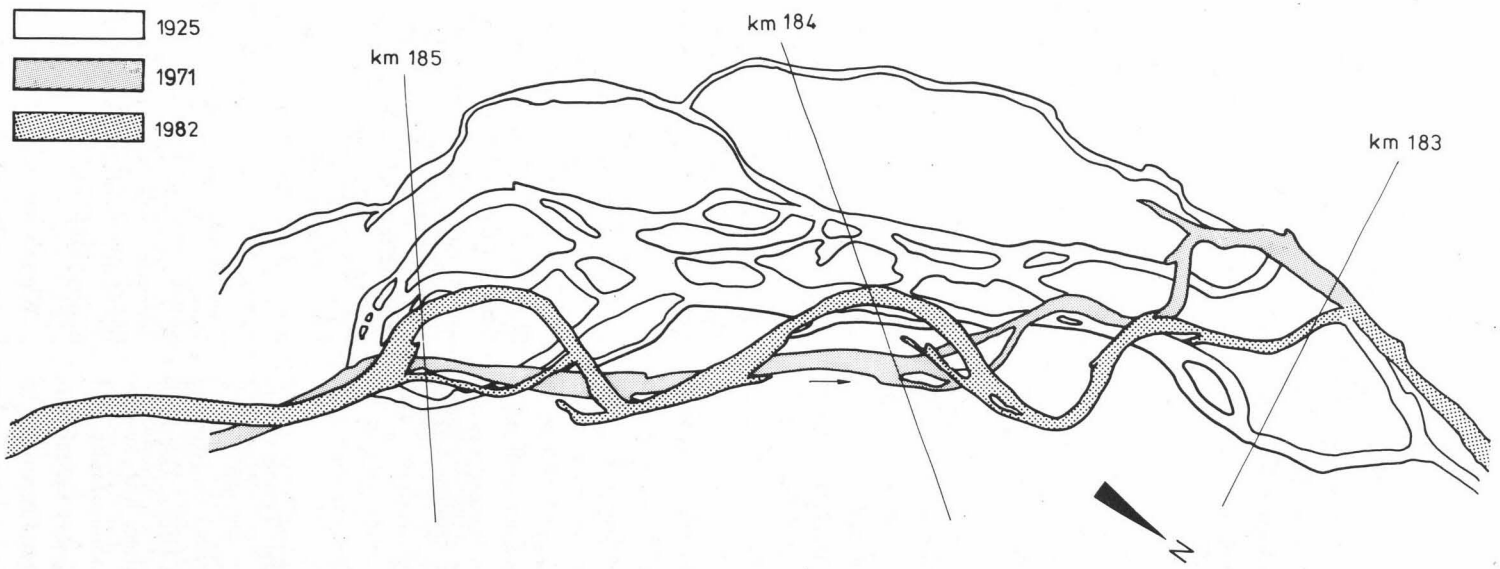



Abb. 7 Veränderungen des Rinnensystems zwischen km 183 und 185 (in Höhe Geretsried) von 1925 bis 1982.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

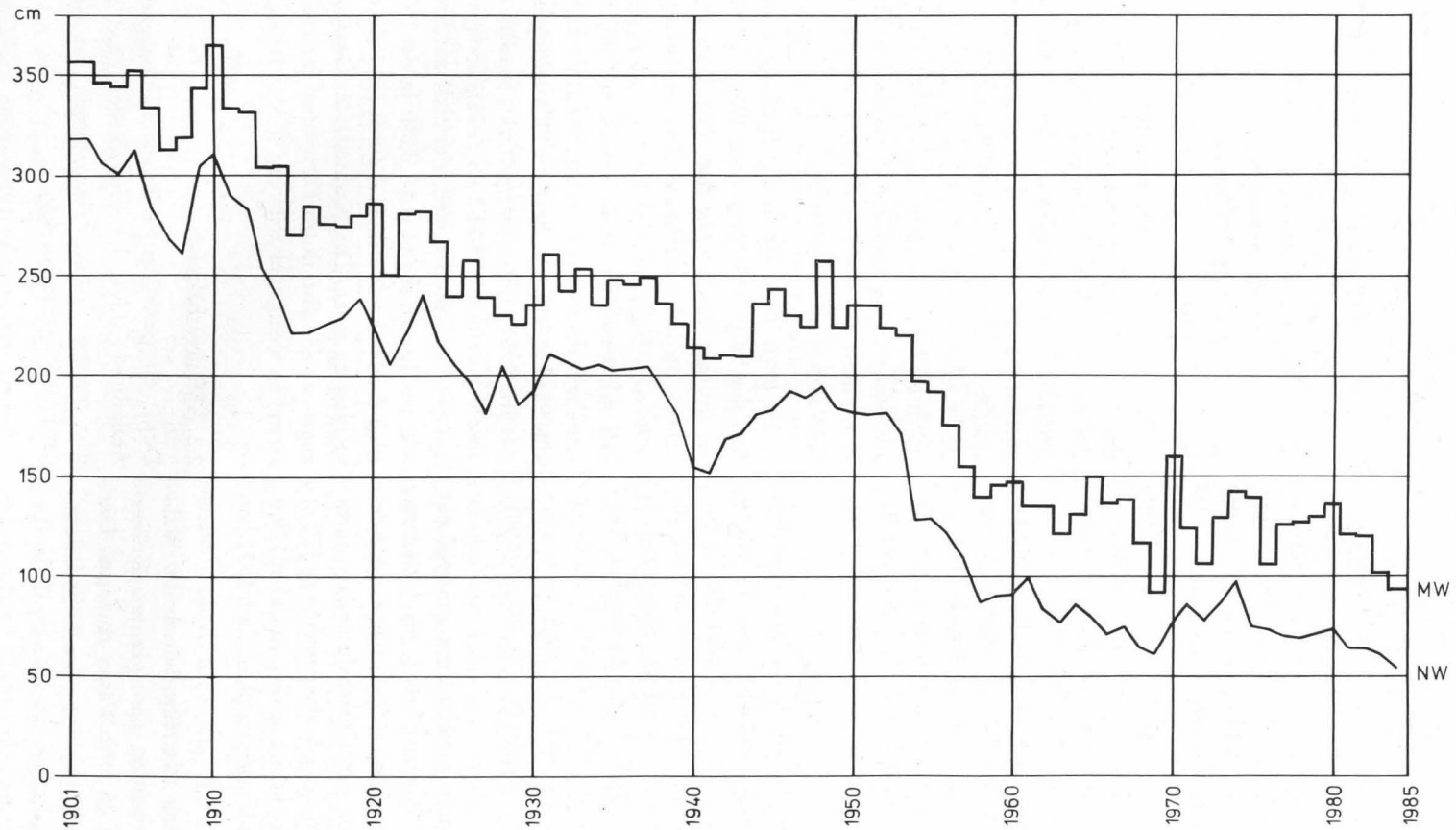



Abb. 8 Ganglinien der Mittel- und Niedrigwasserstände am Pegel Puppling von 1901 bis 1985.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

