

Die Isar

— ein Gebirgsfluß im Spannungsfeld zwischen Natur und Zivilisation —

Von *Johann Karl, Joachim Mangelsdorf und Karl Scheurmann*

Die bayerischen Alpenflüsse waren bis zum Beginn unseres Jahrhunderts auf weite Strecken von menschlichen Eingriffen unberührt und so inmitten einer uralten Kulturlandschaft echte Urlandschaften.

Sie standen damit im Gegensatz zu den zahlreichen nicht aus den Alpen kommenden Bächen und kleineren Flüssen des Alpenvorlandes wie der bayerischen Hügelländer. Diese Fließgewässer werden seit dem Mittelalter als Energiequelle genutzt und sind dementsprechend umgestaltet worden. Mit Gehölzreihen bestandene Mäander lassen diese Gewässer trotz dieser Nutzung noch heute sehr reizvoll und naturnah erscheinen; sie befinden sich in einem künstlich herbeigeführten mehr oder weniger labilen Gleichgewicht.

Ganz anders die Alpenflüsse. Die Grundlagen ihrer Dynamik liegen in den Alpen und sind vom Menschen nur wenig oder nicht beeinflußbar. Wegen ihrer Wildheit blieben sie lange Zeit von menschlichen Eingriffen verschont. Als im industriellen Zeitalter die Voraussetzungen geschaffen waren, wurden die Alpenflüsse mit ihrem großen Gefälle und ihrem Wasserreichtum seit den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts zu wichtigen Quellen der elektrischen Energie. Darüber hinaus erlaubten die technischen Möglichkeiten nunmehr die Hochwasserfreilegung weiter Talbereiche.

Aus der Sicht des Naturschutzes war der Preis dafür hoch. Die bayerischen Alpenflüsse wurden nicht nur in ihren Formen grundlegend verändert, sie entwickelten auch eine eigengesetzliche Dynamik.

An den Voraussetzungen für die ursprüngliche Gestalt dieser Flüsse, nämlich an den hohen Abflüssen und den großen Geschiebemengen hat sich im Gebirge grundsätzlich nichts geändert. Während jedoch die Abflüsse zum mindesten in den Hochwassern nahezu unverändert blieben, wird das Geschiebe in Rückhaltebecken und Kraftwerksanlagen zurückgehalten.

Damit bleibt das Transportvermögen des Flusses erhalten, während das zu transportierende Geschiebe fehlt. Dieses energetische Mißverhältnis hat sehr rasche und kräftige Eintiefungen des Flussbettes zur Folge, die ihrerseits zu tiefgreifenden Veränderungen in der Vegetation führen, der sowohl das Grundwasser entzogen wird, wie ihr die Überflutungen bei Hochwasser fehlen.

Diese Wechselwirkung wird an der Isar besonders deutlich. Die ursächlichen Zusammenhänge zwischen Regulierung, Wasserkraftnutzung, Geschieberückhaltung auf der einen Seite und der Zerstörung der ursprünglichen Auenvegetation durch Eintiefung und letztlich der Selbstzerstörung des Flusses auf der anderen Seite lassen sich hier geradezu modellhaft darstellen.

Das Fazit lässt sich auf einen sehr kurzen Nenner bringen:

Mit dem ersten Eingriff in den Flußlauf und in den Geschiebehaushalt eines Alpenflusses beginnt zwangsläufig die Selbstzerstörung des Flusses, die nur durch immer stärkere bauliche Eingriffe in Grenzen gehalten werden kann.

Diese Entwicklung ist nicht umkehrbar, die Erhaltung einzelner Streckenabschnitte in einem urtümlichen oder auch nur naturnahen Zustand ist auf Dauer nicht möglich.

1. Einleitung

Die Flußlandschaften der Isar vom Ursprung im Karwendel bis zur Mündung in die Donau wurden bereits 1956 in einer Monographie von Anton Micheler [26] im Jahrbuch unseres Vereines umfassend dargestellt. In den seither vergangenen zwanzig Jahren hat sich an diesem Nordalpenfluß einiges verändert.

Die von Micheler beschriebenen früheren Eingriffe in das Flußregime haben ihre weiteren Auswirkungen ebenso gezeitigt wie neue menschliche Einflüsse. Es sei nur daran erinnert, daß sich durch den Bau des Sylvensteinspeichers und des Kraftwerkes bei Bad Tölz der Geschiebehaushalt grundlegend geändert hat, daß durch eine rege Siedlertätigkeit und durch Straßenbauten der Bewegungsspielraum des Flusses weiter eingeengt wurde, daß als Folge von Schäden umfangreiche Instandhaltungsarbeiten notwendig wurden, daß die Erholungsansprüche der Bevölkerung neue Dimensionen erreichten. Das rege Interesse an der Isar und die tiefe Sorge um die Zukunft dieses Flusses dokumentiert nicht zuletzt die vor wenigen Jahren ins Leben gerufene Aktion „Rettet die Isar jetzt“, die, getragen von Otto Kraus, die Gruppe Ökologie auf den Plan rief und die Blicke der Allgemeinheit auf das künftige Schicksal dieser Flußlandschaft zu richten suchte.

Es erscheint aus diesen Gründen an der Zeit, in Rückblick und Vorausschau die Isar wieder einmal zu betrachten und aus der Diagnose eines kranken Flusses vielleicht eine Therapie abzuleiten. Die Bestrebungen unseres Vereines gelten, wie schon unser alter Name sagte, in erster Linie der alpinen Tier- und Pflanzenwelt. Der neue Vereinsname umschreibt unser Interesse an der Bergwelt als Ganzheit, als ökologischen Großraum ebenso wie als Summe einer Unzahl ökologischer Kleinräume und hochspezialisierter Nischen. Zu dieser Umwelt gehören auch die alpinen Fließgewässer mit ihrer unerhörten Dynamik, angefangen von den Wildbächen bis hin zu den Alpenflüssen, die ihren alpinen Charakter mit ihrer begleitenden Flora bis zur Donau bewahren und die Donau selbst noch mitprägen.

Die Flora und mit ihr die Fauna ist in jeder Flusslandschaft mehr oder weniger stark abhängig von den gestaltlichen Veränderungen des Flusses, von seiner Morphologie. Diese wiederum ist der Ausdruck der Landschaft, in der ein Fließgewässer seinen Ursprung hat oder von der es entscheidend geprägt wird. Und nicht zuletzt tritt der Mensch als gestaltender Faktor in Erscheinung.

Was die prägenden, die entscheidenden Einflüsse der Gesamtheit Landschaft, als da sind Klima, Relief, Geologie, Böden und Vegetation bei den Alpenflüssen anlangt, ist festzustellen, daß ihr Schwergewicht im alpinen Raum liegt. Hier fallen die hohen Niederschläge, die für eine reichliche Wasserführung und gelegentlich verheerende Hochwasser sorgen, hier wird durch die Wildbäche in den Fluß das für ihn typische Geschiebe eingebracht. Die Einflüsse des außerhalb des alpinen Raumes durchströmten Voralpen- und Hügellandes sind daran gemessen verhältnismäßig klein, so daß man die Alpenflüsse im Vorland beinahe als extrazonal ansprechen kann und das gilt auch für eine Reihe von Florenelementen im unmittelbaren Wirkungsbereich des Flusses.

Damit stehen diese Flüsse im scharfen Gegensatz zu vielen anderen Fließgewässern des Raumes zwischen Alpen und Donau, die ihren Ursprung im eiszeitlich geprägten Alpenvorland, in der schwäbischen Riedellandschaft oder im Tertiär-Hügelland haben.

Dieser Unterschied macht sich nicht nur in den äußerlichen Formen bemerkbar. Während die Alpenflüsse in ihrem ursprünglichen Zustand das Vorland bis zur Donau in Umlagerungsstrecken und wildzerteilten Furkationsstrecken durchheilten, winden sich die nichtalpinen südbayerischen Flüsse in gemächlichen Mäandern durch die Talauen.

Wir halten diese sehr reizvollen Mäanderstrecken heute vielfach für einen natürlichen oder zumindest naturnahen Zustand, müssen uns aber eingestehen, daß wir die ursprünglichen Formen dieser Flüsse nicht kennen. Sie werden spätestens seit dem Mittelalter wasserbaulich behandelt, dienen seit altersher der Wasserkraftnutzung und sind somit zum nahezu ausgewogenen Bestandteil dieser Kulturlandschaften geworden.

Ganz anders die Alpenflüsse. Sie haben sich bis in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts hinein als echte Wildflüsse behauptet und erst die technischen Möglichkeiten unseres Zeitalters haben die Möglichkeiten zu nunmehr allerdings gravierenden Umgestaltungen eröffnet.

Wenn wir uns mit der Flusslandschaft Isar und ihrem Schicksal befassen wollen, ist es unumgänglich, zunächst einmal die geologischen Verhältnisse, die Flussgeschichte, die Geschichte der menschlichen Eingriffe und die daraus abzuleitenden flussmorphologischen Entwicklungstendenzen darzulegen. Diese grundlegende Darstellung ermöglicht erst das Verständnis für all das, was sich in Flora und Fauna im Wirkungsbereich des Flusses bis jetzt ereignet hat und in absehbarer Zukunft abspielen wird.

Aus diesem Gesichtspunkt erklärt sich auch die Tatsache, daß den Hauptteil dieses Beichtes über die Isar ein Wasserbauingenieur bestreitet. Der Lagebericht über die Situation

der flußbegleitenden Flora schließt sich daran logisch an, nachdem ein geologischer Abriß die Grundlage für beide Betrachtungen geschaffen hat.

Soviel sei vorweggenommen: Der Ruf „Rettet die Isar jetzt“ wird nach dem Stand der Dinge zum Nekrolog für einen Alpenfluß, der zwischen Scharnitz und Mittenwald aufhört ein Wildfluß zu sein und der auch in Teilabschnitten nicht mehr in einen näherungsweise naturnahen Zustand übergeführt werden kann.

Bei Alpenflüssen stellt sich die einzige Alternative, sie entweder im Naturzustand zu belassen oder aber sie gänzlich auszubauen. Der vielfach gehegte Wunsch, einzelne schützenswerte Flußabschnitte in ihrer Ursprünglichkeit zu erhalten, ist damit Utopie.

Wenn wir die nordalpinen Flüsse aus dieser Sicht betrachten, bleibt uns in Bayern keine Chance, ein solches Stück Urwelt der Nachwelt erhalten zu können. Der einzige Fluß, der noch entsprechende Voraussetzungen erfüllt, ist der Lech oberhalb von Reutte und unser Verband sollte sich mit Nachdruck um den Schutz dieser heute einmalig und einzigartig gewordenen Flußlandschaft bemühen. Das soll nicht heißen, daß wir an der Isar gänzlich resignieren müssen, wir sollten uns aber frei machen von dem Gedanken, daß die Isar wieder in Teilabschnitten das werden könnte, was die Älteren unter uns noch als Wildflußlandschaft kannten.

2. Geologische Betrachtungen

Überblick

Steht man heute an einem vom Menschen „gebändigten“, in ein mehr oder minder schmales Bett gezwungenen Fluß, so fällt es schwer, sich vorzustellen, wie er früher im Naturzustand ausgesehen haben mag. Das ungemein komplizierte Gebilde, das man als Fließgewässer bezeichnet, ist zunächst einmal das Resultat geologisch-tektonischer, klimatischer und physikalischer Vorgänge, zu denen noch der Einfluß der Vegetation kommt. Der Fluß fließt deshalb auch im Naturzustand nicht so frei oder gar wild, wie anzunehmen wäre, sondern nach einem zwar verwickelten, aber fein abgestimmten und sich gegenseitig bedingenden System der Kräfte.

Der Fluß strebt immer einen Gleichgewichtszustand dieser Kräfte an, z. B. ein den Geländegegebenheiten angepaßtes Längsprofil, ein sog. Ausgleichsgefälle, das oft genug schon von Natur aus gestört ist. In Gebieten stärkerer tektonischer oder klimatischer Ereignisse ist das Fließgewässersystem unausgeglichen und sind somit die fluviatilen Umbildungsprozesse entsprechend heftig.

Der Fluß ist auch als Transportband zu verstehen. In unserem gemäßigt humiden Klima herrscht die rinnenförmige Erosion vor, flächenhafte Denudation findet hier im Großen und Ganzen nicht statt. Das heißt jedoch nicht, daß nicht bedeutende Materialmengen vom Wasser abtransportiert würden. Die Deltas in unseren Seen und im Meer,

vor allem aber die großen Schwemmlandebenen der Flussniederungen in aller Welt sind ein eindrucksvolles Beispiel für die Transportleistung eines Fließgewässersystems. Dabei ist man geneigt, nur das Geschiebe und die Schwebstoffe zu berücksichtigen. Das Wasser als bestes Lösungsmittel führt obendrein eine beträchtliche Menge an Lösstoffen mit sich, die u. U. ein Mehrfaches der beiden anderen Komponenten ausmachen kann. Je nach der Gesteinszusammensetzung sind dies mehr Karbonate oder Silikate, aber auch noch eine Vielzahl anderer Stoffe. Diese natürlichen Lösstoffe stellen die sog. Grundlast eines Flusses dar, die der Chemiker bei seiner Wasseranalyse nach Möglichkeit berücksichtigt, die aber bei den meisten mitteleuropäischen Gewässern nicht mehr feststellbar ist. Diese Stoffe geben dem Wasser auch überwiegend seine charakteristischen Färbungen, unabhängig von physikalischen Effekten, wie der Strahlung.

Geologisch gesehen ist der Fluss ein kurzzeitiges Gebilde, wenn auch meist nicht so kurzzeitig wie Seen. Ein Flusssystem ist, je kleiner, desto labiler, was tektonische oder klimatische Veränderungen betrifft (der anthropogene Einfluß soll hier zunächst außer Betracht bleiben). Es ist ein ständig sich wandelndes Netz von Rinnen. Erosion und Akkumulation liegen oft dicht beieinander. Aus einem in Hebung befindlichen Gebiet, wie etwa den Alpen, ist der Transportweg natürlich weiter, die Akkumulation findet erst richtig in geeigneten Becken statt. Eines dieser Becken im Umkreis der Alpen war das tertiäre Molassebecken mit seiner großräumig wechselnden Folge mariner und terrestrischer Schichten. Es kann hier nur angedeutet werden, daß es der Natur möglich ist, mit Hilfe unzähliger Flüsse einen Sedimentationszyklus über viele Jahrtausende hinweg aufrecht zu erhalten, wenn ein Hebungsgebiet — in diesem Fall die aufsteigenden Alpen — und ein Senkungsgebiet — das Molassebecken, aber auch andere im Umkreis der Berge — gewissermaßen einander ergänzen. Die Obere Süßwassermolasse (OSM) als oberste Abteilung der Beckenfüllung, ist allein über 600 m mächtig und rein limnisch-fluviatil, d. h. von einem System von Flüssen, Bächen und Seen aufgebaut worden, die insgesamt einige Millionen Jahre tätig waren. Flusssysteme von der Größe der Isar, des Lech, sogar des Inn werden in diesen Zeiträumen vielfach in allen Varianten existiert haben.

Verschiedene Schüttungsmechanismen sind rekonstruierbar, aber kein einzelner Fluss; dieser bleibt namenlos und unbekannt. Nicht einmal aus der Quartärzeit will die Rekonstruktion gelingen. Die älterezeitlichen Fließgewässer haben sehr wahrscheinlich andere Strecken durchmessen und mehrfach ihren Lauf gewechselt. Ihre Erforschung anhand ihrer Terrassen, die sie hinterließen, ist ebenso schwierig wie mehrdeutig. Die alpinen Flüsse, wie sie sich heute darstellen, entstanden sukzessive aus den Schmelzwasserströmen der würmeiszeitlichen Vorlandgletscher, sind also etwa 11 000 Jahre alt; und selbst in dieser Zeit sind sie mehrfach umgestaltet worden, weil sie einem durch die Vereisungsperioden gestörten Gleichgewichtszustand wieder zustreben. Das bedeutet mit anderen Worten, so vielfältig und lang anhaltend fluviatile Tätigkeit sein kann, der einzelne Fluss ist nur ein kleiner Teil davon, geboren aus dem Zusammenwirken und abhängig von zahlreichen Geofaktoren, die nicht in unserem Sinne zufällig sind sondern von den natürlichen Gesetzmäßigkeiten gesteuert werden.

Der geologische Rahmen

Nach Jahrzehntelanger intensiver Forschung stellt sich das tektonische Bild des nördlichen Alpenrandes in großen Zügen folgendermaßen dar: Die Nördlichen Kalkalpen als Teil des ostalpinen Stockwerks haben beim Zusammenschub des Alpenkörpers den nördlich anschließenden Flysch überfahren und dieser seinerseits das Helvetikum (alles Teiltröge der ehemaligen Geosynklinale, die später zu eigenen Gebirgskörpern wurden), z. T. so weit, daß das Helvetikum gänzlich überdeckt ist und der Flysch unmittelbar an die Molasse stößt. Das ist z. B. im gesamten Einzugsgebiet der Isar der Fall. In einem letzten großen Überschiebungsakt wurde der schon in sich stark verfaltete und überschobene Alpenkörper gegen den äußersten und letzten Teiltrog der alten Geosynklinale gedrückt. Innerhalb der sog. Tonmergelschichten der Unteren Meeresmolasse wurde das ganze riesige Molassepaket abgesichert und an seinem Südrand aufgebogen. Die Molasse-schichten unterhalb der Tonmergelserie und die unteren Partien derselben, blieben mehr oder weniger horizontal liegen und reichen heute viele Kilometer weit unter das Gebirge hinein. Im Westen, in der Schweiz und im Allgäu wurde dieser Molasserand noch zum Hochgebirge, alte Schuttfächer einstiger Flüsse zu Gipfeln (der Napf bei Luzern, die Rigi am Vierwaldstätter See, der Hochgrat und das Rindalphorn im Allgäu), von deren Flanken nun wieder Bäche herabströmen. Nach Osten zu ließ der Andruck etwas nach, der Molassebeckensüdrand wurde dafür zu großen Muldenzügen umgestaltet (mit ausgequetschten Sätteln, die dadurch praktisch fehlen), die an Zahl und Größe nach Osten von vier auf eine abnehmen. Etwa am Chiemsee hört auch dieser Baustil auf. Dort ist, wie vor der jeweils nördlichsten Mulde, die Molasse nur noch ein Stück aufgerichtet und geht dann nach Norden in die ungefaltete Vorlandmolasse über. Man spricht von der Faltenmolasse (wo die tieferen Teile des Schichtkomplexes zutage treten), der aufgerichteten und der Vorlandmolasse (bei der über weite Bereiche hinweg die OSM die südbayerische Landschaft und somit auch den Unterlauf der Alpenflüsse gestaltet).

Wahrscheinlich im Zuge der allgemeinen Hebung des Alpenkörpers ist ab dem Pliozän auch das Molassebecken selbst gehoben und seine Deckschichten z. T. abgetragen worden. Die Entwässerungsrichtung und damit Schüttungsrichtung der Sedimente, die in der OSM hauptsächlich nach Westen zielte, wurde in dieser Zeit umgewandelt in die heutige Ostrichtung. Bis zum Beginn des Quartärs besteht also infolge der Erosion eine Sedimentationslücke. In dieser Zeit entstand aus dem einstigen Akkumulationsgebiet eine leicht gewellte Rumpflandschaft: das Tertiärhügelland. Während der Vereisungsperioden des Quartärs blieb die Landschaft eisfrei, unterlag dafür aber Solifluktionserscheinungen und der Lößbedeckung, der Fachmann spricht von einem Periglazialgebiet.