während Nebenarme zusehends verkümmerten (Abb. 12). Die blanken Kiesbänke, ehemals charakteristisches Merkmal der Flußlandschaft, sind weithin 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 geschiebefreies 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 Rißbachwasser 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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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

| ausgeleitete Gewässer | Beginn | aufnehmendes Flußgebiet | mittl. Abfluß m³/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 |
| Summe | | | 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 Kanalmündung entfällt der von dort zugeführte Anteil, d. h. in der Ascholdinger 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 m³/s |
| nach 1959 | 270 | 330 | 435 | 510 | 575 | 650 | 695 m³/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 Gesteinstrümmer, 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 Schwebe 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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

bestand. Daran änderten auch kleinere Regulierungen wie etwa die schon 1859 aufgenommene Mittenwalder Korrektion 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 zunahmen. 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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 auszuschließenden 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 km² | München AE = 2836 km² |
|---|---|---|---|
| 1930/60 | Fracht t/a | — | 287 000 |
| | Spende t/km² .a | — | 102 |
| 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 Schwebstoffe 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 Pupplinger und Ascholdinger 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.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at



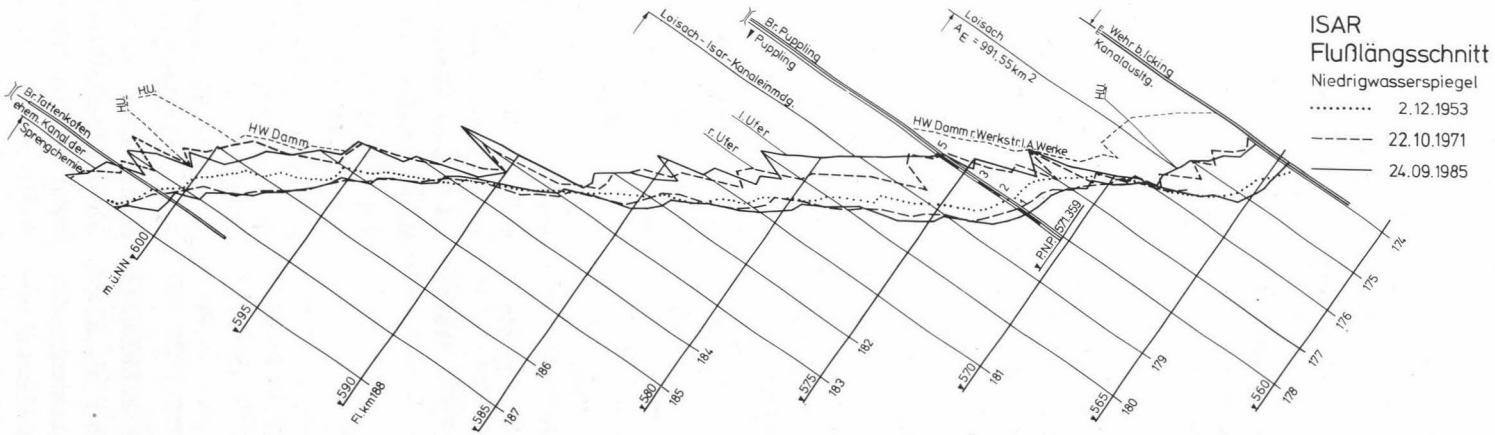



Abb. 9 Niedrigwasserspiegellagen zwischen km 174 und 188 (etwa Höhe Icking — Einöd)

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Eine Aufrißlinie, die dem STERNBERGschen 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 Staueffekt 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. Überschlägig 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 Tieferschaltung 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 Geschiebeauflage 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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 abzutreppen. Zwischen diesen sollte sich ein Lauf in „natürlichen Kurven" bilden, „in den einbiegenden Prallufern von Weidenbuschwerk gehalten, an den gegenüberliegenden flachen Gleitufern 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 zwängen, ginge das nur über den Weg der Korrektion. 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 abzuräumen 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. Vielemehr 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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Flußbaggerungen erfordern. Im ganzen gesehen eine aufwendige Methode, bei der man, ganz zu schweigen von der Lärm- und Staubbelästigung, 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 Uferanbrüchen führen, daß bebaute 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 Ascholdinger 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 Abflußgeschehen 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.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

### 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 Geschiebe 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 Flußkorrektionen 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 Ascholdinger 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 demostrieren. Gleichzeitig werden die Auswirkungen des gestörten Geschiebehaushaltes und des starken Erholungsdruckes auf die Auenvegetation sowie deren künftige Entwicklung deutlich gemacht.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

### 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 *(Chaenorrhinum minus)*, Taubenkropf *(Silene vulgaris)*, Spitz-Wegerich *(Plantago lanceolata)*, Sand-Thymian *(Thymus serpyllum)*, Huflattich *(Tussilago farfara)*, Löwenzahn *(Leontodon hispidus)*, Florentiner- und Grasnelken-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-*

. © Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

*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 Schlammpioniere 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 Vegetationsschluß, 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)*, Sumpfbinse *(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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Hirsen-Segge *(Carex flava, C. flacca, C. panicea)*, Armblütige Sumpfbinse *(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 überschlickten 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: Rostrotes und Schwarzes Kopfriet *(Schoenus ferrugineus* und *Sch. nigri-*

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

*cans)*, Hirsen- 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 Kopfriet dominiert. Diese bandartigen Kopfbinsenbestände kommen hauptsächlich in den älteren Auenbeständen mit Schneeheide-Kiefernwald und dessen Vorstufe, in der die Grauerle noch stärker beigemischt ist, vor allem in der rechtsufrigen Ascholdinger 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 Uferkorrektion 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 aufgeführten grundwassernahen Rinnen mit stärkeren Wasserstandsschwankungen, ist hier die Sickerwasserführung relativ konstant. Wohl ist hier auch die Wasserqualität, 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-

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

**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)*, Blaugrüne Segge *(Carex flacca)*, Helm-Knabenkraut *(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 *(Buphthalmum 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 Ausspülungsvorgänge 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 jedoch bei geringem Sandanteil des Bodens ungünstige Wuchsbedingungen hat. Die Vergesellschaftung des lückigen Weidengebüsches, die auf Extremstandorten fast eine Dauergesellschaft 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-Schwingel *(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 Feuchtarten, 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.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

**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)*, Nickendes 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 Geschiebehaushaltes und der zunehmenden Eintiefung nicht mehr der Auendynamik. Zwar werden einige Teilbereiche dieser Bestände bei größeren Hochwasserereignissen mit Nährstoff- und Schwebstofffrachten 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*

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

*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 Laufkorrektion 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)*, Hunds-Quecke *(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 Ascholdinger 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 Ascholdinger Aue.