Als letzte tektonische Auswirkung fanden im nunmehr ziemlich starren Alpenkörper im jüngsten Tertiär Querbrüche und Querverschiebungen statt, auf denen z. T. die heutigen Querfurchen im Ost-West streichenden Gebirgsbau beruhen. Soweit es zur Quertalbildung kam, wurde die Furche natürlich von den Flüssen benutzt. Das heutige Gewässernetz ist also im jüngsten Tertiär angelegt, aber im Quartär sehr überarbeitet worden. Mit Sicherheit sind einzelne Abschnitte des heutigen Isarlaufes von verschiedenen Vorgängern der Isar benutzt worden, die jetzige Isar ist ein Produkt der ausgehenden Würmeiszeit.

Entstehung und Flußverlauf

Die klassischen vier Vereisungsperioden, die A. Penck [29] im Iller-Lech-Gebiet erkannte, machen etwa nur das letzte Viertel des gesamten Quartärzeitalters aus, dessen Länge heute auf ca. eineinhalb bis zwei Millionen Jahre geschätzt wird. Mindestens fünf oder sechs Großvereisungen haben in diesem Zeitraum stattgefunden. Während dieser Zeit sind die abtragenden Kräfte des Wassers natürlich rührig am Werk gewesen, als „normale“ Wildflüsse in Warmzeiten, als Schmelzwässer im Vorland, wenn das Gebirge vom Eisstromnetz durchzogen war.

Im Lauf dieses Wechsels der Zeiten im Quartär entstand die tiefe und breite Rinne der unteren Isar, eingeschnitten in das weiche Tertiärmaterial. Angesichts der Ausmaße dieses Talzuges darf man nicht vergessen, daß dazu hunderttausende von Jahren zur Verfügung standen, für einen Fluß eine lange Zeit. Die in ihren einzelnen Phasen sehr schwierig zu deutenden Vorgänge der Erosion und Akkumulation, also Einschneiden in das Tertiär bzw. Aufschütten und Wiedereinschneiden in die eigenen Sedimente, in ständigem Wechsel geschehend, haben zu vielen Hypothesen über die Ereignisse im Altquartär geführt. Ein Ur-Lech z. B., der zweifelsohne recht vital war, hätte die tiefe Isarfurche gegraben. Mit einiger Berechtigung hätte es aber auch ein Ur-Inn im Zuge einer erweiterten Ur-Loisach sein können. Es spricht einiges dafür.

Aus alle dem geht jedoch eines deutlich hervor:

Der heutige Isarlauf, alles was gemeinhin als Isartal bezeichnet wird, ist in seiner Entstehung nicht einheitlich, er ist regelrecht zusammengestückelt und das ist tektonisch wie quartärmorphologisch begründet. Dabei ist der untere Isarlauf, etwa von Freising an, das älteste vorgezeichnete Teilstück davon, weil die Eintiefung auf jeden Fall älter als die Würmvereisung ist. Mindestens seit der Rißvereisung wird sie von den Schmelzwässern der Vorlandgletscher und den zwischeneiszeitlichen Flüssen als Rinne benutzt. Das sich im Umkreis der eiszeitlichen Schotterfelder darstellende Prinzip der Reliefumkehr — die älteren Schotterfluren liegen oben, die jüngeren mehr oder weniger schmal in den inzwischen gegrabenen Rinnen — ist im Alpenvorland gut ausgeprägt.

Mit dem Zurückweichen des würmzeitlichen Isar-Loisach-Vorlandgletschers beginnt die Geschichte des Isar-Flußsystems, rückschreitend wie das Eis. Aus den Schmelzwasserströmen der einzelnen Gletschertore ist es hervorgegangen: die Amper aus dem Lobe des Ammersee-Teilgletschers, die Würm aus dem des Starnbergersee-Teilgletschers, die Isar selbst, einer vielleicht schon vorgezeichneten Rinne folgend, südlich von München. Während der unterschiedlichen Vereisungsphasen der Würmzeit war großflächig im Alpenvorland die Niederterrasse geschüttet worden. Der Teilbereich im Münchner Raum wurde als die Münchener Schotterebene bekannt. Diese dünnte nach Norden zu in ihrer Mächtigkeit allmählich aus. Moore konnten entstehen, vor allem dort, wo der Schotter infolge der Mächtigkeitsabnahme das Grundwasser nicht mehr zu fassen vermochte.

Im Spätglazial und noch bis in historische Zeiten hinein erfolgte die endgültige Ausräumung des Isartales von südlich München bis etwa Unterföhring. Der Ausräumung „oben“ ging eine Schuttfächerbildung „unten“ parallel, d. h. ein Großteil des Materials

wurde in Form sehr langgestreckter und für den Nichtfachmann kaum erkennbarer Schuttkegel im Mittel- und Unterlauf wieder abgelagert.

Die nächst jüngeren Schuttfächer wurden dabei in die jeweils älteren eingesenkt, nachdem eine kleine Erosionsphase vorausgegangen war; dadurch entstanden Terrassenränder. Dieser komplizierte Rhythmus ist im gesamten Alpenvorland in vielen Variationen zu beobachten, besonders gut am Lech und eben auch an der Isar. Es hat lange gedauert, bis die sich abwechselnden Vorgänge durchschaut wurden.

In Thalkirchen, im Süden Münchens, setzt die erste Terrassenstufe (ursprünglich der erste Schuttfächer) linksseitig an. Es ist die sog. Altstadtstufe. Bis zu sechs Stufen glaubt man ziemlich sicher unterscheiden zu können, beginnend mit der Altstadtstufe, die dem Ammerseestadium des Spätglazials angehört und endend mit der jüngsten im Mittelalter [4, 5, 6].

Der Talzug, der in die Niederterrasse eingesenkt ist und südlich Schäftlarn an den Würmendmoränen beginnt, hat markante hoch erscheinende Ränder, vor allem auf der Ostseite, was, wie man vermutet, seine großräumigen geologischen Gründe hat. Der Westrand biegt bei Thalkirchen(!) weit nach Westen aus, bildet die deutliche Hangkante an der Theresienwiese und westlich des Münchner Hauptbahnhofs und verliert sich dann im westlichen Schwabing weitgehend. Der scharfe Ostrand hält sich länger und reicht bis ungefähr Ismaning. In dieses nach Norden sich trichterförmig öffnende Tal sind die erwähnten Schuttfächer, die heute mit schwach erkennbaren Terrassenleisten vorliegen, eingebettet, bis sie ab Freising wieder schmäler werden müssen. Man ist sicher, sie auch im unteren Isartal verfolgen zu können.

Hinter den Endmoränenwällen des Würmvorlandgletschers staute sich zunächst das Schmelzwasser zu größeren Eisrandseen, die in dem Maß ausliefen, wie es im Spätglazial der Erosion gelang, die Wälle zu durchschneiden. Der Ur-Ammersee war etwa viermal so groß wie heute und auch der Starnberger See muß noch um einiges größer gewesen sein.

Bei Wolfratshausen bestand eine Zeit lang der von den Quartärforschern so benannte Wolfratshauser See, im Südwesten anschließend ein wesentlich größerer Ur-Kochelsee und zum Schluß im Gebirgsinnern mehrere fjordartige Seen, vor allem im Loisachtal. Man darf bei dieser Landschaft, die zunächst nur zögernd von der Vegetation wieder besiedelt wurde, ruhig ein wenig an Lappland denken, um eine Vorstellung von ihrem Aussehen zu bekommen.

Die inneralpinen und alpenrandnahen Täler, in die sich die Gletscher allmählich zurückzogen, wurden im Quartär (nicht nur durch die Gletscher der Würmeiszeit) stark übertieft, d. h. in Form von Trogtälern ausgehobelt und hunderte von Metern mit Seesedimenten, Sanden und Schottern, wahrscheinlich sehr verschiedenen Alters, wieder aufgefüllt. Die nächst jüngere Vereisungsperiode wird nicht immer wieder alles bis auf die Felssohle ausgeräumt haben. Im Loisachtal fand man über 400 m Sedimente, das Isarquertal zwischen Wallgau und dem Sylvenstein (im geologischen Sinne ein Längstal) ist über 100 m verschüttet. Die verschüttete Schlucht am Sylvenstein mit z. T. überhängen-

den Wänden wurde durch den Dammbau bekannt. Teilweise sind diese Talfüllungen ergiebige Grundwasserträger (Loisachtal zwischen Garmisch-Partenkirchen und Eschenlohe).

Beim weiteren Rückzug der Gletscher in das Hochgebirge begann, unterbrochen von verschiedenen Klimarückschlägen, der letzte Akt der Flußwerdung, der Anschluß der Gebirgsbäche an den jeweils kräftigsten Vorfluter, öfter erst, nachdem ein See aufgefüllt war. Insgesamt dürften die Flußsysteme, also auch das der Isar etwa in der Allerödzeit bis ca. 11 000 Jahren vor heute vollständig gewesen sein. Umgestaltungen durch Tiefen- und Seitenerosion (die oben erwähnten Schuttfächer und ihre Terrassierung im Mittel- und Unterlauf) fanden natürlich weiterhin statt, gehören aber zum Bild des fließenden und damit gestaltenden Wassers.

Damit sind die wesentlichen Elemente der Entwicklung der Isar schon aufgezählt, wie sie sich bis ungefähr zum Mittelalter ergab. Gehen wir nunmehr den umgekehrten Weg, den in unserer Vorstellung normalen in der Beschreibung, von der Quelle bis zur Mündung des heutigen Isarlaufes, dann wird bereits auch schon die Geschichte der menschlichen Beeinflussung des Systems deutlich. So sollen hier nur noch einige geologische Anmerkungen zur Laufstrecke gemacht werden.

Der größte Teil des Karwendelgebirges wird von Bächen entwässert, die der Isar tributär sind. Es ist mehr oder weniger eine Definitionsfrage, welchen Quellbach man mit dem Namen des Hauptflusses belegt. Bei der Isar hat er sich bei dem Bach eingebürgert, der vom Halleranger herabströmt, an der Kastenalm in einer hohen Stufe herunterstürzt, um dann ein bereits tiefingeschnittenes langes Tal bis zum Austritt aus dem Karwendel bei Scharnitz vorzufinden. Mit der gleichen Berechtigung könnte auch der gleich starke Karwendelbach Isar heißen oder dieser Name erst beim Zusammenfluß der beiden kräftigsten Quellbäche auftreten. Denn erst ab hier ist der Fluß der Vorfluter für alle weiteren Bäche.

Der Deckenbau der Nördlichen Kalkalpen, insbesondere der des Karwendelgebirges, erscheint heute in einem neuen Licht. Demnach spricht man lieber von tektonischen Einheiten als von Decken (im Gegensatz zu den Westalpen, wo der Deckenbau in großartiger Form existiert). Die Inntal-„Decke“ z. B. wird heute mehr als Struktur angesehen, die sich pilzartig aus dem relativ ruhigen Sattel- und Muldenbau der Lechtaleinheit, gewissermaßen ausgequetscht, entwickelt hat. Dabei traten natürlich Überschiebungen über die eigene Lechtaleinheit auf, die nur mittelbar mit der Überschiebung des gesamten Gebirgskörpers nach Norden zu tun haben. Das erklärt die Anlage des Hochkarwendels gegenüber dem ruhigeren Vorkarwendel besser, wobei Gesteinsunterschiede (mehr Wettersteinkalkmassen im Hochkarwendel, mehr Hauptdolomit und Plattenkalk im Vorkarwendel) nur z. T. eine Rolle spielen.

Der Süd-Nord-Schub des Gebirges bedingte ein Ost-West-Streichen der Bergzüge und Täler, wobei in dieser Richtung die Faltenachsen durchaus nicht horizontal sondern zusätzlich auf und ab verlaufen. Das Beispiel der zusammengeschobenen Tischdecke wird hierzu gern verwendet und ist auch recht anschaulich. Eine solche komplizierte tektonische

Anlage ist die Seefelder Senke und das sog. Tor von Mittenwald, wo Längstaler, Achsen-ab- und auftauchen, sowie Querstörungen zusammen kommen. Nachdem sie das Karwendellängstal verlassen hat, folgt die Isar dem tief eingekerbten Quertal von Mittenwald, um alsbald wieder in einem Längstal (meist umgekehrt als Isarquertal bezeichnet) nunmehr von Westen nach Osten zu fließen. Dieses Talstück zwischen Wallgau und dem Sylvenstein folgt zwar dem Sattel- und Muldenbau im Hauptdolomit des Vorkarwendels, liegt aber größerenteils in einer Sattelstruktur. Vom Sylvenstein ab durchquert dann die Isar auf wenig mehr als 20 km vier tektonische Einheiten; den Nordteil der Lechtaleinheit (im Wesentlichen Hauptdolomit und Plattenkalk), die unterste Einheit der Nördlichen Kalkalpen, die früher als Allgäudecke bezeichnet wurde und heute mehr umschreibend als „kalkalpine Randzone“, ferner den Flysch und schließlich die Faltenmolasse. Das Helvetikum erscheint hier obertags praktisch nicht.

Den ganzen weiteren Weg bis zur Mündung liegt das Flußtal in der Oberen Süßwassermolasse, die aber bis zum Nordende der Münchner Schotterebene noch von quartären Sedimenten bedeckt ist. Dazu muß bemerkt werden, daß nicht nur die Moränen sondern auch die Niederterrasse bereits, unbeeinflußt vom Menschen, durchschnitten wurden und das Isarbett seit langem im tertiären Flinz liegt, der somit wiederholt als unterster Teil der Hänge zwischen Wolfratshausen und München ansteht. Solange die Isar eine hydraulisch intakte Geschiebesohle besaß, wurde hier das relativ weiche Material nur seitlich erodiert. Seitdem der Geschiebeanfall stark nachließ, d. h. durch die technischen Eingriffe gebremst wurde, ist an mehreren Stellen ein „Sohlendurchschlag“ erfolgt, der Fluß tief sich nunmehr im Flinz ein. Eine neueste Terrassenbildung, diesmal anthropogen, bahnt sich an.

Geschiebe und Geschiebeherkunft

Die Geschiebezusammensetzung eines Flusses spiegelt entgegen einer landläufigen Meinung die Geologie eines Einzugsgebietes keineswegs so exakt wider, daß man davon schon auf das jeweilige Gesteinsareal schließen könnte. Das ist insofern nicht möglich, weil hierbei von der Erodierbarkeit der Gesteinspartien ausgegangen werden muß und von den Gelegenheiten, die der Fluß und seine Seitenbäche haben, an vereinzelten Stellen oder meist kurzen Strecken Anbrüche zu schaffen und Material zu entnehmen. Am ergiebigsten sind festveränderliche Gesteine wie Mergel, weiche Tonschiefer, stark zerrüttetes Gestein u. ä., vor allem aber eiszeitliche Talverfüllungen, die aus Schottern, Sanden und Moränenmaterial bestehen. Diese sind am Alpenrand besonders häufig zu finden. Eine sehr wichtige Rolle spielt ferner der Gesteinsabrieb, d. h. der Widerstand, den ein Gestein seiner Abnutzung durch das Wasser, im wesentlichen aber durch andere Gerölle entgegengesetzt. Härtere Gesteine setzen sich natürlich auf längere Strecken gesehen, besser durch, auch wenn ihr Anteil am Gemisch an sich verschwindend klein ist. Leicht verwitterbare liefern neben der reinen Bodenabschwemmung mehr Schwebstoffe.

Betrachtet man den Isarlauf unter diesen Aspekten, so werden schnell einige Zusammenhänge klar. Im Hochkarwendel herrscht der grobblockig verwitternde Wettersteinkalk vor, der im Wesentlichen von seitlichen Schuttkegeln und Sturzhalde unterhalb der gro-

ßen Wände in das Bachbett gelangt. Durch die Leutascher Ache kommt eine Jurakalk- und -mergelkomponente aus einem kleinen Vorkommen in der südlichen Wettersteinwand hinzu. Im Talzug zwischen Wallgau und dem Sylvenstein mischt sich kräftig Plattenkalk und vor allem Hauptdolomit hinzu, der von dieser Strecke an, zusammen mit härteren Kalken verschiedenster Art die Charakteristik des Geschiebebandes bis unterhalb Münchens bestimmt. Interessant ist das Geschiebe des Rißbaches, der theoretisch einen Querschnitt durch alle im Karwendel vorkommenden Gesteinsarten bringen könnte, aber doch einige Schwerpunkte aufweist, wie z. B. Juragesteine aus dem Johannestal und vom Leckbach. Die Geschiebezufluss zur Isar ist infolge der Rißbachableitung zum Walchensee sehr zurückgegangen. Material aus Talverfüllungen bringt der Fischbach, der von der Ableitung nicht betroffen ist. Die Menge ist jedoch meist nicht sehr groß.

Die Dürrach würde Hauptdolomit, Plattenkalk und etwas Jura- und Kreidekalke beisteuern, die aus der rezenten Verwitterung stammen, wenn nicht unterhalb der Lüdernwände auf der Lerchkogelalm eine Talverfüllung wäre, die eine kräftige eiszeitliche Komponente hinzufügt. Die Walchen, der natürliche Auslauf des Achensees, der abgesehen von der Wasserkraftnutzung zum Inn hinunter, zum Isargebiet gehört, bringt keine neuen Anteile.

Weitere Geschiebestöße kommen aus einigen Seitenbächen (z. B. Hirschbach), die von den Tegernseer Bergen, sowie nördlich von der Benediktenwand herabfließen. Die linksseitige Jachen, der eigentliche Auslauf des Walchensees, ist relativ geschiebearm. Durch den Hirschbach mischen sich Fleckenkalke und Mergel bei, so daß der dominierende Hauptdolomit vorübergehend etwas zurücktreten muß, aber nur für wenige Kilometer. Bei Bad Tölz treten die härteren Kieselkalke einiger Flyschschichten, ferner Sandsteine, sowie von der Faltenmolasse einige wenige Kalke, Sandsteine und Silikatgesteine hinzu. Nunmehr, nachdem der Fluß die Berge verlassen hat, macht sich der Abrieb, die Selektion nach der Härte, erst richtig bemerkbar. Der feinstückig verwitternde Hauptdolomit und härtere Kalke halten lange Strecken aus, ein kleiner, aber deutlicher Anteil an Kieselkalken, Hornsteinkalken und Radiolariten (verkieselten Diatomeenpanzerchen) ist ab Tölz festzustellen.

Der im Urzustand die gesamte Talbreite im tiefen Tal zwischen den Endmoränenwällen bei Schäftlarn und München einnehmende Fluß hat die im Spät- und Postglazial entstandenen steilen Wände immer wieder angegriffen. Die tief in die Molasse (Flinz) hineinreichende Talfurche lieferte teilweise Geschiebe aus den darüber liegenden quartären Niederterrassenschottern und überwiegend Schwebstoffe aus dem tertiären Flinz, zuweilen auch von dort feinstückiges Geschiebe. Aus dem Hin- und Herpendeln der Isar ergaben sich zahlreiche Uferanbrüche. Große Gesteinspartien sind zeitweilig herabgebrochen und in den Fluß gestürzt. Der Georgenstein ist nur ein Beispiel dafür. Auch heute sind die Hänge in dem Talabschnitt nicht zur Ruhe gekommen. Ständig brechen oder rutschen ganze Hangteile nach und müssen aufwendig gesichert werden, wenn Gefahr für Siedlungen besteht. Derzeit wird mit Sorge ein rutschgefährdeter Hang zwischen Grünwald und der Großhesseloher Eisenbahnbrücke beobachtet. In diesem Bereich trifft man allenthalben auf schon früher abgerutschte Hangteile. Die

Vermischung des Geschiebes wird in diesem Teilstück etwas bunter. Die Selektion arbeitet bis zum Beginn des Tertiärhügellandes aber wieder in Richtung auf harte Kalke, Dolomite und wenige Kieselkalke.

Erst im Unterlauf, etwa bei Landshut, macht sich eine neue Komponente bemerkbar. In dieser Strecke treten wiederholt Quarzschorter und der sog. Vollschorter der Oberen Süßwassermolasse in Erscheinung, aus den Alpen stammende, im jüngsten Tertiär (Pliozän) von Südosten nach Nordwesten und Westen gerichtete Schüttungen starker Flüsse (!). Jetzt bestimmen Quarze, Quarzite und andere Silikatgesteine, die aus den Zentralalpen stammen, das Geschiebebild bis zur Mündung in die Donau. Kalke und Dolomite verschwinden bis auf einen Anteil von rund 20 %, wobei das härtere Gestein das weichere natürlich erst richtig zerreibt. Die Situation scheint im Spät- und Postglazial nicht so kraß gewesen zu sein, da in den älteren Terrassen der Anteil karbonatischer Gesteine noch stärker ist, als im rezenten Flussgeschiebe.

Dies ist ein deutliches Anzeichen der zunehmenden Eintiefung der Isar, besonders im Unterlauf, in den Flinz, weil in der Landshuter Gegend der Vollschorter auch unter dem nun weitgehend geschiebeleeren Flussbett der Isar ansteht und abgetragen wird. Zur Mündung hin wird der Untergrund wieder etwas feinkörniger, liefert aber dafür bei Tiefenschurfs mehr Schwebstoffe.

Infolge der zahlreichen technischen Einbauten ist das Geschiebeband heute weder vollständig was die einzelnen Gesteinskomponenten, noch was die Materialzufuhr allgemein betrifft. Die Selektion wird damit, je nach Situation komplizierter oder findet nur noch unvollkommen statt.

3. Flussgeschichte und Gestaltungsvorgänge

Die Gestaltungsvorgänge der Isar haben wie bei allen anderen Flüssen alpinen Ursprungs zweierlei Ursachen: Die natürlichen Kräfte der Bettbildung durch Abtragung und Aufschüttung und die menschlichen Eingriffe in das Flussystem. Beide unterscheiden sich vor allem darin, daß die natürliche Bettbildung langsam voranschreitet, um den Aufriß des Flusses in einen Beharrungszustand zu überführen, während das Wirken des Menschen sich in kurzfristigen Änderungen des Flussregimes äußert. Trotzdem ist es nicht immer möglich, klar zu erkennen, wo augenfällige Umbildungen ihren Ursprung haben, weil sich die Spuren der ältesten Bemühungen unserer Vorfahren der Wassernot zu wehren, oft im Dunkel der Vergangenheit verlieren.

Von einem Beharrungs- oder Gleichgewichtslängsprofil spricht man, wenn sich im freien Spiel der Kräfte ein dynamischer Gleichgewichtszustand zwischen der Schleppspannung des fließenden Wassers und den Widerständen der beweglichen Sohle eingestellt hat. Mit anderen Worten: Abgesehen von Verlusten durch den Abrieb der Kieskörner halten sich Geschiebezu- und Abfuhr in einem Flussabschnitt über längere Zeit die Waage. Mit Recht werden deshalb Flüsse oder Teile davon mit ausgeglichenem Geschiebehaushalt auch als Umlagerungsstrecken bezeichnet.

Von einigen Ausnahmen abgesehen — etwa der Faller Klamm — darf der gesamte alte Isarlauf auf bayerischem Boden als Kette von Umlagerungsstrecken angesehen werden. Wie haben wir uns ihr ursprüngliches Erscheinungsbild vorzustellen?

Es gab nirgends ein begrenztes Bett mit starren Ufern. In viele Rinnen zerspalten durchzog die Isar das Gelände und verlagerte bei jeder Anschwellung ihren Lauf. Während eine Rinne zugeschüttet wurde, bahnte sich das Wasser seitlich einen neuen Weg, bis das nächste Hochwasser auch diesen wieder verkümmern ließ und eine andere, vorher unbedeutende Rinne zum Hauptarm erweiterte. Dazwischen waren meist vegetationslose und in dauerndem Umbau begriffene Kiesbänke eingestreut. Spärliche Ansätze einer Begrünung der Kiesbänke wurden von Hochwässern immer wieder abgeräumt. Es gab kein Flussbett im heutigen Sinn, sondern die Isar beanspruchte zum Abfluß einen Geländestreifen mit wechselnder Breite, innerhalb dessen sich ein verzweigtes und ständigem Wandel unterworfenes Flechtwerk von Rinnen entfaltete. Dort, wo nicht die seitlich einfallenden Hänge dem Wasser seine Grenze setzten, waren die blanken Kiesflächen meistens von beiderseitigen Auwaldgürteln unterschiedlicher Tiefe begleitet. Kurzum, die Isar zeigte das typische Bild eines alpinen Wildflusses, der sein breites Kiesbett bei Niedrigwasser nur zum kleineren Teil ausfüllte.

Der Kampf gegen die Gewalt des Wassers reicht bis in die Zeit der ältesten Talbesiedlungen zurück, freilich mit bescheidensten Mitteln, denen nachhaltige Wirkungen versagt blieben. Es gab auch kein Planungskonzept, sondern jeder war nur auf seinen unmittelbaren Vorteil bedacht. Welche Streitigkeiten daraus erwachsen konnten, sei an einem Beispiel aufgezeigt, das A. v. Riedl [30] mitteilt:

„Gleich unterhalb dem Dorfe Bogenhausen fieng sich die zum aufgelösten Hochstifte Freysing gehörige Grafschaft Ismaning an. Das linke Land gehörte dort zu Baiern, das rechte aber zu Freysing. Die Ismaninger benutzten jede Gelegenheit, den Fluß zu ihrem Vortheile zu leiten; sie verbauten jede noch so kleine Rinne gleich anfangs mit sogenannten Fischerzäunen, oder kleinen Verlegen, die oft große Wirkung machten. Sie warfen dadurch den Fluß um so leichter auf die bairische Seite, als er daselbst ohnehin niederes Land hatte. Hieraus entstanden große Zwiste; ja es kam sogar zu Thätlighkeiten.“

Von Seiten Baierns geschahen Repressalien, und wo sich nur eine günstige Gelegenheit darboth, den Ismaningern Abbruch oder Schade zu tun, so geschah es ohne allem Anstande und Verzuge. So wurde der Fluß von der einen auf die andere Seite geworfen. Auf ein wahres Bau-System wurde nirgend gesehen. Die Unterthanen waren aufeinander, wie es bey solchen Fällen allezeit ist, zu sehr verbittert, und jede Regierung unterstützte ihre Unterthanen, so viel es nur immer möglich war. Diese Verwirrung dauerte bis 1718, wo endlich eine Übereinkunft zwischen beyden Regierungen getroffen, die Fluß-Direktion für die beyden Länder festgesetzt, und die Direktions-Säulen errichtet wurden. . . . Auf diese Art hatte die Übereinkunft nicht im mindesten den erwünschten Erfolg; im Gegentheile entstanden Uneinigkeiten über Uneinigkeiten; die beyden Regierungen konnten sich nicht vergleichen, und die Sache kam sogar zu einem weit-schichtigen und kostspieligen Prozesse beim Reichskammergerichte.“

Der Streit fand erst sein Ende, nachdem das Gebiet des Hochstifts Freising bei der Säkularisation an Bayern gefallen war.

Wachsende Einwohnerzahlen und gesteigerte Verkehrsbedürfnisse gaben im 19. Jahrhundert den Anstoß zur systematischen Korrektion der geschiebeführenden Flüsse. Es begann allenthalben ein Kampf gegen die Natur, aus dem der Mensch, der sich der Technik verschrieben hat, als Sieger hervorgehen sollte. Gestützt auf die Wassergesetze von 1852 sah es der bayerische Staat als seine Aufgabe an, Flüsse zu regulieren und Hochwasserschutzbauten zu errichten. Damit nicht genug. Um die Wende zum 20. Jahrhundert trat ein Wirtschaftszweig auf den Plan, der den Flüssen nachhaltig seinen Stempel aufdrückte: Die Wasserkraftnutzung. Die Isar mit 637 m Rohfallhöhe vom Eintritt nach Bayern bis zur Mündung erschien von Anfang an für eine Wasserkraftgewinnung besonders geeignet.

Verfolgen wir in groben Zügen die Geschichte des Isarausbaues bis zur Gegenwart und seine Auswirkungen.

Von den Quellen bis Bad Tölz

Von den Quellen bis über Scharnitz hinaus blieb die Isar außer einigen Uferschutzbauten zur Sicherung der Bundesstraße 2 bis heute im wesentlichen sich selbst überlassen. Abgesehen davon, daß sich der Stromstrich bevorzugt an das befestigte rechte Ufer anlegt, ist die Isar in diesem Abschnitt noch von ihrer natürlichen Flußentwicklung geprägt.

In der Mittenwalder Flur reichen die ersten Ansätze der Isarkorrektion bis 1859 zurück [19]. Sie war notwendig geworden zum Schutz von Kulturländern, Verkehrswegen und Siedlungen. Nach langen Zeitabständen folgten später weitere Bauabschnitte, nicht zuletzt veranlaßt durch die lebhafte Bautätigkeit im einstigen Überschwemmungsgebiet. Die Linienführung des 1939 fertiggestellten Unternehmens ist bei rd. 9,4 % mittl. Wasserspiegelgefälle so gestreckt, daß sich alsbald Sohleneintiefungen einstellten. Vor einigen Jahren erwies es sich als notwendig zum Schutz gegen rückwärts einschneidende Tiefenerosion oberhalb von Mittenwald drei Absturzbauwerke zu errichten.

Auf unserer Wanderung flußabwärts treffen wir ca. 5 km unterhalb Mittenwald auf das 1919—21 erbaute Krüner Wehr, dem die Aufgabe zufällt, der Isar bis 25 m³/s Wasser zu entziehen und zum Walchensee überzuleiten. Die Bestrebungen, den rd. 200 m betragenden Höhenunterschied zwischen Walchen- und Kochelsee zur Wasserkrafterzeugung auszunützen, gehen schon auf die 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück. Da das natürliche Niederschlagsgebiet des Walchensees nur 74 km² umfaßt, hätte das Walchenseewerk ohne Wasserzugabe aus der Isar keine wirtschaftliche Leistung erbracht; das Einzugsgebiet des Sees mußte also künstlich vergrößert werden. Nachdem der Plan bekanntgeworden war, setzte ein heftiger Kampf gegen das Projekt ein, nicht allein weil seine Rentabilität bestritten wurde, sondern auch weil man glaubte, dem Fremdenverkehr würde wegen Verlusten an Naturschönheit das Wasser abgegraben werden. Ungeachtet aller Einwendungen wurde der Plan ins Werk gesetzt und 1923 floß erstmals Isarwasser über die Turbinen in den Kochelsee und in die Loisach [12].

Angesichts der mißlichen Wirtschaftslage nach dem Ersten Weltkrieg wird niemand Nutzen und Zweckmäßigkeit des seinerzeit als technische Pionierleistung gefeierten Walchenseewerks ernsthaft in Frage stellen. Dennoch darf nicht übersehen werden, daß der Eingriff in das Flusssystem nicht ohne schmerzliche Folgen für die Gestaltungsvorgänge der Isar bleiben konnte [7]. Hervorstechendes Merkmal der Ableitung sind die weiten, den größten Teil des Jahres trockenliegenden Kiesflächen im Isarbett unterhalb des Krüner Wehres. Da der Isarabfluß im langjährigen Mittel $25 \text{ m}^3/\text{s}$ nur an rd. 50 Tagen überschreitet, gelangt an durchschnittlich rd. 315 Tagen des Jahres — von Sickerverlusten abgesehen — kein Wasser über das Wehr. Grob gesprochen verteilt sich die ankommende Jahresabflußsumme der Isar bei Krün im Verhältnis 2:1 auf die Walchenseeüberleitung und das Mutterbett. Was anschließend an Zuflüssen hinzukommt, verliert sich größtenteils im Untergrund. Ein bescheidenes Rinnsal tritt erst wieder zu Tage etwa auf halbem Wege zwischen Krün und Vorderriß.

Infolge des verminderten Abflusses ist die Isar nicht mehr im Stande, die im Jahresmittel ankommenden Geschiebemassen von rd. $30\,000 \text{ m}^3$ wie früher flußabwärts zu verfrachten. Zwar wird der Stauraum des Krüner Wehres immer wieder freigespült, doch ist im Unterwasserbereich das Transportvermögen soweit erschöpft, daß schätzungsweise die Hälfte der Geschiebefracht anlandet und durch regelmäßige Baggerung beseitigt werden muß.

Etwa 15 km unterhalb des Krüner Wehres mündet der Rißbach in die Isar. Schon im Regierungsprojekt des Walchenseewerkes von 1913 war vorgesehen, Rißbachwasser gemeinsam mit der Isar vom nicht ausgeführten Hochgrabenwehr rd. 5 km oberhalb Vorderriß in den Walchensee überzuleiten. Aber erst die Energienot nach dem Zweiten Weltkrieg gab den Anstoß, die Pläne zur Ausnützung des Rißbaches wieder aufzugreifen; hatte doch der Alliierte Kontrollrat den Neubau von Kraftwerken untersagt und mit dem Rißbachwasser konnte die Leistung des Walchenseewerks ohne Aufstellung neuer Maschinen beträchtlich gesteigert werden. Aber auch Österreich trat mit dem Plan hervor, den Rißbach, die Dürach und die restliche Walchen — ein Teil wird bereits seit 1927 abgezogen — zum Achensee überzuleiten. Nach langwierigen Verhandlungen kam am 29. 6. 1948 ein Übereinkommen zustande, in dem Österreich auf die Ableitung des Rißbaches verzichtete und sich mit dem Wasserbezug aus den österreichischen Teilen des Dürach- und Walchengebietes begnügte mit der Einschränkung, an 75 Tagen des Jahres kein Wasser zu entnehmen, solange Bayern kein Speicher an der oberen Isar zur Verfügung steht [34]. Die größte Entnahme ist auf $12 \text{ m}^3/\text{s}$ begrenzt. Dieser Abfluß wird seit der Inbetriebnahme 1949 im Mittel an 93 Tagen unterschritten.

Das Bett der Isar unterhalb der Rißbacheinmündung ist deshalb den größeren Teil des Jahres arm an Wasser. Dabei ist zu berücksichtigen, daß zufolge des geschwächten Transportvermögens des Rißbaches seit der Walchenseeüberleitung weniger Geschiebe als früher in die Isar gelangt. Der Mündungsbereich trägt jedoch kaum Anzeichen eines Geschiebedefizits, weil ja die Isar selbst nicht mehr über das ehemalige Transportvermögen verfügt.

Wir nähern uns der Sylvensteinsperre, einem Bauwerk, das die Bettgestaltung der Isar nachhaltig prägt. Wegen der Ableitungen des Rißbaches, der Dürrach und der Walchen war der Isarabfluß bis Wolfratshausen so geschwächt, daß eine künstliche Zufuhr bei Wasserklemmen unumgänglich wurde. Der Bayer. Landtag billigte am 15. Januar 1954 den Plan der Obersten Baubehörde, am Sylvenstein einen Wasserspeicher zu errichten. Neben der Niedrigwasseraufbesserung hat die 1959 fertiggestellte Anlage die Aufgabe, das gesamte Isartal bis zur Donau wirkungsvoll von Hochwasser zu entlasten. Außer dieser doppelten Zweckbestimmung bot sich die Gelegenheit, die entstehende Höhenstufe zwischen Stauspiegel und Unterwasser zur Erzeugung elektrischen Stromes in einem Kavernenkraftwerk mit $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ Ausbauwassermenge sozusagen als Nebenprodukt zu nutzen [22].

Auf Grund der Gesamtkonzeption wird im Speicher ein Normalstau mit 752 m ü. NN Wasserspiegelhöhe gehalten, bei der rd. 420 ha Fläche vom Wasser bedeckt sind. Im Winter kann der Wasserstand zur Niedrigwasseraufbesserung der Isar bis 736 m ü. NN abgesenkt werden. Bei Hochwasser hingegen kann bis zur Kote 764 m ü. NN gestaut werden, das ist 2 m unter der Krone des etwa 40 m hohen Erddammes. Im Zustand voller Füllung faßt der Speicher etwa $82 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Wasser, wobei sich der See über ca. 560 ha Fläche ausdehnt.

Im Bereich der Stauwurzel, also der Zone des Übergangs zwischen freier Fließstrecke und dem zum See gestauten Fluß, erschöpft sich die Transportkraft rasch, so daß das Geschiebe liegenbleibt und sich selbst überlassen einen flachen, fächerartigen Schwemmkegel bilden würde. Um die Ablagerung auf einen möglichst eng begrenzten Raum zusammenzufassen, wurde an der Stauwurzel eine niedrige Vorsperre errichtet, die den Hauptteil des ankommenden Isargeschiebes zurückhält. Damit die Vorsperre ihren Zweck ständig erfüllen kann, muß der ihr vorgelagerte Auffangraum regelmäßig ausgeräumt werden. Nach den Erfahrungen der letzten Jahre handelt es sich im Mittel immerhin um ca. $60\,000 \text{ m}^3/\text{a}$ Geschiebezuflauf. Im Gegensatz zum grobkörnigen Geschiebe wandern die Schwebstoffe weit in den Stausee hinein und setzen sich dort in Zonen ruhiger Wasserbewegung ab. Die Schwebstofffracht kommt beim Sylvensteinspeicher ungefähr der des Geschiebes gleich. Vorausgesetzt, der Verlandungsfortschritt bliebe immer gleich, ergibt sich eine theoretische Lebensdauer des Sylvensteinspeichers von rd. 500 Jahren [1].

Da die Isar den Speicher völlig geschiebefrei verläßt, ist ihr Transportvermögen ungesättigt. Um es wieder auszulasten, entnimmt sie Feststoffe aus der Flußsohle und gräbt sich dabei langsam ein. Diese Tiefenerosion wird durch die Auswirkungen von Teilregulierungen zwischen Fall und Bad Tölz noch verstärkt, die im wesentlichen zwischen den beiden Weltkriegen nach unterschiedlichen Baugrundsätzen und mit oft wenig glücklicher Hand ausgeführt worden sind. Der ganze Abschnitt ist heute durch Sohleneintiefungen gekennzeichnet.

Von Bad Tölz bis München-Bogenhausen

Die Stadt Bad Tölz betreibt seit 1961 bei Fl.km 199,0 ein Laufkraftwerk mit $30 \text{ m}^3/\text{s}$ Ausbauwassermenge. Die Anlage bewirkt keine Veränderungen des Isarabflusses, greift

aber stark in den Geschiebehaushalt ein. Der größte Teil der aus dem 25 km langen Abschnitt zwischen Sylvensteinsperre und Bad Tölz stammenden Geschiebemassen — gleichgültig ob es sich um erodierten Kies aus der Flusssohle oder um den Feststoffeintrag der Seitenbäche handelt — wird im Stauraum des Kraftwerks festgehalten und muß regelmäßig gebaggert werden. Unterhalb der Anlage wiederholt sich deshalb ein ähnlicher Vorgang wie in der Strecke zwischen Sylvensteinsperre und Bad Tölz: Die zunächst geschiebefreie Isar entnimmt dank ihrer überschüssigen Energie Feststoffe dem eigenen Bett. Die Eintiefung schreitet allerdings langsam voran, weil mehrmals steil gestellte Molasseriegel die Isar kreuzen, die dem Tiefenschurf Widerstand entgegensetzen. Ohne besonderen Einfluß auf die Bettbildung sind kleinere Teilregulierungen bei Unterleiten und Tattenkofen zwischen 1911 und 1938 geblieben.

Unterhalb der Tattenkofener Brücke (Fl.km 187,3) beginnt die Ascholdinger und Pupplinger Au, ein Gebiet, das vor einigen Jahrzehnten noch zu den letzten, von Menschenhand kaum berührten Wildflußlandschaften des bayerischen Oberlandes gezählt werden durfte. Das breite Flussbett war von vielen Einzelarmen und Rinnen durchzogen, die sich netzartig verzweigten, und meistens nach kurzem Lauf wieder vereinigten. Dazwischenliegende Kiesbänke wurden bei Hochwässern oft mehrmals im Jahr überschwemmt und umgelagert. Seltener überflutete, sich zu einem Terrassenbau ordnende Flächen beiderseits des Flussbetts gaben Raum für eine vielfältige Auenvegetation [28].