**Stark lückige Kiefern-Grauerlenaue in alten Flußrinnen**

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

*nus incana)*, Purpur- und Lavendel-Weide *(Salix purpurea* und *S. eleagnos)*, Wacholder *(Juniperus communis)*, Tamariske *(Tamarix germanica)*, Erd-, Heide-, Hirsen- 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 *(Buphthalmum salicifolium)*, Alpen-Maßliebchen *(Aster bellidiastrum)* 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 wechseltrockenen 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 atrorubens)*, Berg- und Weiße Waldhyazinthe *(Platanthera chlorantha* und *P. bifolia)*, Simsenlilie *(Tofieldia calyculata)*, Brillenschötchen *(Biscutella laevigata)*, Backenklee *(Dorycnium germanicum)*, Hufeisenklee *(Hippocrepsis 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 *(Buphthalmum salicifolium)* und Grauer Löwenzahn *(Leontodon incanus)*.

Mit fortschreitender Bodenreife, Bodenentwicklung und Humusbildung nehmen Deckungsgrad

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 caryophyllea, C. ericetorum, C. sempervirens)*, Wohlriechende Händelwurz *(Gymnadenia odoratissima)*, Geflecktes Knabenkraut *(Dactylorhiza maculata)*, Weiße und Berg-Waldhyazinthe *(Platanthera bifolia* und *P. chlorantha)*, 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 *(Buphthalmum 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.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

**Schneeheide-Kiefernwald**

Charakteristische Arten: Wald-Kiefer *(Pinus sylvestris)*, Fichte *(Picea excelsa)*, Mehlbeere *(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. caryophyllea)*, Pfeifengras *(Molinia caerulea)*, Blaugras *(Sesleria varia)*, Buntes Reitgras *(Calamagrostis varia)*, Amethyst-Schwingel *(Festuca amethystina)*, Gemeine und Wohlriechende Händelwurz *(Gymnadenia conospsea* 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)*, Backenklee *(Dorycnium germanicum)*, Geschnäbeltes Leinblatt *(Thesium rostratum)*, Breitblättriges Laserkraut *(Laserpitium latifolium)*, Österreichischer Rippensame *(Pleurospermum austriacum)*, Färber-Meister *(Asperula tinctoria)* und Hainsalat *(Aposeris 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 Ascholdinger und Pupplinger Au vor. Im Mittenwalder Becken wird dies auf die kontinentaleren Klimaverhältnisse und im Wolf-

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Neueinwanderer 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 Jüngeren 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 submediteranen 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.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

### 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 Pupplinger und Ascholdinger 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 Ascholdinger und Pupplinger 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 Überschlickung mit nährstoffreichen Sedimenten werden die Standortverhältnisse stark

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Geschiebehaushalt 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 Geschiebehaushaltes 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 Geschiebehaushaltes 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 Hartholzaue, die heute größtenteils wiederum in Ackerflächen umgewandelt ist. Im Oberlauf der Flüsse wurden überwiegend grobkörniges Material abgelagert. Diese

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 vermarkt. 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 Churfürsth 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-

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Auengesellschaften, wie junge Stadien des Schneeheide-Kiefernwaldes, etabliert haben.

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

Dieser stellt sich auf sandigen, feinkörnigen Sedimenten ein und erreicht aufgrund der günstigeren 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 Auengesellschaft großen Schwankungen unterliegt. Die stark lückige Ausbildung der Kiefern-Grauerlenaue, die heute vor allem in alten Flußrinnen vorkommt, kann bereits nach 40 Jahren auftreten; auf Extremstandorten dagegen kann sie sich viel später einstellen und gleichsam als Dauergesellschaft über lange Zeiträume halten. Auch das reifere Stadium des Kiefern-Grauerlenwaldes kann sich bei günstiger Ausgangssituation unter Umständen innerhalb weniger Jahrzehnte aus einer Rohbodengesellschaft entwickeln.

Diese rasche Entwicklung setzt allerdings voraus, daß das Stadium der Weiden- oder Erlenaue umgangen wurde. Die Kiefer hat sich hier also auf den jungen Rohböden sofort angesiedelt. Dieser Vorgang kann heute kaum mehr beobachtet werden, 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 Konkurrenzverhältnisse unter den Gehölzen verändert. Als schnellwüchsige Gehölzart benötigt die Weide zur Ausbildung einer geschlossenen Weidenaue eine geringe 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 Erlenau 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 Standortsverhältnissen 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 haben können als man aufgrund der bewegten Standortverhältnisse innerhalb der Umlagerungsstrecke annehmen möchte. Es ist durchaus nicht so, daß jeder Quadratmeter in der Flußaue mit periodischer 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 zeichnen sich heute noch in den Luftbildern ab und stellen gehölzfreie Rinnen dar, die vielfach mit Kopfbinsenrasen oder seggenreichen Gesellschaften besiedelt sind. Trotz der turbulenten Auendynamik wurde das Bild früherer Auenstruktur und die Grenzen des früheren Isarverlaufes nicht gänzlich verwischt. So darf man postulieren, daß auch innerhalb des Hochwasserbereiches kleinräumige Standorte verblieben sind, auf denen beispielweise die Vegetationsentwicklung bis zum Schneeheide-Kiefernwald durchlaufen konnte. Diese inselartigen reiferen Auenbestände liegen innerhalb der schon mehrfach erwähnten vermarkten Grenze.