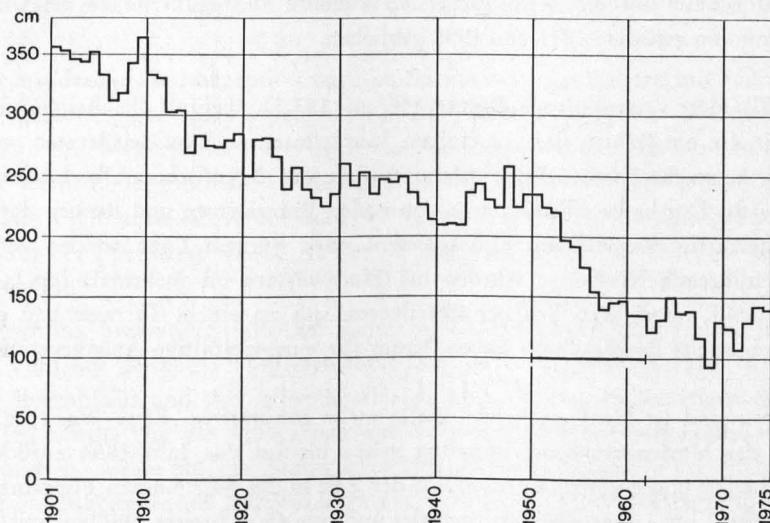
Der Urzustand ist heute an keiner Stelle mehr anzutreffen. Erste Wasserbauten zur Sicherung der Marienbrücke bei Puppling gehen bis auf das Jahr 1854 zurück. Später öfters beschädigt und ergänzt, entstand mit der Zeit in der sogenannten Pupplinger Regelung auf über 2 km Länge ein völlig gerades und nur 45 m breites Flussbett mit kräftiger Eintiefungstendenz. Ein grundlegender Gestaltwandel der übrigen Auenlandschaft wurde jedoch erst mit den Großwasserbauten im Isaroberlauf und den daran anknüpfenden Regimeänderungen eingeleitet. Ohne auf Einzelheiten der verwickelten Bettbildungs-gesetze einzugehen, seien lediglich die zwei Hauptursachen herausgestellt, die für den Zusammenbruch der den Flusscharakter bestimmenden Geschiebeumlagerung verantwortlich sind: Der ungenügende Geschiebezulauf und das Ausbleiben großer Hochwässer. Trotz der Minderung des mittleren Jahresabflusses oberhalb der Mündung des Loisach-Isarkanals auf etwa die Hälfte der natürlichen Größe übertrifft die Transportkraft der Isar die Widerstände des beweglichen Flussbetts, so daß es verbreitet zu Seiten- und insbesondere Tiefenerosionen kommt. Es gibt deshalb kaum mehr Verzweigungen, sondern nur mehr ein meistens gestrecktes Hauptgerinne ohne regelmäßig wasserführende Seitenarme. An die Stelle weitausholender Bögen sind teilweise scharfe Krümmungen getreten, besonders dort, wo die Ufer zum Schutz gegen Seitenerosion verbaut worden sind. Am weitesten fortgeschritten ist die Tiefenerosion im Mündungsbereich des im Zusammenhang mit dem Walchenseewerk erbauten, geschiebefreien Loisach-Isarkanals und in der Pupplinger Regelung, weil hier und dort das Mißverhältnis zwischen Energie der fließenden Welle und verminderter Geschiebezulauf am stärksten zur Wirkung kommt. Während sich die Isar fortgesetzt in die Grundmoräne eingräbt, rückt die Weiden-Tama-

riskenflur auf die ehemals blanken, nunmehr seltener überschwemmten Kiesbänke vor und verfestigt sie. An der weithin freiliegenden Oberkante der Würmgrundmoräne kann man Grundwasseraustritt beobachten [33].

Die Ganglinien der Jahresmittel und Jahresminima der Wasserstände am Pegel Puppling spiegeln die Einflüsse wider, die von der Pupplinger Regelung selbst und den Anlagen im Isaroberlauf ausgehen.

Fig. 1

Wasserstandsganglinien Pegel Puppling MW



Der steile Abstieg der Ganglinien am Anfang des 20. Jahrhunderts hat seine Ursache in der Pupplinger Regelung, die um 1910 verlängert und teilweise erneuert worden ist. Die Eintiefung in den Jahren nach 1923 findet ihre Erklärung im wesentlichen darin, daß das ehedem im Isarbett abfließende Wasser seinen Weg seither teilweise über den Loisach-Isar-Kanal nimmt und das überschüssige Transportvermögen mit örtlich aufgenommenen Feststoffen sättigt. Der nächste auffällige Abstieg der Ganglinien ist durch die Rißbachüberleitung in den Walchensee 1949 gekennzeichnet; sie verstärkt den schon 26 Jahre vorher grundgelegten Sohlenauszug im Bereich der Kanalmündung. Im Gegensatz zu den eben besprochenen Eingriffen lassen sich die Auswirkungen des Sylvenstein-Speichers und des Kraftwerks Bad Tölz wegen der Pufferwirkung der noch vorhandenen Geschiebevorräte zwischen Bad Tölz und Puppling an den Pegelganglinien weniger deutlich ablesen [28].

Von der Loisachmündung an ist die Isar ab 1854 in mehreren Bauabschnitten zusammenhängend reguliert worden. Doch sind es nicht so sehr die Korrektionsbauten, die die Flußlandschaft bis München umgestaltet haben, als die seit 1889 entstandenen Kanalkraftwerke, die das Mutterbett der Isar in den Ausnützungsstrecken ungefähr in der Hälfte des Regeljahres bis auf eine kleine Restwasserführung trockenfallen lassen. Beim

Ickinger Wehr zweigt rechts der erste Seitenkanal für das 1924 in Betrieb genommene Kraftwerk Mühlthal von der Isar ab. Bei Baierbrunn gelangt das ausgeleitete Wasser in die Isar zurück, wird aber nach nur 3 km Lauflänge am Wehr Höllriegelskreuth erneut dem Fluß entzogen, um die linksseitig gelegenen Kraftwerke Höllriegelskreuth, Pullach sowie die städtischen Südwerke I, II und III zu betreiben. Ein weiteres Wehr führt oberhalb der Großhesseloher Eisenbahnbrücke einen Teil des in der Isar verbliebenen Restwassers den Südwerken zusätzlich zu.

Die Wasserausleitungen konnten nicht ohne Folgen für den Geschiebehaushalt bleiben. Von Anfang an erwies es sich als notwendig, die Kiesmassen auszubaggern, die im Staubereich der Wehre liegenblieben. In neuerer Zeit fällt allerdings wesentlich weniger Baggergut an, weil die Geschiebezufluss aus dem Oberlauf der Isar aus den geschilderten Gründen ständig kleiner wird. Die Ausnützungsstrecken selbst wurden in Erosionsstrecken verwandelt.

Unser geschichtlicher Streifzug hat uns nun bis vor die Tore Münchens geführt. Die Entstehungsgeschichte der Wasserbauten im Stadtgebiet ausführlich zu beschreiben, ist an dieser Stelle wegen ihrer Vielfalt nicht möglich. Es sollen deshalb nur die wichtigsten Anlagen — losgelöst von ihrer genauen zeitlichen Reihenfolge — kurz erläutert werden. Beginnen wir mit den Hochwasserschutzbauten.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts besaß die Isar noch die für eine Umlagerungsstrecke typischen Merkmale: Breite Kiesflächen mit regellos sich verändernden Flußarmen ohne feste Begrenzung. Tief liegende Stadtteile wie das Tal, das Lehel und der Herzogpark waren hochwassergefährdet und hatten unter hohen Grundwasserständen zu leiden [9, 20].

Kaum ein größeres Hochwasser ging vorüber, ohne daß ein Brückeneinsturz zu beklagen gewesen wäre. Es wird berichtet, daß der Isarübergang an der Stelle der heutigen Ludwigsbrücke im 15. Jahrhundert nicht weniger als sechsmal zerstört worden ist. Als besonders schmerzliches Ereignis ist der Einsturz der 1760 erstmals in Stein erbauten Ludwigsbrücke beim Hochwasser am 13. September 1813 in die Stadtgeschichte eingegangen. Etwa 100 Schaulustige, die auf der Brücke standen, fanden dabei den Tod. Die Brücke an der Stelle der heutigen Prinzregentenbrücke fiel dem Hochwasser am gleichen Tag zum Opfer [11].

Angesichts solcher Bedrohungen durch die Naturgewalten wird es verständlich, daß die Menschen des heraufziehenden Industriealters alles daran setzten, den wilden Fluß zu bändigen. Der Baubeginn der sich über ein halbes Jahrhundert erstreckenden und auf $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ Höchstabfluß ausgelegten Hochwasserschutzanlagen darf um 1850 angesetzt werden. Oberhalb der Teilung der Isar in zwei Arme bei der Corneliusbrücke entstand von 1850 bis 1880 ein 145 m breites Hochwasserprofil rechts neben dem 45 m breiten Mittelwasserbett. Dieses setzt sich geradlinig als „Große Isar“ fort. Der zweite Arm, die „Kleine Isar“, führt rechts im Bogen um die Museums- und Praterinsel herum, bis beide unterhalb der Maximiliansbrücke sich wieder vereinen. Als Teilungsbauwerk dient das 120 m lange, 1902–1904 errichtete Cornelius-Streichwehr als Nachfolger des auf das

Jahr 1860 zurückgehenden, nach seinem Erbauer benannten Muffatwehres. Das Hochwasserprofil mündet über einen Absturz in die Kleine Isar. Um eine hauptsächlich zur Belebung des Stadtbildes erwünschte Mindestfüllung der Kleinen Isar auch in Trockenzeiten sicherzustellen, wurde 1934/35 oberhalb des Corneliusstreichwehres eine regulierbare Ausleitung erstellt. Zwischen Ludwigsbrücke und Praterinsel wurde um 1885 an Stelle einer schon lange vorher bestandenen hölzernen Konstruktion ein 160 m langes Bauwerk (Wehr VI) zur Wasserabkehr von der Großen in die Kleine Isar errichtet. Im Zusammenhang mit der noch zu besprechenden Umgestaltung der Stadtbäche hätte das Stauziel des Wehres vor einigen Jahren angehoben werden müssen. Noch ehe die erforderlichen Untersuchungen hierfür abgeschlossen waren, stürzte sein beweglicher Mittelteil beim Hochwasser im Juli 1965 ein. Man entschloß sich aus wasser- und städtebaulichen Gründen zu einem völlig neuen Entwurf der Anlage mit 9 Streichwehrfeldern mit je 12,7 m lichter Weite und einem oberstromigen kleineren Feld mit tiefliegender Krone, über das die Große Isar bei Niedrigwasser trockengelegt werden kann. Die neue Anlage hat ihre Bewährungsprobe längst bestanden.

Die Ufermauern zwischen der Maximilians- und Bogenhausener Brücke sind von 1893 bis 1904 errichtet worden, wie sie sich mit kleinen Ergänzungen in neuerer Zeit dem Auge des heutigen Betrachters darbieten.

Zu den ältesten Wasserbauwerken im Stadtgebiet zählt das in seiner heutigen Grundform bereits 1815 erbaute Praterwehr in der Großen Isar. Seine Aufgabe bestand ursprünglich darin in Zusammenspiel mit dem Wehr VI den notwendigen Wasserstand für das Ländgeschäft an der Unteren Länd zwischen Ludwigsbrücke und Praterwehr einzustellen sowie den durch München hindurch fahrenden Flößen einen gefahrlosen Abstieg in das tiefer liegende Unterwasser zu ermöglichen. Hinter dem Praterwehr befanden sich hölzerne Abstürze, an denen linksseitig eine Floßgasse entlangführte. Im Zusammenhang mit dem Neubau des Wehres VI und dem vorgesehenen Höherstau der Großen Isar mußte aus statischen Gründen auch das Praterwehr erneuert werden, ohne die Grundform zu ändern. Zunächst bestand die Absicht die Holzabstürze zu erhalten und über die Floßgasse ständig Wasser abzugeben. Bald zeigte sich jedoch, daß die Standsicherheit der linken Ufermauer infolge Tiefenerosion der Sohle durch den ins Unterwasser eintauchenden Schußstrahl des Floßgassenabflusses erheblich gefährdet war. Darüber hinaus bildeten sich bedenkliche Kolke hinter den hydraulisch mangelhaft wirksamen Abstürzen. Abhilfe konnte nur durch ein neues Gesamtkonzept der Bauwerke hinter dem Praterwehr geschaffen werden. Auf Grund von Modellversuchen der Versuchsanstalt für Wasserbau der TU München wurde schließlich 1971/72 ein in vier Stufen aufgelöster Absturz in Beton ohne Floßgasse errichtet [11].

Wenden wir uns nach der Betrachtung der Münchener Regulierungs- und Hochwasserschutzbauten noch kurz der Geschichte der Stadtbäche zu.

Ihre Anlage reicht wahrscheinlich bis ins 14. Jahrhundert zurück. Der rechtsseitige Mühlbach, der Auer Mühlbach, wurde am sog. Auer Senkbaum, dessen Entstehungszeit unbekannt ist, mit ca. $10 \text{ m}^3/\text{s}$ Isarwasser gespeist. Er belieferte mehrere kleine von ihm

abzweigende Werkkanäle und mündete bei der Kohleninsel wieder in die Isar [10]. Veranlaßt durch den Bau des Südwerks I mußte die alte Ausleitung 1906 aufgegeben und der Mühlbach über einen Düker vom Kraftwerksunterwasserkanal aus mit dem ihm zustehenden Wasser beschickt werden. Die starke Eintiefung der Isar unterhalb der Maximiliansbrücke bot 1893 die Gelegenheit den Mühlbach zu verlängern und seine Wasserkraft bei 4,8 m Fallhöhe im sog. Maximilianswerk zu nutzen [12]. Insgesamt versorgte der Auer Mühlbach 16 Triebwerke mit Wasser [21].

Links der Isar wurde beim Dreimühlen-Senkbaum (Fl. km 154,4) der 10 m³/s Wasser führende Dreimühlenbach ausgeleitet. Nach 2,3 km vereinigte er sich mit dem an den Thalkirchner Überfällen beginnenden Großen Stadtbach mit 34 m³/s Gesamtabfluß. Im Zug der Errichtung der Südwerke II und III wurde der Stadtbach zum Werkkanal mit rd. 70 m³/s Fassungsvermögen ausgebaut und gleichzeitig der Dreimühlenbach aufgelassen. Die Thalkirchener Überfälle dienen seither nur noch der Sohlenfixierung. Im weiteren Verlauf spaltete sich der Große Stadtbach in den Westermühlbach und in den Gewürzmühl- oder Pesenbach. Von beiden Gerinnen zweigten wiederum offene oder überbaute Kanäle ab, deren Einzelbeschreibung hier zu weit führen würde. Es sei lediglich angemerkt, daß an den Stadtbächen 1907 nicht weniger als 73 Anlagen gezählt wurden. Westermühl- und Gewürzmühlbach vereinigten sich wieder oberhalb des ehemaligen Brunnhauses im Englischen Garten und teilten sich unmittelbar darauf in den wie heute über die Kaskaden stürzenden linksseitigen Schwabinger Bach und den rechtsseitigen Eisbach. Beide Bäche erfahren im weiteren Verlauf mehrere Verzweigungen, die nicht weiter verfolgt werden sollen [10, 21].

Wegen des Baues der tief in den Untergrund einschneidenden U- und S-Bahntrassen wurde es notwendig, fast alle die Stadt durchziehenden Bäche aufzulassen. Um die Bäche im Englischen Garten nach wie vor mit Wasser zu versorgen, wurde ein neuer Einlauf oberhalb des Praterwehres geschaffen, in den 30 m³/s Wasser über das Gerinne des ehemaligen Gewürzmühlbaches abgeleitet werden. In Verbindung damit war im Südwerk III der Ablauf der sog. Stadtbachstufe auf die Isar umzuschalten.

Von München-Bogenhausen bis Landshut

Im Hinblick auf die unbefriedigenden Wasserverhältnisse in München wurde schon frühzeitig eine Korrektion der Isar unterhalb der Stadt ins Auge gefaßt. Wenn wir von einzelnen, vielleicht 300 oder mehr Jahre zurückliegenden Uferschutzbauten an der Bogenhausener Brücke absehen, ist der Beginn der ersten systematischen Regelung unter C. F. v. Wiebeking, dem Generaldirektor des Wasser-, Straßen- und Brückenbaues um 1806 anzusetzen. Wiebeking gab der Isar mittels von den Ufern aus vorgebauten Faschinienbuhnen, getragen vom Rationalismus der Aufklärung, von München bis Ismaning einen völlig geraden Lauf.

Die Bettbreite wurde bis zum Jahr 1861 von anfangs 93,8 m schrittweise bis auf 43,8 m eingeengt, um die Räumkraft und damit die Eintiefung der Isar zu verstärken. Zum Schutz der 1858 erbauten Äußeren Maximiliansbrücke erwies sich alsbald ein Stützwehr in der Kleinen Isar notwendig, war doch die mittlere Sohle im Jahr 1871 schon um 1,6 m

gesunken. Die Eingrabung der Sohle schritt weiter rasch fort und erreichte 1905 bei Unterföhring das beachtliche Maß von 5 m [27]. Erst nach der Errichtung des Oberföhringer Wehres 1920/24 fand in dessen Staubereich der längst schädlich gewordene Tiefenschurf ein Ende.

Verlassen wir an dieser Stelle vorerst das Isartal, um unsere Aufmerksamkeit den Kraftwerksanlagen der Mittleren Isar zuzuwenden. Zur Zeit der Ausführung den bedeutendsten und wirtschaftlich erfolgreichsten Ingenieurbauwerken Bayerns zugerechnet [42], ist der ehemalige Ruhm des Unternehmens wegen der nachteiligen Auswirkungen auf das Flussregime inzwischen stark verblaßt. Beim Oberföhriger Wehr werden bis 150 m³/s aus der Isar abgeleitet. Der Kanal durchzieht das Erdinger Moos und schmiegt sich im weiteren Verlauf an den Westrand der Altmoränen und dann des Tertiärhügellandes an. Entlang der Moosquerung begleiten ihn nördlich auf 7 km der 6,7 km² große Speichersee und südlich die Fischarten anlagen zur biologischen Reinigung der Münchener Abwässer. Nach dem ersten Bauabschnitt (1920—25) mit den Kraftwerken Finsing, Aufkirchen und Eitting endigte der Kanal oberhalb der Ortschaft Berglern. Das Betriebswasser stürzte durch Schützenöffnungen in den Semptflutdüker und floß von hier über den Semptflutkanal zur Isar zurück. Im zweiten Bauabschnitt (1926—29) wurde der Kanal in nordöstlicher Richtung weitergeführt, wobei der Strogenbach in einem mächtigen Bauwerk zu übersetzen war. Am Rand der alten Hochterrasse bei Pfrombach wurde die vierte Staustufe errichtet. Von dort nahm der Kanal seinen Weg zum 1907 erbauten, inzwischen stillgelegten alten Uppenbornwerk der Stadt München. Da seinerzeit schon die Absicht bestand, dieses Werk durch eine neue, 2 km kanalabwärts gelegene Anlage zu ersetzen, mußte mittels einer Gruppe verschiedener Bauwerke Vorsorge getroffen werden, Wasser einerseits vom Einlauf des alten Uppenbornwerks in den neuen Kanal, andererseits Wasser aus dem neuen Kanal ins Unterwasser des alten Uppenbornwerks einleiten zu können [23]. Im Jahr 1930 ging das neue auf 200 m³/s ausgebauten Werk (das heutige Uppenbornwerk I) in Betrieb. Außer dem Kanalwasser vom Pfrombach fließen ihm über die erwähnte Bauwerksgruppe bis 70 m³/s aus der am Moosburger Wehr gestauten Isar einschließlich der Amperüberleitung (max. 30 m³/s) zwischen Thonstetten und Moosburg zu. Das letzte Glied in der gesamten Kraftwerkstreppe bildet das nach dem 2. Weltkrieg fertiggestellte Uppenbornwerk II, die sog. Echinger Stufe, deren Unterwasserkanal wenige Kilometer oberhalb Landshut in die Isar mündet. Dank zweier Ausgleichsweiher kann das Werk I als Tagesspitzenwerk betrieben werden. Da der Kanal zahlreiche kleinere Bäche abschneidet, war es notwendig, ein eigenes Grabensystem als neue Vorflut anzulegen.