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

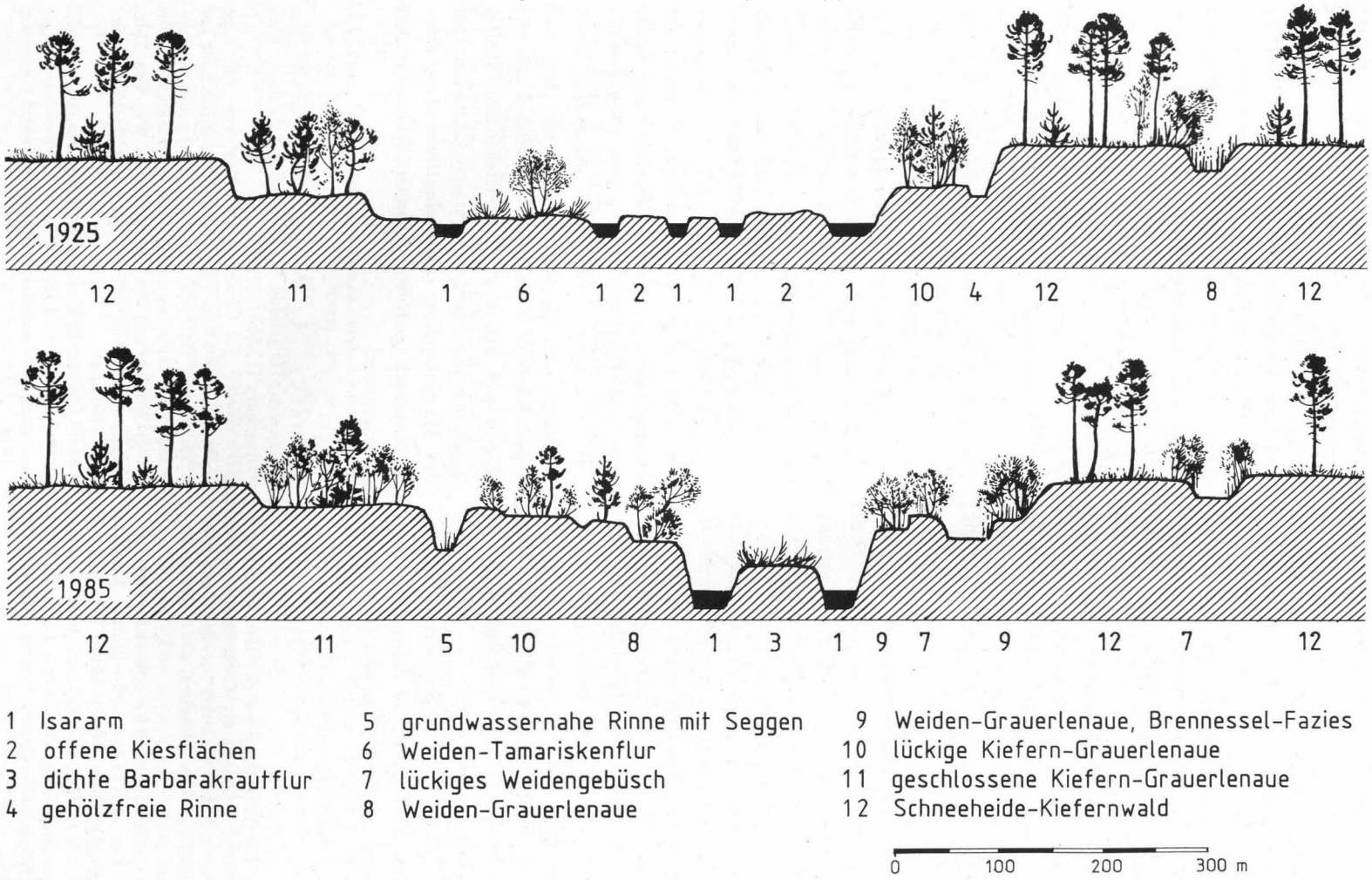



Abb. 10 Vegetationsprofil der Isarauen in Höhe Aschholding-Geretsried bei Flußkilometer 186,0; oben: nach Auswertung des Luftbildes von 1925; unten: heutige Situation.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Auenentwicklung

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 Verkrautung 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 Stauraumspülung 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 Donaugebiet, 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.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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 Schotters" und im „Tölzer Lobus". Eiszeitalter und Gegenwart, *29*: 77—99, Hannover 1979.

Hartung, F.: Stützschwellenkraftwerke. 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 Wolfratshauser Becken, seine glaziale Anlage und Übertiefung. Eiszeitalter und Gegenwart, *29*: 63—69, Hannover 1979. — (1979 a).

Jerz, H.: Die quartären Ablagerungen im übertieften Wolfratshausener 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.

Maull, 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 Wolfratshauser 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 Umlagerungsstrecken 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 Aschoidinger 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 Aschoidinger Au". Schriftenr. f. Naturschutz und Landschaftspflege, H. 2, Bayer. Landesstelle für Naturschutz, Münche, 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. Landeskde., *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.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

**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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

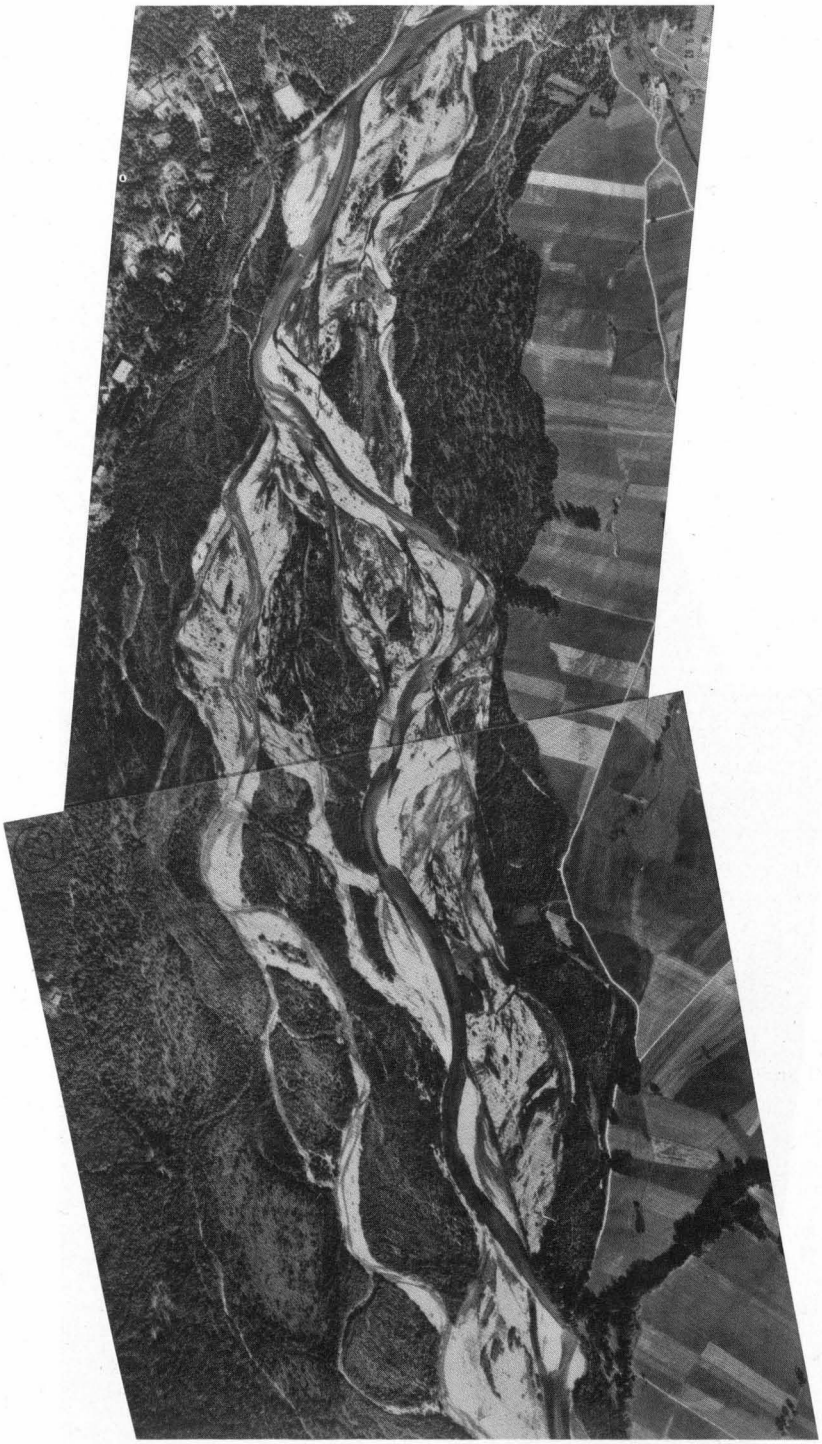


Abb. 12 Der Isarlauf im Luftbild aus dem Jahre 1971 zwischen Flußkilometer 186,0 und 183,2. Freigegeben durch Reg. v. Obb. Nr. G/787992.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

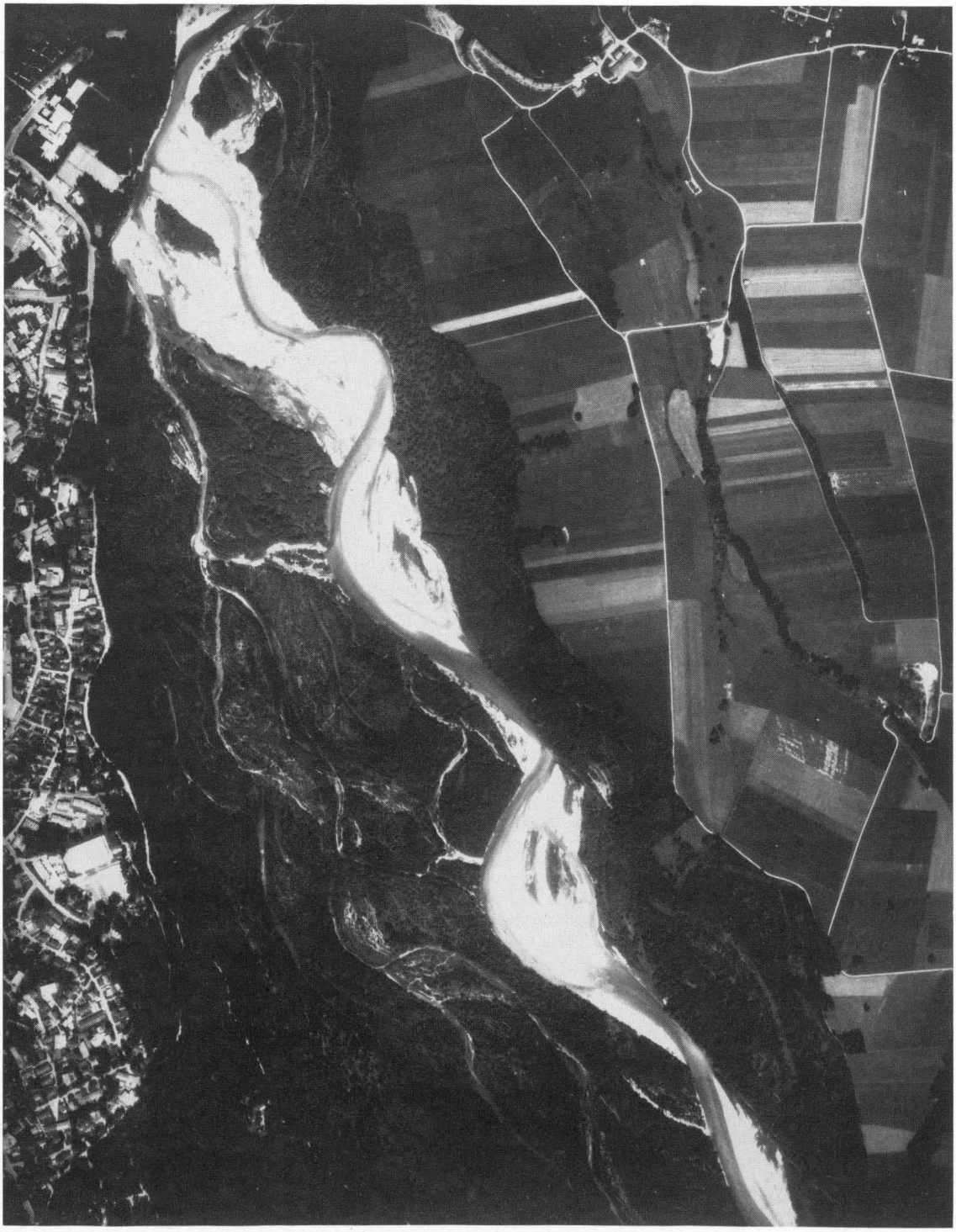


Abb. 13 Der Isarlauf im Luftbild aus dem Jahre 1982 zwischen Flußkilometer 186,0 und 183,2.
Freigegeben durch Reg. v. Obb. Nr. G7/89253.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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)