Doch wieder zurück zur Isar selbst.

Der eigentlichen Flussregulierung unterhalb Münchens waren, wenn wir von der Wiebeking'schen Korrektion einmal absehen, auf die örtlichen Bedürfnisse zugeschnittene Hochwasserschutzanlagen vorausgegangen. In der Regel handelte es sich um verhältnismäßig kurze Deiche ohne gegenseitige Verbindung, deren Bauzeit in die Mitte des 19. Jahrhunderts fällt. Der systematische Ausbau der Isar wurde erst mit den um 1880 einsetzenden Bauabschnitten in die Wege geleitet. Zunächst galt es das auf 43,8 m Breite eingeschnürte Flussbett auf 60 m zu erweitern, um die schädliche Eintiefung abzumindern. An Stelle

der im unteren Teil wieder verfallenen Wiebekingschen Regulierung erhielt die Isar von Unterföhring abwärts ein nach neueren Grundsätzen gestaltetes Bett mit wechselweisen Krümmungen und Gegenkrümmungen.

Die Technik der Flußregulierung war anfangs durch die am Rhein und anderen Strömen entwickelte Methodik gekennzeichnet:

Flußschleifen wurden durchgestochen; von beiden Seiten her ins Flußbett vorgetriebene Buhnen sollten den Fluß dazu zwingen, sich einzugraben und das Geschiebe in stillgelegte Arme und Altwässer zu verfrachten. Wie sich jedoch bald zeigte, führte dieses Verfahren an den gefällereichen bayerischen Gebirgsflüssen nicht zum Erfolg, da an den Buhnenköpfen große Kolke entstanden und unerträgliche Unterhaltungslasten verursachten. Man ging deshalb von der Jahrhundertmitte an dazu über, sog. Normallinien für die Ufer zu bestimmen und diese mit Leitwerken festzulegen. In der Sprache der Flußbauer ausgedrückt:

An die Stelle des offenen trat der geschlossene Ausbau. Dieses an sich richtige Verfahren war jedoch bei den oft großen zu beherrschenden Wassertiefen ziemlich aufwendig und erschwerete nachträgliche Änderungen der einmal gewählten Normallinien. Ein entscheidender Wandel trat ein, als der damalige Vorstand des Straßen- und Flußbauamtes Landshut, der Königliche Baurat August Wolf, eine Methode erfand, mittels an Holzgestängen aufgehängter Faschinenbündel die vom Fluß herangeführten Feststoffe gezielt zur Ablagerung zu bringen und damit die Anlage billigerer Leitwerke vorzubereiten. Die an der Isar entwickelten sog. Wolfschen Gehänge haben sich bewährt und in aller Welt Eingang in den Flußbau gefunden [18]. Zur abschließenden Festlegung der Uferdienten Faschinenbauten und Steinwürfe.

Außer der übermäßig gestreckten Regulierung sind für die bedenkliche Sohlenerosion der Ausbaustrecke noch zwei weitere Ursachen ins Feld zu führen: Die Untergrundverhältnisse und die unzureichende Geschiebezufuhr. Um 1880 war die alluviale Deckschicht namentlich im oberen Teil der Wiebekingschen Regulierung bis auf kleine Reste abgeräumt. Der freigelegte Flinz war nicht im Stand der Schleppspannung des Wassers genügend Widerstand entgegenzusetzen. Die Entwicklung wurde beschleunigt durch den geschwächten Geschiebezulauf, der seinerseits durch Kiesentnahmen weiter oberhalb, hauptsächlich bei den Thalkirchener Überfällen, bedingt war. Ab 1888 suchte man der Eintiefung durch den Bau von Grundschwällen entgegenzuwirken. Nachdem das Hochwasser im September 1899 nochmals größere Kiesmassen angehäuft hatte, konnte die Stützung der Sohle auf ein Jahrzehnt unterbrochen werden. Bis 1933 war es jedoch notwendig geworden, die Sohlensicherung einschließlich der 1924/25 errichteten Stützwehre bei Ismaning und Unterföhring über Grüneck hinaus fortzusetzen [12].

Von insgesamt 56 Grundschwällen sind 12 im Stau des Oberföhringer Wehres untergegangen; die restlichen 44 Bauwerke erstrecken sich vom Wehr bis Achering.

Der Kiesabtrag aus der Eintiefungsstrecke bewirkte Anlandungen und zunehmende Hochwassergefahren in der Freisinger Gegend. Abhilfe wurde geschaffen durch die sich von 1880 bis 1914 hinziehenden Ausbauten zwischen Grüneck und Oberhummel, sowie

durch Kiesentnahmen, vorwiegend für die Schüttung von Hochwasserdeichen. Etwa seit 1930 besteht auch hier Eintiefungstendenz, da die Geschiebevorräte oberstrom fast ganz aufgebraucht sind.

In Richtung Moosburg schlossen sich ab 1893 weitere Regelungen an, gefolgt von der Ergänzung älterer Hochwasserschutzanlagen. Der Flussausbau bis zur Bezirksgrenze Ober-/Niederbayern war gegen 1920 beendet; der im Zusammenhang mit dem Uppenbornwerk stehende Deichbau wurde 1927 abgeschlossen. Erheblichen Einfluß auf die Gestaltungsvorgänge der Isar im Moosburger Raum hatte das 1906/8 erbaute Uppenbornwehr. Während oberhalb beträchtliche Anlandungen zu verzeichnen waren, tiefte sich die Isar im Unterwasser infolge des Geschiebedefizits so sehr ein, daß 1917 zur Stützung der Ampersohle vor der Mündung in die Isar nach der Volkmannsdorfer Brücke ein Wehr erbaut werden mußte. Seit das alte Uppenbornwerk stillgelegt ist und die Rückgabe des geschiebefreien Werkwassers unterbleibt, hat sich die Sohle wieder beruhigt. Als weiterer, allerdings nur ca. vier Jahre dauernder Eingriff in den Feststoffhaushalt erwies sich die bereits erwähnte provisorische Rückleitung des Betriebswassers der Kraftwerke der Mittleren Isar über dem Semptflutkanal in die Isar. Es gab hier, ähnlich wie es beim Loisach-Isar-Kanal noch immer zutrifft, plötzlich einen durch das schwache Geschiebedeckungsangebot nicht zu sättigenden Überschuß an Transportvermögen, der zu ausgiebigen Kiesumlagerungen führen mußte. Mit anderen Worten, die Isar tiefte sich zunächst örtlich, dann flussaufwärts fortschreitend ein und verfrachtete gleichzeitig das erodierte Material in den Stauraum des Uppenbornwehres.

Zu den ältesten Regelungen im Bezirk Niederbayern gehört der 1852 ins Werk gesetzte Hofhamer Ausbau. Anfangs nicht systematisch betrieben, dehnten sich die Arbeiten über 20 Jahre aus, bis der Abschnitt Hofham—Landshut 1875 fertiggestellt war. Im Jahr 1890 wurde die Lücke zwischen der oberbayerischen Regelung und Hofham geschlossen. Wegen des Mißverhältnisses zwischen Profilbreite und Restabfluß hat sich im Flussbett bis zur Gegenwart eine Art Sekundärgerinne mit meistens scharfen Krümmungen und unruhiger Laufentwicklung gebildet.

In der Stadt Landshut gabelt sich die Isar seit Menschengedenken ähnlich wie in München in zwei Arme: Die Große und die Kleine Isar, doch mit dem Unterschied, daß die Namen vertauscht sind. In München bildet die Kleine Isar den rechten, in Landshut den linken Arm. Ein befestigter Brückenkopf bestand nach dem Zeugnis der Historiker sicher schon lange vor der auf 1204 datierten Stadtgründung durch Ludwig den Kelheimer. Endgültig festgelegt wurden die Flussbetten wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Aufstau der Großen Isar durch ein erstmalig 1338 urkundlich erwähntes Wehr, den Vorgänger des späteren Maxwehres. In die gleiche Zeit (1338—41) fällt der Mühlendurchstich von der Großen zur Kleinen Isar [45]. Den Abzweig der Kleinen Isar gegenüber der alten Lände — das heutige Ludwigswehr — haben wir uns als einfaches Streichwehr vorzustellen, wie es z. B. die bekannte Stadtansicht von Matthäus Merian d. Ä. von 1644 zeigt. In den folgenden Jahrhunderten vermutlich öfters umgebaut und erneuert, erhielt das Maxwehr 1810 unter Wiebekings Leitung eine neue, dem damaligen Stand der Technik angemessene Gestalt mit 6 durch Schützen verschließbaren Öffnungen und einer

Floßgasse. Es diente zur Stauhaltung für die Landshuter Triebwerke und hatte Bestand bis 1953. Die unregelmäßig aufgeführten Ufermauern längs der Großen Isar sind bis zur Gegenwart größtenteils durch Stahlspundwände mit Kronen aus Mauerwerk oder Beton ersetzt worden [32].

Landshut hatte früher wie kaum eine andere Stadt immer wieder unter Überschwemmungen seiner niedrig gelegenen Teile zu leiden. Anfangs des 19. Jahrhunderts suchte man der Bedrohung der Gebiete nördlich und nordwestlich der Stadt durch den Bau des sog. Schwaigerdammes zu begegnen. Der Erfolg war mäßig, denn die Aufnahmefähigkeit der Isararme und der ehemaligen städtischen Flutmulde — dem heutigen Stadtpark — war den Fluten nicht gewachsen. Einen ersten Schritt für eine verbesserte Lösung bedeutete die Anlage der nördlichen und südlichen Bahnhofsflutmulde zum Schutz des 1878 eröffneten neuen Hauptbahnhofes nördlich der St. Nikolavorstadt. Aber alle Forderungen, das Unternehmen weiterzuführen, scheiterten selbst unter dem Eindruck der Hochwasserkatastrophen von 1899 und 1940 an den hohen Kosten. Erst nach dem Zusammenbruch 1945 gelang es das Werk zu vollenden. Dem heutigen Leser mag das erstaunlich erscheinen, doch trug gerade der Notzustand der Nachkriegszeit wesentlich zum Gelingen des Unternehmens bei, das in besseren Zeiten geplant, aber nicht ausgeführt worden war: Die Kriegszerstörungen am alten Ludwigswehr und an den Isarbrücken forderten rasches Handeln; die angesichts der Stromnot vordringlich gewordenen Kraftwerksbaupläne der Stadt München (Uppenbornwerk II) sowie der Bayernwerk AG an der Unteren Isar konnten auf Grund eines übergeordneten Gesamtkonzepts in den Dienst der Hochwasserfreilegung gestellt werden.

Das Kernstück des Unternehmens bildet eine $400 \text{ m}^3/\text{s}$ Wasser fassende Flutmulde, die rd. 4 km oberhalb des Ludwigswehres links von der Isar abzweigt und in die erweiterte südliche Bahnhofsflutmulde übergeht. Als Vorflut dient die von der Mündung an auf $900 \text{ m}^3/\text{s}$ Abfuhrvermögen ausgebauten Kleine Isar. Da das Projekt unter Berücksichtigung des Sylvensteinspeichers auf $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ Hochwasser abgestellt ist, muß das Isarbett oberhalb der Stadt nach Abzug des Flutmuldenabflusses $900 \text{ m}^3/\text{s}$ abführen können. Es erhielt die geforderte Leistungsfähigkeit durch eine Sohlenvertiefung um durchschnittlich einen Meter, wobei sich gleichzeitig ein beträchtlicher Gewinn an Fallhöhe im Uppenbornwerk II ergab. Im Stadtgebiet nimmt das Ludwigswehr eine Schlüsselstellung bei allen hydraulischen Überlegungen ein. Als erster Bauteil der Hochwasserfreilegung wurde deshalb 1947 anstelle des kriegszerstörten Streichwehres ein regulierbares Klappenwehr erbaut, mit dem das ankommende Hochwasser im vorgesehenen Verhältnis 4:5 auf die Große und Kleine Isar verteilt werden kann. Auch das alte Maxwehr war baufällig geworden und hätte über kurz oder lang erneuert werden müssen. Im Zuge der Hochwasserfreilegung bot sich die Gelegenheit ein dreifeldriges Schützenwehr mit einem Kraftwerk zu errichten. Es ging 1955 in Betrieb [41].

Außer einer Vertiefung des Maxwehrunterwassers bedurfte die Große Isar keiner wesentlichen Veränderungen. Die Kleine Isar wurde zwischen dem Ludwigswehr und der Flutmulde einmündung im alten Zustand belassen. Erhöhte Beaufschlagung über das Ludwigswehr und das vergrößerte Fließgefälle infolge des Ausbaues im unteren Teil

bewirkten jedoch einen starken Sohlenauszug, der vor einigen Jahren Anlaß gab, einen Steinteppich als Erosionsschutz zu verlegen. Weitere Vorkehrungen gegen die Eintiefung werden in Zukunft erforderlich werden.

Von der Vereinigung der Großen und Kleinen Isar an wurde das Flußbett auf den gesamten Hochwasserabfluß von $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgebaut. Im Zusammenhang damit war das sog. Albinger Wehr, von dem noch die Rede sein wird, um 1,5 m zu erniedrigten. Das Wehr markiert den Übergang zu den Staustufen der Unteren Isar, wenngleich deren Rückstau sich aufwärts bis ins Stadtgebiet erstreckt.

Neben diesen wichtigsten Bauteilen gab es noch eine Reihe von Folgemaßnahmen abzuwickeln, wie z. B. die Pfettrachregulierung zwischen Altdorf und Landshut und die Verlängerung des Hammerbaches einschließlich der notwendigen Dammbauten.

Von Landshut bis zur Mündung

Infolge natürlicher Geschiebeumlagerungen befand sich die Untere Isar schon zu Beginn des vorigen Jahrhunderts in einem Zustand, der für die intensiver werdende Landwirtschaft und die wachsenden Verkehrsbedürfnisse als großes Hindernis empfunden wurde. Die Verhältnisse wurden unerträglich, als die Flußregelungen oberhalb Landshut der Unteren Isar zusätzliche Feststoffmassen zuführten. Der an sich schon zur Anlandung neigende Fluß konnte diese nicht mehr bewältigen und zwang zur Regelung. Die Arbeiten wurden 1860 zwischen Wörth und Pilsting aufgenommen, gingen aber nur schleppend voran und kamen erst um 1905 zum Abschluß. Rascher verliefen die 1880 begonnenen Regelungen von Landshut bis Wörth und von Pilsting bis zur Mündung, die beide um die Jahrhundertwende fertig geworden sind. Die Isar war somit 1905 von Landshut bis zur Mündung durchgehend ausgebaut. Als Folge der Regelungen setzten alsbald lebhafte Umbildungsvorgänge ein, die grob gesprochen von Landshut an abwärts zur Eintiefung, im Abschnitt von Mamming bis zur Mündung zu Anlandungen führten. Genaue Aussagen können auf die Beobachtungen der bereits 1826 gesetzten Pegel Dingolfing, Landau und Plattling sowie auf wiederholte Messungen des Niedrigwasserspiegels gestützt werden. Von einem Beharrungszustand kann während der ganzen Beobachtungsdauer nicht die Rede sein.

Schon um die Jahrhundertwende hatte sich die Ausbaustrecke zwischen Landshut und Wörth so stark eingetieft, daß der Bau eines Stützwehres bei Fl. km 70, das Albinger Wehr, erforderlich wurde, um ein Übergreifen des Tiefenschurfs auf die Isar im Stadtgebiet zu verhüten. Die Absturzhöhe der 1912/16 erbauten Anlage betrug ursprünglich 2,45 m, 1948 war sie bereits auf 4,5 m angewachsen. Da die Flügel nicht an hochwasserfreies Gelände angeschlossen waren, ist das Wehr bei den Hochwassern 1924 und 1940 schwer beschädigt worden. Die Instandsetzung 1941/43 kam einem Neubau gleich.

Das Albinger Wehr hatte nicht nur die Aufgabe einen weiteren Sohlenauszug zu unterbinden, sondern auch einen geregelten Wasserbezug der Triebwerke an den beiderseits abzweigenden Mühlbächen sicherzustellen. Vorher gab es nur wilde Anstiche, die wegen der Isareintiefung längst trocken gefallen waren und die Triebwerke in Not brachten.

Richten wir an dieser Stelle unseren Blick kurz in die fernere Vergangenheit, um zu erfahren, wie die Mühlbäche wohl entstanden sind. Ortsfeste Triebwerke konnten im Hinblick auf die fortgesetzten Veränderungen der Rinnen an der Isar nicht errichtet werden. Man behelft sich deshalb mit Schiffsmühlen. Sie schwammen im Wasser, wurden durch die fließende Welle angetrieben und mußten ihre Lage wiederholt wechseln, wie es die Strömung eben erforderte. Bei Hochwasser waren die Mühlen der Gefahr ausgesetzt losgerissen zu werden oder nach dem Ablauf auf dem Trockenen zu sitzen. Es wurden Umfahrten nötig, die gewöhnlich lange Streitigkeiten nach sich zogen. Außerdem gefährdeten die Schiffsmühlen die Floßfahrt. Kein Wunder, daß die Schiffsmüller alles dransetzten, ihre Anlagen auf festes Land zu verlegen und für dauernde Wasserzufuhren zu sorgen. Durch Verbindung, Ausbau und Abschluß geeigneter Nebenarme der Isar entstand im Lauf der Zeit eine Reihe von Mühlbächen, deren Grundriß noch jetzt auf ihren Ursprung hinweist. Die ältesten Anlagen sind schon im 16. Jahrhundert urkundlich belegt [31].

Vor 30 Jahren gab es im Bereich der Unteren Isar 9 Mühlbäche mit zusammen 46 Triebwerken; 4 Bäche bestehen noch, darunter als längster und wichtigster der Längenmühlbach, der die Isar von Altheim bis Plattling begleitet.

Ein neuer Abschnitt in der Flussgeschichte begann nach dem Zweiten Weltkrieg: Die Wasserkraft der Unteren Isar sollte in einer 9 Stufen umfassenden, spitzenfähigen Kraftwerkstreppe mit $270 \text{ m}^3/\text{s}$ Ausbauwassermenge genutzt werden. Die beiden obersten Stufen Altheim und Niederaichbach konnten nach zweijähriger Bauzeit 1951 in Betrieb gehen. An Stelle des um 1,5 m erniedrigten und funktionslos gewordenen Albinger Wehres bildet nunmehr die Stauanlage Altheim die Erosionsbasis für die Isar in Landshut. In den Jahren 1955–57 folgten die Stufen Gummering und Dingolfing, dann kam der Wasserkraftausbau aus Gründen der Wirtschaftlichkeit zum Erliegen.

Durch den Einstau der Kraftwerke wurde der ohnehin geschwächte Geschiebetrieb völlig unterbrochen. Die Isar ist seither gezwungen, ihr Transportvermögen durch Kiesaufnahme aus dem eigenen Bett der rd. 45 km langen Strecke zwischen Dingolfing und der Mündung auszulasten. Am stärksten wirkt die Tiefenerosion immer am oberen Ende des betroffenen Abschnitts und klingt nach unten keilförmig aus. So kam es, daß der Niedrigwasserspiegel bei Dingolfing in weniger als 20 Jahren um rd. 3 m abgesunken ist.