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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)

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

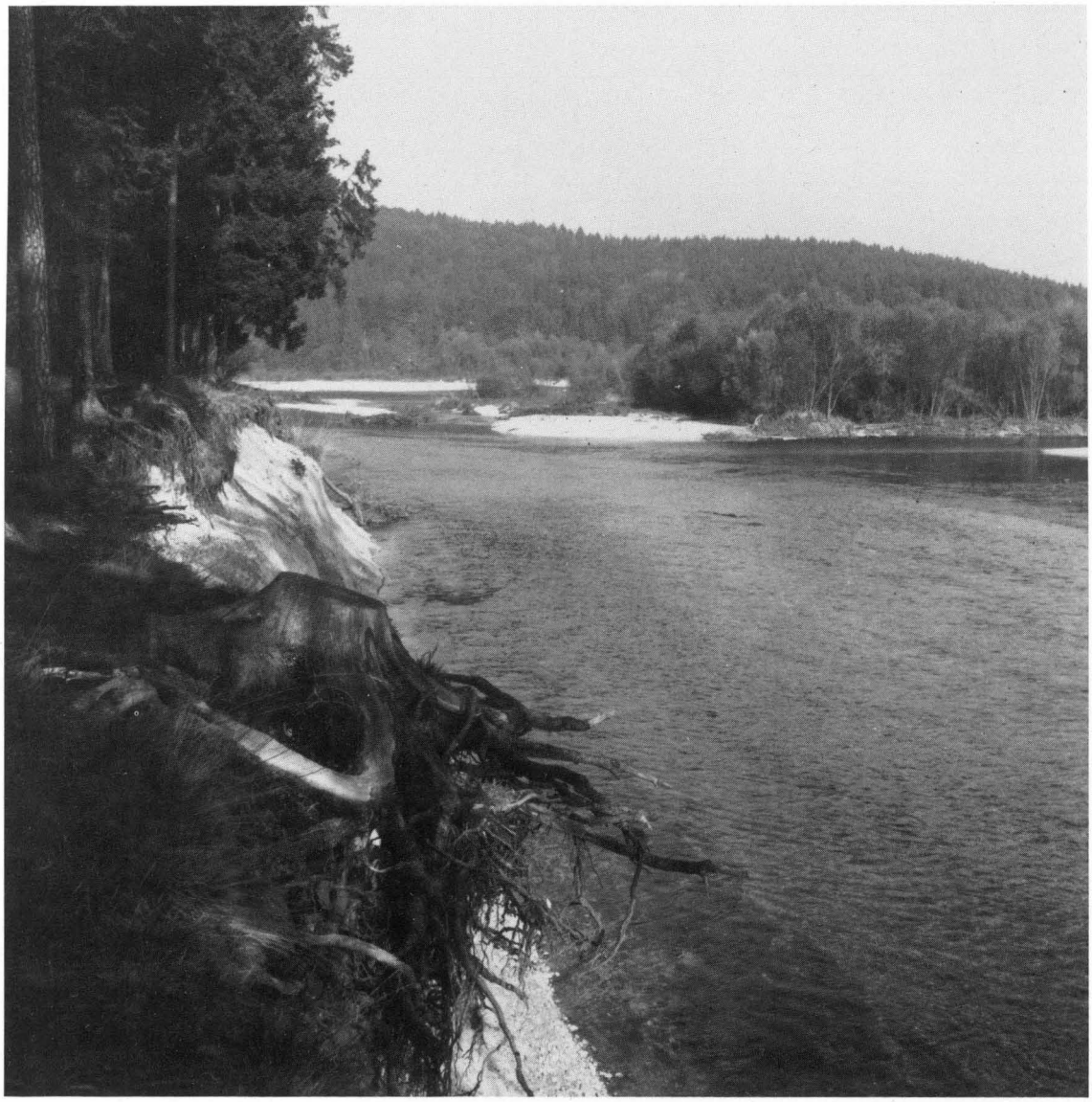


Abb. 18 Uferanbrüche an der postglazialen Schotterterrasse mit Schneeheide-Kiefernwald bei Gartenberg. (Foto: Schauer)

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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)

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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)

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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)

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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)

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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)

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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)

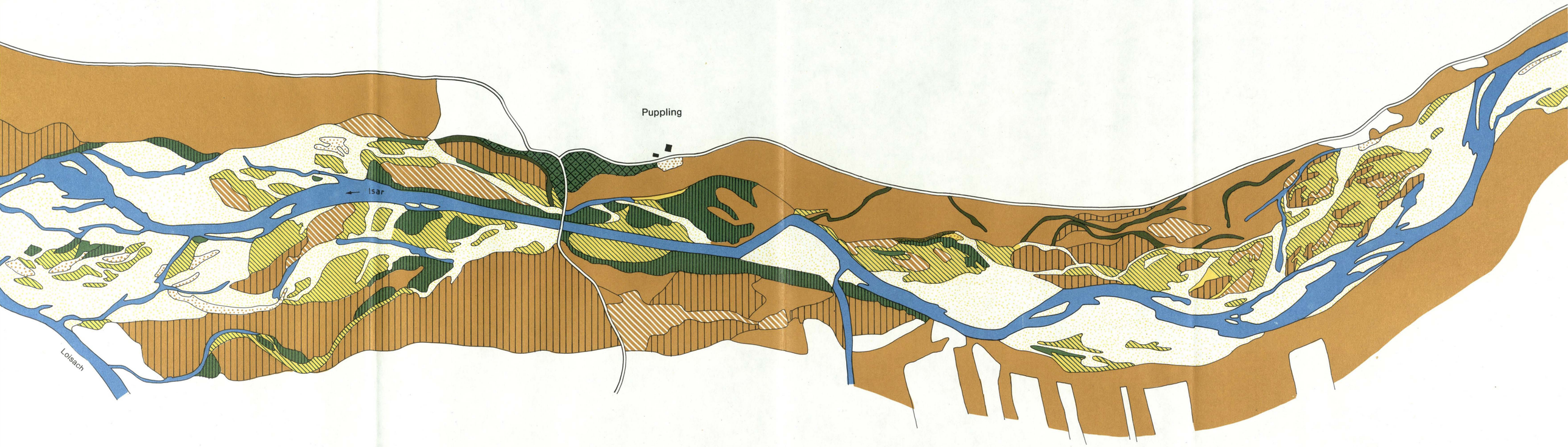
© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