Knapp unterhalb der Dingolfinger Brücke befindet sich in der Flusssohle ein Kolk, dessen Entstehung im Flussbett liegende Trümmer der 1945 zerstörten Brücke begünstigt haben mögen.

Als der Sohlenauszug immer bedenklicher wurde, ging man daran, zum Schutz gegen weiteres Rückschneiden Steine in die Isar zu werfen. Mit der Zeit entwickelte sich daraus eine steinerne Sohlrampe, über die das Wasser hinwegschießt. Wegen der ungenügenden Energieumwandlung des ins Unterwasser eintauchenden Strahles ist der Kolk unterdessen 19 m tief geworden.

Die Eintiefung wäre nicht so schnell vor sich gegangen, hätte nicht die Isar beim Hochwasser 1965 die alluviale Deckschicht auf einige Kilometer Länge abgeräumt und in den darunter anstehenden Flinz tiefe Rinnen geschürft. Während Flinzmergelschichten der Erosion besser standhalten, ja sogar die Sohle vorübergehend festlegen können, bieten sandige Bildungen wenig Widerstand und werden bei Schleppspannungen, wie sie bei Hochwasser auftreten, in größeren Mächtigkeiten abgetragen.

Außer dem fehlenden Geschiebezulauf beruht die Isareintiefung noch auf einer anderen Ursache: Den Kiesbaggerungen. Vom Beginn des 20. Jahrhunderts an bis 1949 wurden oberhalb Plattling nur verhältnismäßig kleine Mengen zur Deckung des örtlichen Kiesbedarfes entnommen. Unterhalb Plattling wurden bereits in den Jahren 1928, 37, 47 und 48 ausgiebige Baggerungen notwendig, um der Verschärfung der Hochwassergefahr infolge fortdauernder Auflandung der Mündungsstrecke entgegenzuwirken. Ab 1949 wurden die Entnahmen auch auf den Flussabschnitt bis Fl. km 40 oberhalb Mamming ausgedehnt. Das Baggergut diente hauptsächlich zum Bau neuer und zur Ergänzung alter Hochwasserdeiche entlang der Isar. Allein zwischen 1949 und 1955 wurden mehr als $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Kies aus der Isar gefördert [8]. Die Entnahmen erbrachten zwar augenblicklich den gewünschten Erfolg, erwiesen sich aber bald als zu scharfer Eingriff in den Geschiebehaushalt, denn sie entzogen dem Fluss vorzeitig einen Teil seiner Feststoffvorräte, die er jetzt zur Auslastung des Transportvermögens bräuchte. Ferner ist zu bedenken, daß die Einspannung des gesamten Hochwasserabflusses in den engen Raum zwischen den Deichen die Räumkraft verstärkt hat. Bis auf einen Restabschnitt im Mündungsbereich ist somit die ganze Untere Isar zur Eintiefungsstrecke geworden. Da gleichzeitig das Grundwasser im Isartal wegen der Erniedrigung der Vorflut sinkt, ist ein Teil der als Fischgründe geschätzten und ein wichtiges Element der Auenlandschaft bildenden Altwässer entweder schon ausgetrocknet oder vom Untergang bedroht; die Reste der noch bestehenden Auwälder werden in eine ungünstige Entwicklung gedrängt.

Dem Flussbau erwächst die Aufgabe, der unerwünschten Eintiefung der Unteren Isar in naher Zukunft einen Riegel vorzuschieben. Der zunächst naheliegende Gedanke, den Staustufenausbau nach dem ursprünglichen Konzept fortzusetzen, wird aus mehreren Gründen nicht weiter verfolgt. Um den am meisten gefährdeten Bereich unterhalb Dingolfing rasch in den Griff zu bekommen, wird gegenwärtig bei Gottfrieding ein Stützwehr mit aufgesetzten Stauklappen und einem auf mittleres Niedrigwasser ausgelegten Kraftwerk errichtet. Über den weiteren Fortgang der korrigierenden Baumaßnahmen sind bislang keine Entscheidungen getroffen worden.

Es darf nicht übersehen werden, daß die gegenwärtigen Wassernutzungen das Ergebnis jahrhundertelanger Entwicklungsvorgänge darstellen, die aufs engste mit der allgemeinen Kultur- und Zeitgeschichte verwoben sind. Auch wenn wir heute manche Eingriffe als schmerzlich empfinden und lieber unausgeführt sähen, müssen wir sie annehmen als gewachsene Strukturen, die auf andere Lebensbereiche ausstrahlen und neue Ökosysteme begründen. Es kann deshalb keine Rückkehr zum unberührten Naturzustand geben, sondern nur Fortentwicklungen, die an das einmal Gewordene anknüpfen. Die Flussgeschichte der Isar ist noch nicht zu Ende geschrieben.

4. Abfluß und Güteeigenschaften

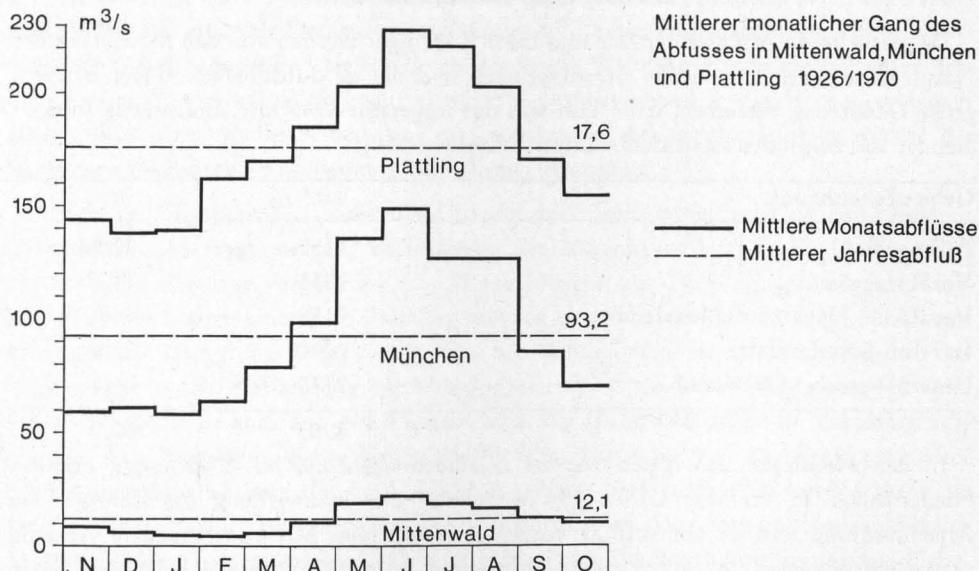
Die natürlichen Abflüsse der Isar und ihrer Zubringer werden von den Eigenarten der Naturräume geprägt, in denen sie entspringen und die sie durchfließen. Wenn wir eine grobe Gliederung versuchen, dann läßt sich das insgesamt 8965 km² umfassende Fließgebiet der Isar folgenden Landschaftsräumen zuordnen [44]:

Gebietsbezeichnung	km ²	%
Alpengebiet	1150	12,9
Voralpengebiet	1055	11,7
Voralpines Hügel- und Moorland	2150	24,0
Isar-Inn-Schotterplatte	2240	25,0
Unterbayerisches Hügelland	2370	26,4
	8965	100,0

In den Hochlagen der Alpen werden Niederschlagshöhen bis 2000 mm/a erreicht. Niederschläge in ähnlicher Größe gibt es infolge der Stauwirkung des Gebirges am Alpennordrand und im unmittelbar vorgelagerten Gebiet. Mit zunehmendem Abstand vom Gebirge sinken die gemessenen Jahreswerte rasch ab. Während beispielsweise in Bad Tölz 1560 mm/a zu verzeichnen sind, fallen in München nur noch 910, in Landshut 722 mm Jahresniederschlag; das gesamte Gebietsmittel beträgt 1167 mm/a. Im Gebirge und am Alpenrand entspricht der Jahrestyp des Niederschlags dem alpinen Typ mit hohem Sommermaximum und einem weniger hervortretenden Sekundärmaximum im Winter. In abgeschwächter Form gilt der alpine Typ auch für den Mittel- und Unterlauf der Isar.

Die mittleren Abflußganglinien der Isar zeigen eine ähnliche Gestalt wie die des Niederschlags. Sie werden jedoch überlagert durch die hydrologischen Eigenschaften der Teileinzugsgebiete, wobei insbesondere der Abflußverzögerung durch Wasserrückhalt Bedeutung zukommt. Im alpinen Teil wird im Winter der Niederschlag in Form von Schnee gespeichert. Die bis in den Frühsommer andauernde Schneeschmelze läßt den Abfluß auch in niederschlagsarmen Perioden anschwellen (vgl. Fig. 2 Pegel Mittenwald). Weiter flußabwärts verwischt sich der Einfluß der Schneeschmelze zusehends, während Starkregen infolge von sommerlichen Staulagen am Alpenrand stärker zur Geltung kommen (Fig. 2 Pegel München). Nicht zu übersehen ist die ausgleichende Wirkung der Münchener Schotterebene als Grundwasserspeicher. Auf einer Fläche von rd. 500 km² rechts und 250 km² links der Isar gibt es so gut wie keine natürlichen Bäche, dafür unter der Flur ergiebige Grundwasserströme. Wo die Schotter nördlich von München über der tertiären Unterlage auskeilen, haben sich infolge des zutage tretenden Grundwassers ausgedehnte Niedermoore gebildet, das Erdinger und Dachauer Moos. Soweit dem Grundwasser nicht künstlich durch Entwässerungen ein anderer Weg gewiesen wird, fließt es unmittelbar der Isar zu und bewirkt, daß diese unterhalb Münchens auch in Trockenzeiten noch einen beachtlichen Abfluß aufweist. Auch die Loisach erhält bei Oberau einen kräftigen Grundwasserzuschuß. Steht beim Grundwasser der langfristige Abflußausgleich im Vordergrund, schlägt bei den Seen, dem Kochel- und Ammersee, die Dämpfung kurzauernder Hochwasserspitzen stärker zu Buche. Beim Ammersee entspricht z. B. die

Fig. 2



Spiegeldifferenz zwischen Mittelwasser und mittl. Niedrigwasser einem Speichervolumen von $16,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Im Bereich des Niederbayerischen Hügellandes verdunstet weit mehr als die Hälfte der ohnehin mäßigen Jahresniederschlagshöhe, so daß dieser Landschaftsraum zum Isarabfluß einen nur bescheidenen Beitrag liefert (Fig. 2 Pegel Plattling). Trotzdem zählt die Isar mit einem mittleren Abflußkoeffizienten von 55 % zu den wasserreichsten Flüssen Bayerns [2, 18].

Ein genaueres Bild als die Mittelwasserganglinien vermitteln die sog. Hauptzahlen*. Eine Auswahl ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt [2].

	Isar bei Mittenwald	Isar bei München	Isar bei Plattling	Loisach bei Schlehdorf	Amper bei Inkofen
Einzugsgebiet (km^2)	400	2814	8839	640	3043
Abflüsse (m^3/s)					
MNQ	4,14	36,6	96,6	8,9	23,3
MQ 1926/70	12,1	92,2	176	23,8	43,1
MHQ	56	404	553	155	140
HHQ	163	1440	1360	334	300
Abflußspenden (l/s km^2)					
MNq	10,3	13	10,7	13,9	7,7
Mq 1926/70	30	33	20	37	14
MHQ	140	144	63	242	46
HHq	408	512	154	522	99

*) Für Leser, die mit gewässerkundlichen Begriffen nicht vertraut sind, sei kurz erläutert, was man unter den angegebenen Hauptzahlen versteht:

MNQ: Mittleres Niedrigwasser = arithmetisches Mittel der Niedrigstwerte verschiedener Abflußjahre, hier 1926/70

MQ: Mittelwasser = arithmetisches Mittel aller Hauptbeobachtungen im betrachteten Zeitraum 1926/70

MHQ: Mittleres Hochwasser = arithmetisches Mittel der Höchstwerte verschiedener Abflußjahre, hier 1926/70

HHQ: Überhaupt bekanntes höchstes Hochwasser

Unter Abflußspenden (q) versteht man die durch die Fläche des topografischen Einzugsgebietes geteilten Abflüsse. Analog zu den Hauptzahlen der Abflüsse lassen sich auch Hauptzahlen der Abflußspenden bilden.

Bezeichnend für die Gebietsmerkmale sind besonders die Hochwasserabflüsse und -spenden. Die Zahlen für die Isarpegel Mittenwald und München sowie den Loisachpegel verraten ausgesprochenen Gebirgscharakter, während beim Pegel Plattling der Einfluß der außeralpinen Landschaftsräume deutlich durchschlägt. Auf ihrem Weg von München bis zur Mündung verflacht sich die Hochwasserwelle so sehr, daß die Abflußspende auf weit weniger als die Hälfte zusammenschrumpft. Noch stärker unterdrückt sind im Unterlauf der Amper die alpinen Eigenschaften der Ammer und ihrer Zubringer, wobei vornehmlich der Ammersee, aber auch andere Retentionsbecken ihren Teil dazu beitragen.

Von den in der Tabelle genannten Stationen sind die Pegel München und Plattling durch künstliche Ausleitungen beeinflußt. Diese Tatsache ändert jedoch nichts an der grundsätzlichen Zuordnung der Meßstellen zu den durch die Hauptzahlen umschriebenen Regimtypen.

Um ein vollständiges Bild der Abflußverhältnisse zu zeichnen, ist es unerlässlich, den künstlichen Zu- und Ableitungen einige Bemerkungen zu widmen, zählt die Isar doch zu den wasserwirtschaftlich besonders stark beanspruchten bayerischen Flüssen. Es bedürfte weit ausholender Erklärungen, wollte man alle Wasserausleitungen und Rückführungen einzeln beschreiben. Soweit es im Zusammenhang mit den flußgeschichtlichen Betrachtungen erforderlich war, wurden die wichtigen Abzweige ohnehin bereits erwähnt. Um eine Gesamtübersicht zu vermitteln, wurden in einem schematischen Schaubild, bezogen auf Mittelwasser, alle bedeutenden derzeit wirksamen Zu- und Ableitungen dargestellt (Fig. 3). Wie daraus zu ersehen ist, fließt auf lange Strecken mehr Wasser in Seitengerinnen als im Flußbett selbst. Ein noch ungünstigeres Verhältnis ergäbe sich, würde man ein ähnliches Schema für Niedrigwasser zeichnen.

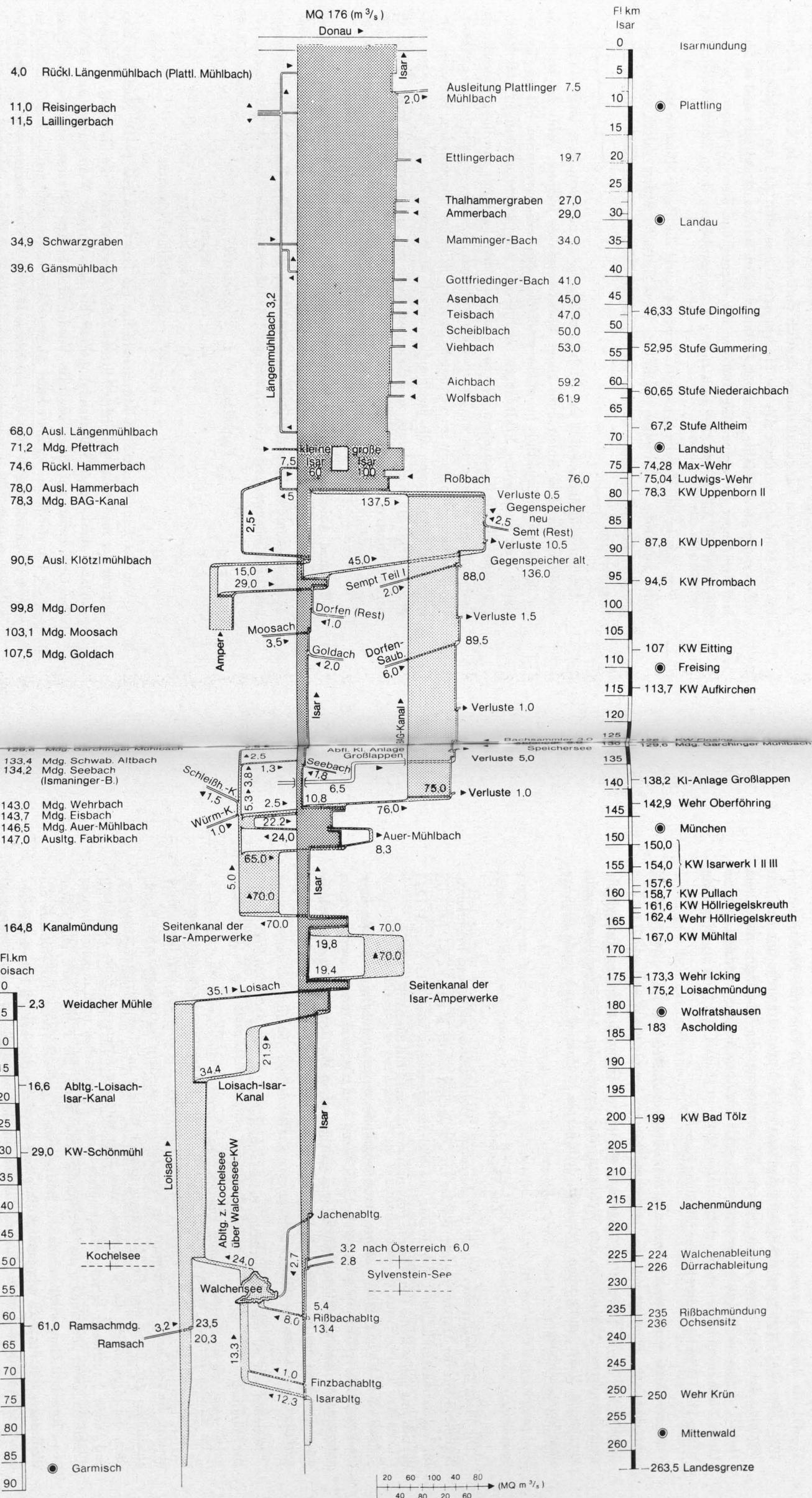
Zu- und Ableitungen stehen in enger Beziehung zu den Güteeigenschaften der Isar. Abwassereinleitungen beeinträchtigen das Gütebild um so mehr, je geringer das Verdünnungsverhältnis am Ort der Zuführung ist. Nach der üblichen Einteilung unterscheidet man bei Fließgewässern 4 Güteklassen mit 3 Zwischenstufen:

Gütekasse	I	unbelastet
"	II	mäßig belastet
"	III	stark verschmutzt
"	IV	übermäßig verschmutzt

Von der Landesgrenze bis Mittenwald hat die Isar Gütekasse I—II. Nach der Einleitung der mechanisch geklärten Mittenwalder Abwässer sinkt die Güte auf III, erholt sich aber dank hoher Selbstreinigungskraft bis zum Krüner Wehr wieder auf II. Von den Grundwasseraufstößen oberhalb Vorderriß über den Sylvensteinspeicher bis Fleck ist die Isar der Klasse I zuzurechnen. Mehrere Abwassereinleitungen bis Bad Tölz bringen soviel Schmutzlast, daß die Güte auf Klasse II fällt. Seit die mechanischbiologische Kläranlage von Bad Tölz in Betrieb ist, haben sich die Verhältnisse unterhalb der Abwassereinleitung, wo früher Klasse IV zu verzeichnen war, erheblich gebessert. Im weiteren Verlauf bis über die Ampermündung hinaus behält die Isar Klasse II bei, während der

Fig. 3

Banddarstellung des Mittelwassers der Isar und ihrer wichtigsten Seitengewässer



Speichersee und Kanal der Mittleren Isar die Hauptlast der Abwasser Münchens und der östlichen Randgemeinden zu verdauen haben. Die Gütekasse ist je nach der Jahreszeit entsprechend schlecht (in der Regel III) und erholt sich erst im untersten Teil auf II—III, da der Kanal weniger Selbstreinigungsvermögen als eine freie Flussstrecke besitzt. Von der Vereinigung des Unterwasserkanals des Uppenbornwerks mit der Isar bestimmt der Kanal wegen seines größeren Wasserreichtums die Wassergüte mit Klasse II—III, die bis zur Einleitung der mechanisch geklärten Abwässer von Landshut erhalten bleibt. Nach einem kurzen stark verschmutzten Abschnitt (Klasse III) folgt bis Dingolfing Klasse II—III und von dort bis zur Mündung Klasse II.