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

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

# Vereinfachte Vegetationskarte der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholdinger Au

nach Auswertung der Luftbilder von 1925 Maßstab 1:10000



© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

# Vereinfachte Vegetationskarte der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholdinger Au

nach Auswertung der Luftbilder von 1962 Maßstab 1:10000

Legende zu den Vegetationskarten Stand 1962 und 1925

**Gehölzfreie Flächen**

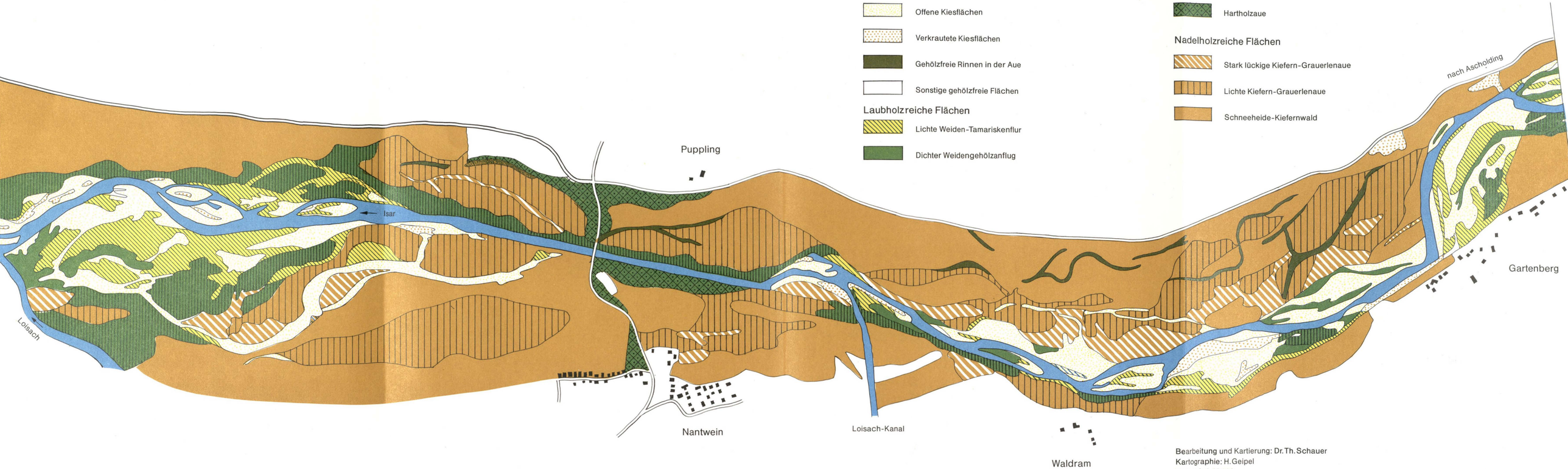
- Wasserflächen
- Offene Kiesflächen
- Verkrautete Kiesflächen
- Gehölzfreie Rinnen in der Aue
- Sonstige gehölzfreie Flächen

**Laubholzreiche Flächen**

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

**Nadelholzreiche Flächen**

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

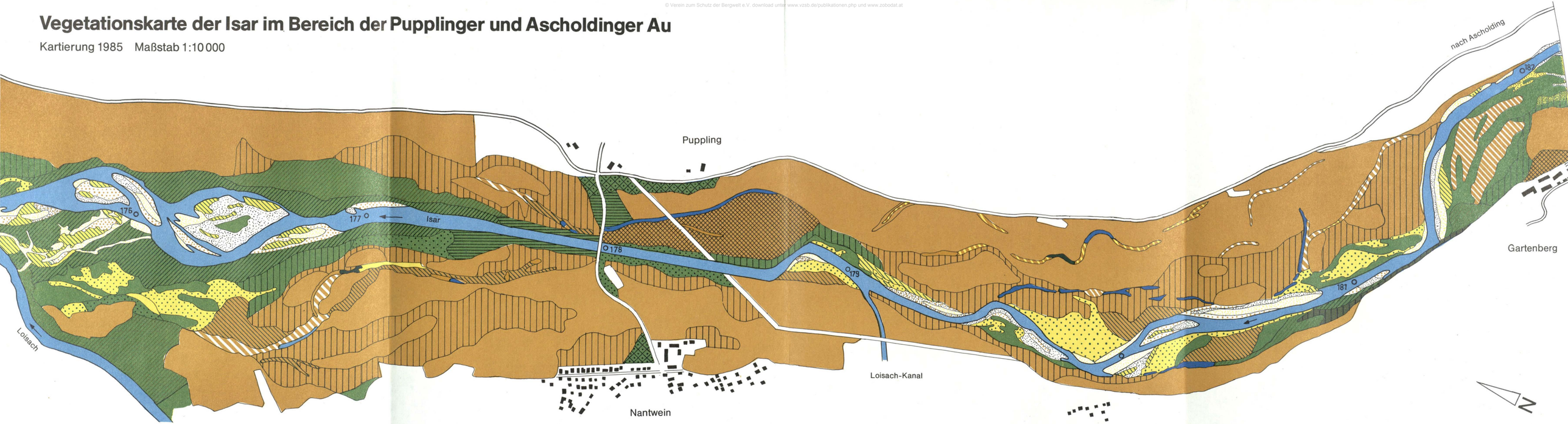



Bearbeitung und Kartierung: Dr. Th. Schauer
Kartographie: H. Geipel
Maßstab 1:10000
Topographische Grundlage:
Luftbilder 1:5000 der Photogrammetrie GmbH München
1982, 1962 und 1925