Hinter dieser trockenen Beschreibung der Güteeigenschaften der Isar verbergen sich jahrzehntelange Bemühungen, die dem Fluss überantworteten Schmutzmengen zu vermindern und so die Wasserverunreinigung in erträglichen Grenzen zu halten. Es bedürfte einer gesonderten Abhandlung, den Werdegang der bestehenden Abwasseranlagen nachzuzeichnen. Vieles wurde schon verbessert, doch harren in Zukunft noch große Projekte ihrer Verwirklichung.

5. Zur Vegetation

Die Flora des Isargebietes wurde in zahlreichen Publikationen eingehend beschrieben. Beginnend mit der Darstellung der Wälder im Quellgebiet durch *Vareschi* [40] bis zur vegetationskundlichen Untersuchung des Mündungsbereiches von *Linhard* [24] hat sich eine ganze Reihe von Autoren botanisch mit diesem Fluss beschäftigt.

Auch *Micheler* gibt in seiner Isarmonographie einen ausführlichen Bericht über die Vegetationsverhältnisse an unserem Fluss. Wenn hier trotzdem dieses Kapitel erneut aufgeschlagen werden soll, so deshalb, weil sich gerade in den letzten zwanzig Jahren einige Dinge an der Isar ereignet haben, die sich entscheidend auf die Vegetation ausgewirkt haben und noch auswirken werden.

Begleiten wir zu dieser neuerlichen Bestandsaufnahme die Isar von der Quelle bis zur Mündung.

Im alpinen Bereich, im Karwendel hat sich an der Vegetation keine grundlegende Wandlung vollzogen, wenn man von einer schlechenden Veränderung der Bergwälder absieht, die aber keine Besonderheit des Isargebietes ist, sondern für den gesamten Nordalpenraum gilt. Es ist hier die Verarmung unserer Wälder an Mischholzarten anzusprechen, die insbesondere die Weißtanne, aber auch seltener Arten wie Eibe, Bergahorn und andere Laubhölzer betrifft. Altexemplare dieser Arten stehen noch in ausreichender Anzahl in vielen Beständen, die Verjüngung fehlt jedoch als Folge stark überhöhter Reh-, Rot- und Gamswildbestände seit Jahrzehnten so gut wie völlig. Insbesondere die Weißtanne ist damit auch im gesamten Isargebiet zu einer aussterbenden Holzart geworden. Eine Ausnahme machen lediglich die Bauernwälder nördlich der Benediktenwand, wo sich als Folge einer scharfen Bejagung des Schalenwildes die Mischwälder noch natürlich verjüngen können.

In den Talauen selbst hat sich bis kurz oberhalb Mittenwald so gut wie nichts an der Vegetation geändert, wenn man von Eingriffen in die Föhrenheide des Grieses absieht, wo zugunsten des Fremdenverkehrs nicht nur eine Forststraße, sondern zusätzlich eine Loipe für Skilangläufer gerodet wurde.

Ein ähnlicher Eingriff aus dem gleichen Anlaß, nämlich zur Förderung des Fremdenverkehrs ist die Einrichtung des Campingplatzes am Isarhorn unterhalb von Mittenwald, wo ebenfalls die floristisch wertvolle Föhrenaue in Anspruch genommen und damit zerstört wurde.

Mit dem Bau des Sylvensteinspeichers gingen zwar Talalluvionen mit ihrer typischen Kiesbankflora und -fauna im Stau unter, diese Standorte sind jedoch an der oberen Isar und am Rißbach noch in einigem Umfang vorhanden.

Unterhalb des Sylvensteinsees macht sich die Geschiebarmut des Flusses in den Auen erstmals bemerkbar. Die bereits mit der Regulierung in den dreißiger Jahren einsetzende Eintiefung der Flusssohle verstärkte sich und damit sanken die vom Fluss abhängigen ufernahen Grundwasserstände ab. Vor allem aber sind viele blanke Kiesbänke nunmehr zugewachsen und als Standorte von Schotterfluren samt der dazugehörigen Fauna verloren. Schretzenmayr [35] hat bereits 1950 auf diese Sukzessionen hingewiesen.

Der nächste wichtige, von einer starken Veränderung der Vegetation betroffene Flussabschnitt ist die Ascholdinger und Pupplinger Au. Hier gräbt sich die Isar als Folge des fehlenden Geschiebes Jahr für Jahr tiefer ein und damit werden die Kiesbänke bei Hochwasser nicht mehr umgelagert. Sie wachsen zunächst mit Grasfluren, später mit dem Weiden-Tamariskenbusch zu. Diese letzte Wildflußstrecke im Alpenvorland verliert damit mehr und mehr an charakteristischen Bestandteilen. Zwar wird den wertvollen Kiefern-Auen dieses Bereiches kein Schaden zugefügt, da sie von Überschwemmungen wie vom Grundwasser unabhängig sind, die für die Gesamtlandschaft ebenso charakteristischen Weiden- und Erlenauen der höheren Terrassen leiden jedoch möglicherweise bereits unter der mit der Flusseintiefung verbundenen Grundwasserabsenkung. Seit der vegetationskundlichen Arbeit von Seibert [37] ist diese Entwicklung rasch vorangeschritten, so daß diese Untersuchung für manche Bereiche bereits Historie geworden ist.

Eine weitere gravierende Beeinträchtigung dieses ganzen Gebietes ist die Ausweitung der Wohnsiedlungen von Gartenberg und Geretsried in die unmittelbare Nachbarschaft der Au. Mehr als viele Worte verdeutlicht diesen Zustand die Abb. 3. Das nahe Heranrücken von Siedlungen tut keinem Naturschutzgebiet gut und der Pupplinger- und Ascholdinger Au schon gar nicht. Die lichten Föhrenbestände laden zum Lagern ebenso ein wie die Kiesstrände der Isar zum Baden.

Die nahe Großstadt München entsendet darüber hinaus an schönen Wochenenden zahlreiche Besucher in dieses Gebiet [38].

Wenn man bedenkt, daß insbesondere die Bodenflora der Föhrenheide gegen Tritt hochempfindlich ist, läßt sich bereits die Belastung durch massenhaften Besuch erahnen. Dazu kommen aber noch zahlreiche Badelustige und Sonnenanbeter, die an schönen Tagen die Weiden-Tamariskenbestände und die Kiesstrände bevölkern.

Den aufmerksamen Besucher und den Kenner früherer Zustände kann diese Entwicklung eines unserer bedeutendsten bayerischen Naturschutzgebiete nur mit höchster Sorge erfüllen. Der Strom der Erholungssuchenden lässt sich vielleicht durch gezielte Aufklärung und strenge Überwachung soweit lenken, daß die Schäden keinen letalen Umfang annehmen, die Gestaltungsvorgänge des Flusses selbst sind unabänderlich und müssen als bedauerliches Faktum hingenommen werden. Um so mehr ist es notwendig, die davon nicht betroffenen Teile der Au zu schonen und in ihrem Pflanzen- und Tierbestand zu erhalten. Wie weit dazu wasserbaulich Eingriffe zur Fixierung der Uferlinie notwendig und erwünscht sind, wäre einer gesonderten Untersuchung wert. Grundsätzlich lässt sich dazu sagen, daß am linken Ufer als Folge der Eintiefung auf Ufersicherungen zum Schutz der Siedlungen wohl nicht gänzlich verzichtet werden kann. Am rechten Ufer ist zu überlegen, was wichtiger ist:

Der Schutz von Erica-Föhrenheiden vor Zerstörung durch Hochwasser, die auch hier als Folge der Eintiefung die Ufer verstärkt angreifen, oder die Belassung der Isar in einem zwar ungeregelten, aber nicht mehr völlig natürlichen Bett mit einer neuen, nicht unbedingt voraussehbaren Dynamik.

In jedem Fall ist zu fordern, daß jegliche wasserbaulichen Aktivitäten in diesem Bereich zwischen den Wasserbauingenieuren, den Gewässermorphologen, den Biologen und Naturschützern vor der Erstellung baureifer Planungen eingehend abzuklären sind, wobei dem Naturschutz der Primat zuzuordnen ist.

Eines steht dabei allerdings jetzt schon fest: Der gelegentlich mit Nachdruck geforderte Einbau von Stützschwellen oder Sohlrampen zum Schutz gegen die weitere Eintiefung des Isarbettes würde zur raschen Zerstörung der gesamten Auenlandschaft einschließlich der Föhrenheide führen, da derartige Bauwerke die gesamte Talbreite einnehmen müßten, um bei Hochwasser nicht umgangen und damit zerstört zu werden. Lediglich im Bereich der Pupplinger Regelung wären Querbauten möglich, um die Tiefenerosion in Teilen der Au abzuschwächen. Das Unvermögen einer wasserbaulichen Sanierung der Pupplinger und Ascholdinger Au ist um so bedauerlicher, als damit der weiteren Erosion des Flussbettes ebenso tatenlos zugesehen werden muß, wie der zunehmenden Festlegung der ehedem so charakteristischen wandernden Kiesbänke. Der zur Rettung der Aue vorgeschlagene Transport von Kies aus dem Sylvensteinsee in das Unterwasser des Kraftwerkes in Bad Tölz ist angesichts der in Frage stehenden Massen in der Größenordnung von jährlich 60 000 m³ wohl kaum realisierbar.

Unterhalb der Pupplinger Au beginnt der bis zur Mündung in die Donau gänzlich ausgebauten und damit künstliche Abschnitt der Isar.

Deutlich springt dies bereits in der Schluchtstrecke südlich von München ins Auge. Hier nehmen die nahezu wasserlose Flussleiche der Isar und der Kraftwerkskanal oftmals die volle Talbreite ein. Weidenstreifen entlang der Ufer und Dämme sind der einzige Überrest einer einst reich gegliederten Flusslandschaft. Eine Ausnahme macht lediglich die unverbaut gebliebene Strecke um den Georgenstein, die noch als naturnah anzusprechen ist. Die weitgehend erhalten gebliebenen Hangwälder sind zwar optisch ein wesentlicher

Bestandteil dieser Tallandschaft, sind aber in ihrem Bestand vom Fluß unabhängig, soweit sie nicht einer der gelegentlichen Hangrutschungen zum Opfer fallen, die ihrerseits ihre Ursache in der geologisch jungen Talbildung dieses Flußabschnittes haben.

Im Stadtgebiet von München hat sich seit der Monographie von Michel er [26] sowohl am Fluß selbst wie an der Vegetation nichts Entscheidendes verändert.

Der Englische Garten als ehemalige Aue blieb in seinem vollen Umfang erhalten, in einem Bereich konnte er sogar etwas erweitert werden. Das im Zuge des U- und S-Bahnbaues in München einsetzende große Sterben der linksufrigen Stadtbäche ging am Englischen Garten ohne Wasserverlust vorüber; für den Schwabinger Bach wurde an der Lukas Kirche eine eigene Ausleitung mit der dazugehörigen Stauhaltung gebaut.

Ebensowenig hat sich grundsätzlich etwas Neues in der ausgeleiteten Strecke unterhalb des Föhringer Wehres ereignet. Die Auwälder dort haben seit der rapiden Eintiefung der Isar um mehrere Meter seit langem großflächig den Anschluß an das Grundwasser verloren. Sie werden auch bei sehr großen Hochwassern nicht mehr überflutet. Die forstliche und vegetationskundliche Geschichte zumindest eines Teilabschnittes hat Seibert [37] eingehend untersucht und kartenmäßig dargestellt. Danach waren die Auwälder in weiten Bereichen bereits vor der Regulierung und Eintiefung der Isar und die dadurch bedingte Grundwasserabsenkung in starkem Maße durch forstliche und landwirtschaftliche Eingriffe verändert.

Der Niederwaldbetrieb förderte die Entstehung von Grauerlenbeständen, die noch heute als ausgedehnte Dickungen jede andere Holzart unterdrücken. Neben der Niederwaldnutzung wurde auch die Waldweide betrieben, die ebenfalls der Entstehung und Erhaltung artenreicher Auwaldbestände hinderlich war.

Wir dürfen trotzdem annehmen, daß in manchen Bereichen Auwälder in der Form vorhanden waren, wie wir sie von der bayerischen Donau und von der unteren Isar kennen [17, 24, 25]. Diese Edellaubholzwälder mit Eiche, Esche, Ulme, Bergahorn sind allerdings gegen Grundwasserabsenkungen hochempfindlich, so daß sie heute nur noch in ganz geringen Resten vorhanden sind. An ihrer Stelle dürften heute im wesentlichen die standortsfremden Fichten- und Kiefernreichkulturen stehen; eine ähnliche Entwicklung läßt sich auch an der Donau und ihren übrigen Alpenflüssen des öfteren beobachten.

Gesellschaftlich gesehen hat der Bereich bis Freising durch die stürmische Siedlungs entwicklung in Ismaning und Garching theoretisch einen erheblichen Bedeutungszuwachs als Naherholungsgebiet erhalten. Die Bayerische Akademie der Schönen Künste hat dies bereits 1966 durch die Ausschreibung eines Wettbewerbes dokumentiert, der die Aus und Umgestaltung dieser derzeit in einem höchst unbefriedigenden Zustand befindlichen Auenlandschaft zum Ziele hatte. Die hochfliegenden Pläne der Wettbewerbssieger sind in der Verwirklichung allerdings von einem englischen Park auf einen Radfahrweg von München nach Freising zusammengeschrumpft.

Damit dürfte wohl auch die Chance vertan sein, in einer Phase wirtschaftlicher Prosperität eine durch den Menschen zerstörte flußbegleitende Landschaft zumindest in eine für die menschliche Erholung nutzbare Kulturlandschaft zu verwandeln.

Die Ausleitung der Isar durch die Bayernwerke AG bei Oberföhring hat jedoch nicht nur negative Auswirkungen für den Landschaftsraum Mittlere Isar gebracht. In der Nähe von Eching zwischen Moosburg und Landshut wurde im Zuge dieser Kraftwerksanlagen ein Ausgleichsbecken gebaut, das für die Erzeugung von Spitzenstrom benutzt wird. Dies hat tägliche Wasserstandsschwankungen von ein bis zwei Metern zur Folge.

In diesem durch Dämme eingefassten Becken hat sich seit den zwanziger Jahren eine reiche amphibische Vegetation angesiedelt. Röhrichte aus Schilf und Seggen bedecken weite Flächen. Die täglich trockenfallenden vegetationsfreien Flächen bieten zahlreichen Tieren Nahrung. Insbesondere die Vogelwelt ist ungemein reich vertreten. Diese künstliche Landschaft bietet auch durchaus ästhetische Reize, sie wirkt fast etwas urweltlich, wenn man diesen Ausdruck auf eine „Landschaft aus zweiter Hand“ anwenden darf. Insgesamt betrachtet stellt dieses künstliche Becken eine, oder besser gesagt, die einzige landschaftliche und ökologische Bereicherung in diesem Raum dar, seit die Isar ihren Charakter als uralter Voralpenfluß verloren hat.

Die Strecke von Landshut bis Dingolfing wurde durch eine Kraftwerkstreppe stabilisiert. Hier wurden durch Anpflanzungen schmale Auwaldstreifen wieder neu geschaffen. In der Unterlaufstrecke unterhalb von Dingolfing ist die Isar durch Dämme in ein enges Bett gezwängt. Die Auswirkungen machen sich zusammen mit dem fehlenden Geschiebe ebenso deutlich wie kostspielig bemerkbar.

Für unsere Betrachtung weit wichtiger ist aber die Tatsache, daß durch die Dämme bauten die hier an sich gut entwickelten und ausreichend erhaltenen Auwälder auf weite Strecken nicht mehr überflutet werden. Die Folge ist eine rege Rodungstätigkeit in den forstwirtschaftlich uninteressanten Bauernwäldern zugunsten des Ackerbaues, der insbesondere in Form von Maiskulturen immer stärker in die Auwälder vordringt.

Die Eintiefung der Isar ist insbesondere unterhalb von Dingolfing bereits soweit fortgeschritten, daß hier auf den schmalen Vorländern zwischen Fluß und Damm Ackerbau getrieben wird.

Mit der Regulierung sind selbstverständlich auch viele dealpine Arten verlorengegangen, die vordem die Isar bis hinab zur Donau begleitet haben. Die Florenlisten von Hofmann [14] aus dem Jahre 1883 sprechen hier eine deutliche Sprache. So gibt er *Daphne cneorum*, *Linaria alpina*, *Globularia cordifolia*, *Arabis alpina*, *Campanula pusilla*, *Aethionema saxatilis*, *Myricaria germanica* für die mittlere und untere Isar an. Die letzten Reste offener Kiesbänke tragen heute als Folge der starken Nährstoffbelastung des Isarwassers stickstoffliebende Unkrautgesellschaften vom Typ der Barbarakraut-Flur, die die alpinen Arten verdrängen [36, 37, 3].

Betrachten wir den Mündungsbereich, so finden wir hier eine zwar regulierte, aber immerhin bei Hochwasser noch ausufernde Isar und breite Auwälder vor. Die alten Flussschlingen sind als intakte Altwasser vorhanden, der Artenbestand ist in etwa erhalten, wenn wir von den jungen Sukzessionsstadien und Kiesbänken naturbelassener Alpenflüsse absehen. Freilich sind auch hier an die Stelle artenreicher Auwälder vielfach eintönige Pappelkulturen getreten, aber gemessen an den übrigen Isarstrecken ist dieser

Bereich als einigermaßen ökologisch befriedigend zu bezeichnen. Lindhard [24] stellte hier noch 1964 die ganze Palette der Auengesellschaften alpiner Flüsse fest. Dieser Zustand ist jedoch ebenfalls stark bedroht. Die nach unten voranschreitende Eintiefung der Isar wird auch vor diesem Abschnitt nicht Halt machen. Die Folge wird zunächst ein Trockenfallen der Altwässer sein.

Der nächste Schritt ist die geringere Häufigkeit von ausufernden Hochwassern. Gleichzeitig mit der durch Grundwasserabsenkung verbundenen Trockenheit der Auwaldstandorte wird eine Wertminderung der Waldbestände eintreten. Der Ackerbau wird dann hier ebenso Platz greifen wie in den Strecken unterhalb von Landshut. Die Folge wird nicht nur optisch eine weitere Verarmung der Landschaft sein, sondern eine deutliche Schwächung des ökologischen Gefüges nach sich ziehen.

An die Stelle artenreicher Auwälder werden Acker-, insbesondere Maiskulturen treten mit einer extrem niedrigen Zahl von 3 bis 5 Arten je Flächeneinheit.

Flussbauliche Maßnahmen in nächster Zukunft erscheinen hier als einzige Möglichkeit, um den Verfall auch dieses letzten Stücks naturnaher Isar aufzuhalten.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Isar hat vom Abflußverhalten her die Dynamik eines Alpenflusses behalten, es fehlen ihr aber als Folge zahlreicher menschlicher Eingriffe sowohl die naturnahen Formen wie die flussbetterhaltenden Feststoffe.

Sie tieft sich aus diesen Gründen fortwährend ein, bringt dabei ihre Ufer zum Einsturz und schneidet die Grundwasserhorizonte der Auen an. Das Grundwasser fließt aus der Aue in den Fluss aus und ist für Pflanzen nicht mehr verfügbar.

Diese Entwicklung lässt sich nur durch Querbauwerke verhindern; dies ist in zahlreichen Flussstrecken bereits geschehen. Auch im Unterlauf werden künftig solche Bauwerke nicht zu umgehen sein.