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

# 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

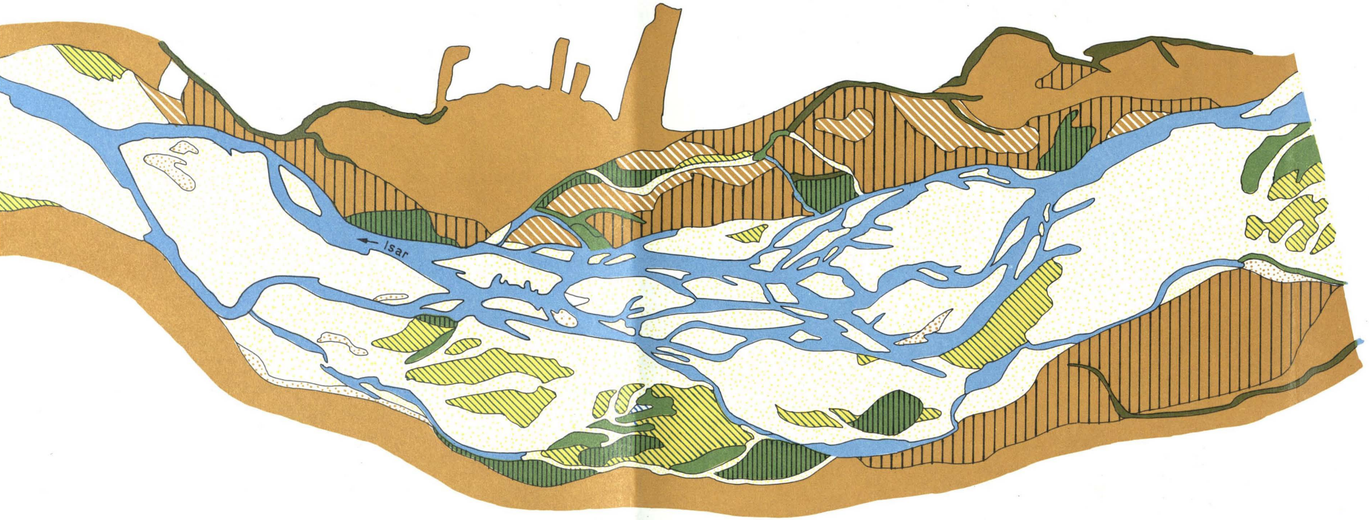
- Weiden-Tamariskenflur
- Lückiges Weidengebüsch
- Reine Weidenaue
- Reine Grauerlenaue
- Weiden-Grauerlenaue
- Fichtenreiche Weiden-Grauerlenaue
- Weiden-Grauerlenaue, Brennessel-Fazies
- Weiden-Grauerlenaue, Eschen-Ausbildung
- Eschenaue

### Nadelholzreiche Flächen

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

# Vereinfachte Vegetationskarte der Isar im Bereich der Pupplinger und Ascholdinger 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

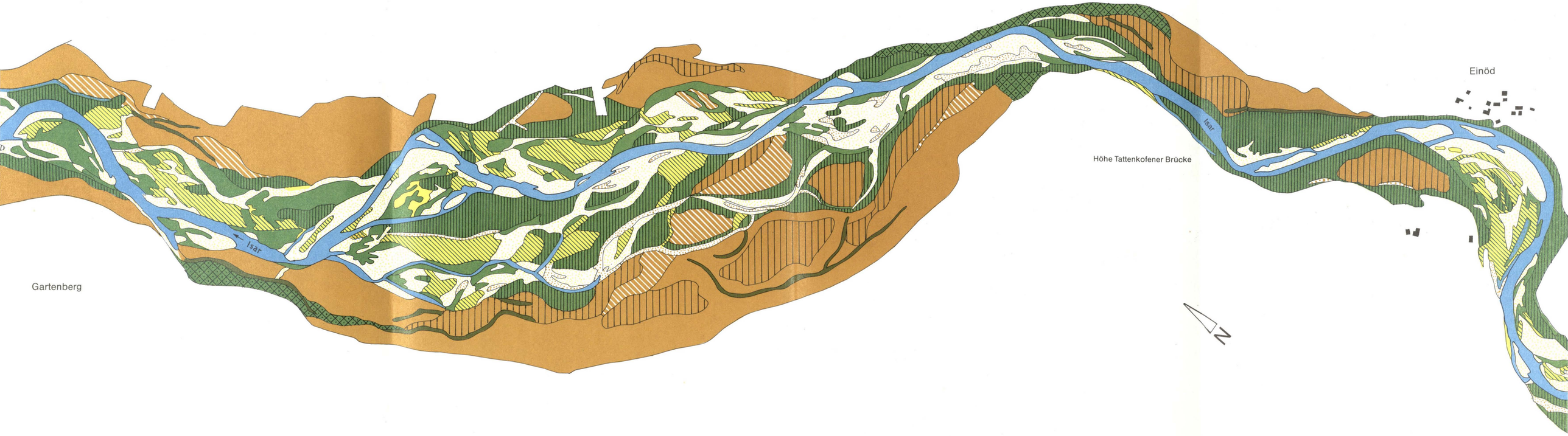
- Stark lückige Kiefern-Grauerlenaue
- Lichte Kiefern-Grauerlenaue
- Schneeheide-Kiefernwald

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 1:10000

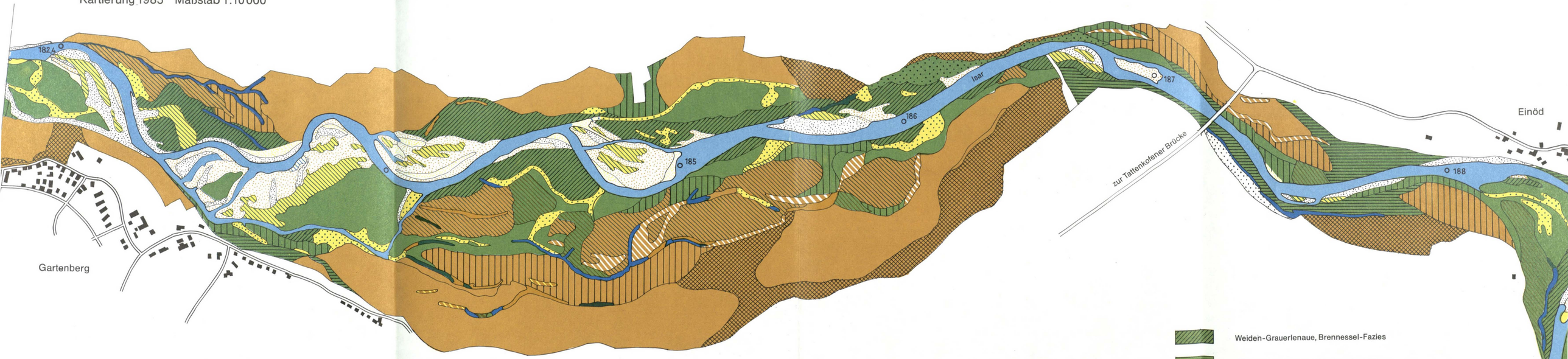
© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at



© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

# 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 Flußrinnen
- Lückige Kiefern-Grauerlenaue auf jüngeren Alluvionen
- Kiefern-Grauerlenaue auf älteren Alluvionen
- Schneeheide-Kiefernwald
- Fichtenwald