Eine Erhaltung der Isar im Urzustand ist bei dieser Situation selbst in kleinen Streckenabschnitten nicht möglich. Dies gilt auch für die Pupplinger- und Ascholdinger Au. Ebenso wenig ist daran zu denken, in einzelnen Abschnitten durch „Verwildern“ den Start zur Rückwandlung in einen naturnahen Zustand zu ermöglichen. Man muss sich mit dem Gedanken abfinden, dass die Isar auch in fernerer Zukunft nur mit Hilfe ganz massiver Kunstbauten vor der gänzlichen Selbstzerstörung zu bewahren ist. Für die Vegetation bedeutet das, dass die für Alpenflüsse typischen Kiesbank- und Weiden-Tamarisenfluren nur noch in wenigen Teilstrecken erhalten bleiben. Sie werden insbesondere der Pupplinger- und Ascholdinger Au in zunehmendem Maße verlorengehen.

Als Folge der Grundwasserabsenkung in den Eintiefungsabschnitten ist an eine Regenerierung der zerstörten Auwälder nicht zu denken. Hier ist lediglich darauf hinzuwirken, die Rodung der Laubholzbestände zugunsten landwirtschaftlicher Nutzflächen zu verhindern. Mit Hilfe der Waldfunktionspläne und des Bayerischen Waldgesetzes müsste dies möglich sein.

Des weiteren sollte die Umwandlung von Laubholzbeständen in Nadelholzreinkulturen nach Möglichkeit unterbleiben. Ein entsprechender Passus sollte in die Natur- und Landschaftsschutzverordnungen aufgenommen werden.

Im Zuge der Gewässerunterhaltung besteht die Möglichkeit, zumindest in Flußnähe zusammenbrechende Monokulturen in artenreichere Laubholzbestände umzuwandeln. Dies trifft insbesondere auf nicht mehr im Nieder- und Mittelwaldbetrieb genutzte Grauerlen- und Kopfweidenbestände zu, gilt sinngemäß aber auch für die weitverbreiteten Kulturpappelbestände, die zwar nicht zusammenbrechen, aber zugunsten langlebiger Dauerbestände allmählich umzubauen sind.

Die im Unterlauf noch vorhandenen intakten Altwasser sollten auf jeden Fall erhalten bleiben. Sie sind einige der wenigen naturnah verbliebenen Bereiche.

Insgesamt ist für die Isar festzustellen, daß sich die ökologische Substanz dieser Landschaft innerhalb weniger Jahrzehnte grundlegend in Richtung einer starken Verarmung verändert hat. Es wird erheblicher Anstrengungen bedürfen, den derzeitigen Status annähernd zu erhalten.

Anschriften der Verfasser

Dr. Johann Karl
Jugendstraße 7
8000 München 80
(Einleitung, Vegetation, Ausblick und Zusammenfassung)

Dr. Joachim Mangelsdorf
Wadlerstraße 30
8000 München 70
(Geologische Betrachtungen)

Prof. Dr. Karl Scheurmann
Brüder-Grimm-Straße 18
8300 Landshut
(Flußgeschichte und Gestaltungsvorgänge, Abfluß und Güteeigenschaften)

Literaturverzeichnis

- [1] Bauer, F.: Die Verlandung in natürlichen Seen, Talsperren und Flußkraftwerkstreppen. *Festschrift zu Kongreß und Ausstellung Wasser* Berlin 1968.
- [2] Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Donaugebiet, Abflußjahr 1970. München 1975.
- [3] Bresinsky, A.: Zur Kenntnis des circumalpinen Florenelementes im Vorland nördlich der Alpen. *Ber. Bayer. Bot. Ges. XXXVIII*, München 1965.
- [4] Brunnacker, K.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7636, Freising/Süd m. Erl. München 1959.
- [5] Brunnacker, K.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7536, Freising/Nord m. Erl. München 1962.
- [6] Brunnacker, K. et al.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7736, Ismaning m. Erl. München 1964.
- [7] Ertl, O.: Der Einfluß des Walchenseewerkes und seines geplanten weiteren Ausbaues auf die Gestaltungsvorgänge im Isargebiet. *Unveröffentl. Gutachten* 1948.
- [8] — Gestaltungsvorgänge in der Isar unterhalb Landshut. *Unveröffentl. Gutachten* 1957.
- [9] Fehn, H.: Die Isar von der Quelle bis zur Mündung. *Bayerland* 1962, S. 341.
- [10] Gruber, Chr.: Die Isar nach ihrer Entwicklung und ihren hydrologischen Verhältnissen. München 1889.
- [11] Häusler, E.: Der Isarabfluß durch München mit seinen wasserbaulichen Problemen. *Der Tiefbau*, 1968, Heft 12.
- [12] Heindel, K.: Die Umgestaltung der Isar durch den Menschen. *Dissertation München* 1936.
- [13] Hofmann, B.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7439 Landshut/Ost m. Erl. München 1973.
- [14] Hofmann, J.: Flora des Isargebietes von Wolfratshausen bis Deggendorf. *Landshut* 1883.
- [15] Jerz H. u. Ulrich R.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8533/8633, Mittenwald, m. Erl. München 1966.
- [16] Jerz, H.: Geologische Karte von Bayern, Blatt Nr. 8134 Königsdorf m. Erl. München 1969.
- [17] Karl, J.: Die Auwaldstandorte der staatlichen Forstämter Unterhausen, Günzburg, Illertissen, Mitt. a. d. Staatsforstverw. Bayerns. 28, München 1956.
- [18] Kirgis, L.: Wasserwirtschaftliche Betrachtung der Isar und ihres Einzugsgebietes. *Bayerland* 1962, S. 347.
- [19] K. Bayer. Staatsministerium des Innern, Oberste Baubehörde: Der Wasserbau an den öffentlichen Flüssen im Königreich Bayern. München 1888.
- [20] — Denkschrift über den gegenwärtigen Stand der Wasserbauten in Bayern. München 1909.
- [21] — Die Wasserkräfte Bayerns. München 1907.
- [22] Krauss, J.: Der Hochwasserspeicher am Sylvenstein. *Die Bautechnik* 1958, S. 201.
- [23] Kurzmann, S.: Der zweite Ausbau der Mittleren Isar. *Deutsche Wasserwirtschaft* 1928, S. 159.
- [24] Linhard, H.: Die natürliche Vegetation im Mündungsgebiet der Isar und ihre Standortverhältnisse. *Ber. d. Naturw. Ver. Landshut*. 24. Landshut 1964.
- [25] Loycke, H.: Die Auwaldungen des schwäbisch-bayerischen Donauriedes, Allg.-Forstzg. 7, 1952.
- [26] Micheler, A.: Die Isar vom Karwendel bis zur Mündung in die Donau — Schicksal einer Naturlandschaft —. *Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpflanzen u. -tiere*. 21. München 1956.

- [27] **Ministerialbauabteilung im Bayer. Staatsministerium des Innern:** Denkschrift über den Ausbau der öffentlichen Flüsse in Bayern nach dem Stand vom 31. März 1931. München 1931.
- [28] **Müller, St.:** Hydrogeologische und hydrologische Untersuchungen in der Pupplinger Au im Isartal südlich von München. Dissertation München 1973.
- [29] **Penck, A. u. Brückner, E.:** Die Alpen im Eiszeitalter Bd. I Leipzig 1909.
- [30] **Riedl, A. v.:** Strom-Atlas von Baiern. München 1806.
- [31] **Sailer, J.:** Die Seitenkanäle der Isar mit ihren Triebwerken zwischen Landshut und Gottfrieding. Unveröffentl. Gutachten 1930.
- [32] **Scheurmann, K.:** Die Grundwasserbewegung in einer Talalluvion, dargestellt am Beispiel der Stadt Landshut. Schriftenreihe der Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde, Heft 3, 1970.
- [33] — Die Pupplinger und Ascholdinger Au in flußmorphologischer Sicht. Wasser-Abwasser 1973, S. 207.
- [34] **Schmolz, A.:** Die Einleitung des Rißbaches in den Walchensee. Die Wasserwirtschaft 1949, S. 159.
- [35] **Schretzenmayr, M.:** Die Sukzessionsverhältnisse der Isarauen südlich Lenggries. Ber. Bayer. Bot. Ges. XXVII, München 1950.
- [36] **Seibert, P.:** Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet „Pupplinger Au“. Landschaftspflege und Vegetationskunde. 1. München 1958.
- [37] **Seibert, P.:** Die Auenvegetation an der Isar nördlich von München und ihre Beeinflussung durch den Menschen. Landschaftspflege und Vegetationskunde, 3. München 1962.
- [38] **Seibert, P. u. Zielonkowski, W.:** Landschaftsplan „Pupplinger und Ascholdinger Au“. Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege, H. 2. München 1972.
- [39] **Städt. Elektrizitätswerke München und Städt. Tiefbauamt Abt. für Wasser- und Brückenbau:** Die Erweiterung des Uppenbornwerkes und der Ausbau der Echinger Stufe durch die Stadtgemeinde München im Anschluß an die Wasserkraftanlagen der Mittleren Isar. Wasserkraft und Wasserwirtschaft 1933, S. 193.
- [40] **Vareschi, V.:** Die Gehölztypen des obersten Isartales. Innsbruck 1931.
- [41] **Wasserwirtschaftsamt Landshut:** Hochwasserfreilegung des Stadtgebietes von Landshut. Landshut 1957.
- [42] **Weigmann, W.:** Die landeskulturelle Bedeutung des Großkraftwerkes „Mittlere Isar“. Deutsche Wasserwirtschaft 1928, S. 83.
- [43] **Weinig, H.:** Hydrogeologie des Isartales zwischen Landshut und Landau und ihre Beeinflussung durch Stauanlagen; Dissertation München 1972.
- [44] **Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes:** Klimaatlas von Bayern. Bad Kissingen 1952.
- [45] **Zorn, E.:** Zur Frühgeschichte der Stadt Landshut, Ergebnisse städtebaulicher Strukturforschung. Zeitschrift für bayerische Landesgeschichte. Bd. 32, Heft 1.



Abb. 1 Die Isar bietet zwischen Krün und Sylvenstein das Bild eines alpinen Flusses. Typisch sind die zahlreichen Verästelungen dieser Umlagerungsstrecke. Es ist dies einer der wenigen Abschnitte, die noch einigermaßen naturnah sind, auch wenn hier der Abfluss über längere Zeiträume durch die Ableitung der Isar in den Walchensee fehlt.

Foto: Gröbmaier Wolfgang

Freigegeben: Reg. v. Oberbayern Nr. GS 300/7461

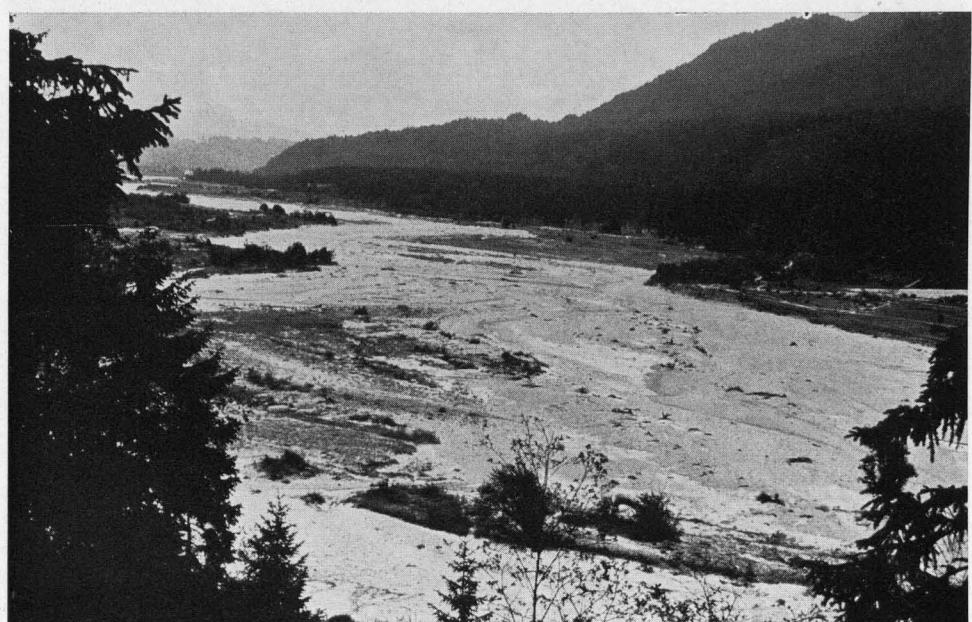


Abb. 2 In der Talaue entwickelt sich entlang des ungebändigten Flusses nur ein schmaler Saum des Weiden-Tamariskengebüsches und auf höheren Terrassen der Erica-Kiefernwald.

Foto: W. Binder



Abb. 3 Die Stadt Geretsried ist unmittelbar bis an den Rand des Naturschutzgebietes Ascholdinger-Pupplinger Au herangerückt und damit zu einer Belastung dieser hochempfindlichen Landschaft geworden. Daneben ist im Bild sehr deutlich die starke Streckung des Isarlaufes als Folge der Eintiefung zu sehen.

Foto: Gröbmaier Wolfgang

Freigegeben: Reg. v. Oberbayern
Nr. GS 300/7461



Abb. 4 Die ehemals blanken Kiesbänke der Ascholdinger-Pupplinger Au wachsen zunehmend mit Gräsern und später mit Sträuchern zu. Sie werden festgelegt und auch bei größeren Hochwassern kaum mehr umgelagert. Die Au verliert damit wesentliche Bestandteile ihres ursprünglichen Zustandes.

Foto: W. Binder

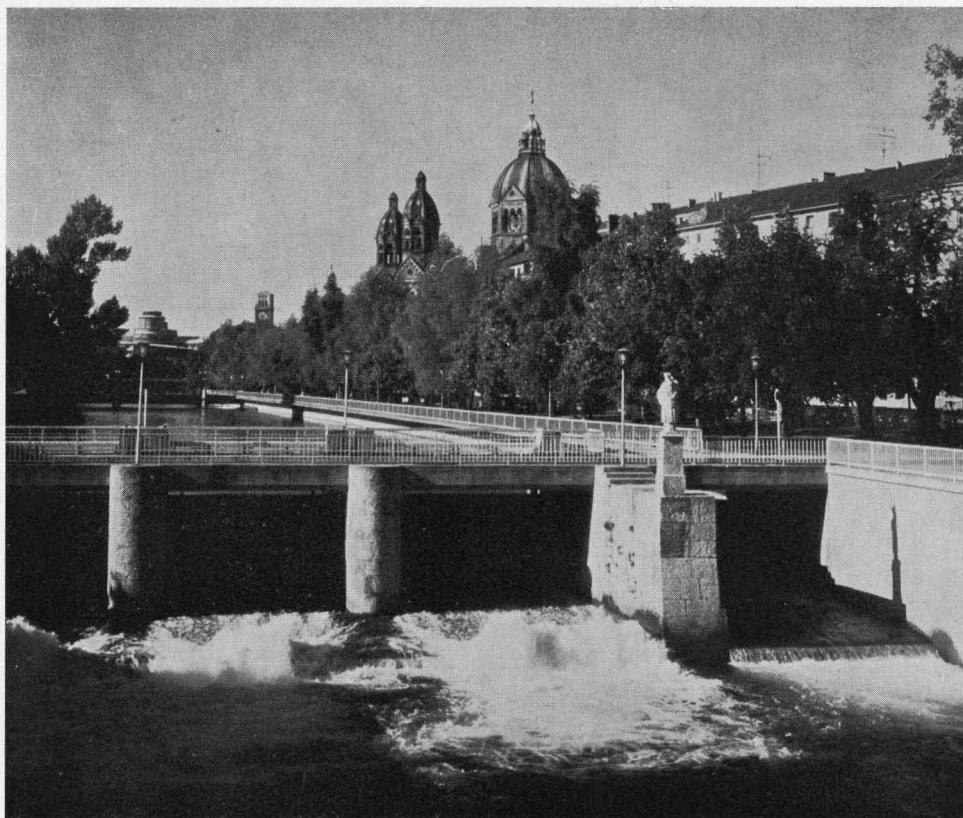


Abb. 5 Die stärksten Eingriffe hat die Isar im Bereich von München erfahren. Die Ufer sind hier durch Mauern, die Sohle durch Wehre fixiert.

Foto: J. Karl

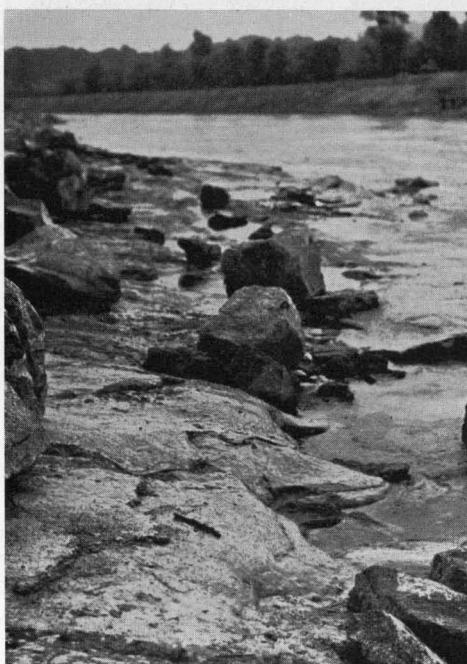


Abb. 6 Da aus dem Gebirge kein Geschiebe mehr nachkommt, gräbt sich der Fluß rasch bis in den Untergrund des Tertiärs, den Flinz ein. Die Isar zerstört so ihr Bett in kurzer Zeit selbst.

Foto: W. Binder

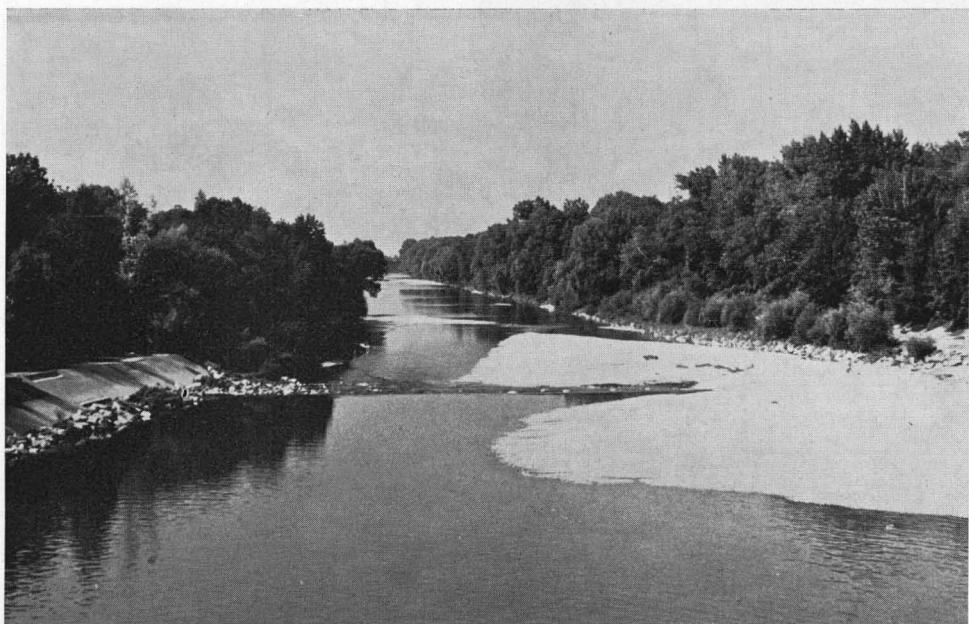


Abb. 7 Die Ausleitung des Mittleren Isarkanals unterhalb von München hinterläßt eine „Flußleiche“, in der für gewöhnlich nur geringe Wassermengen abfließen. Bei Hochwasser ist das tief eingeschnittene Flussbett randvoll.

Foto: N. Schenk

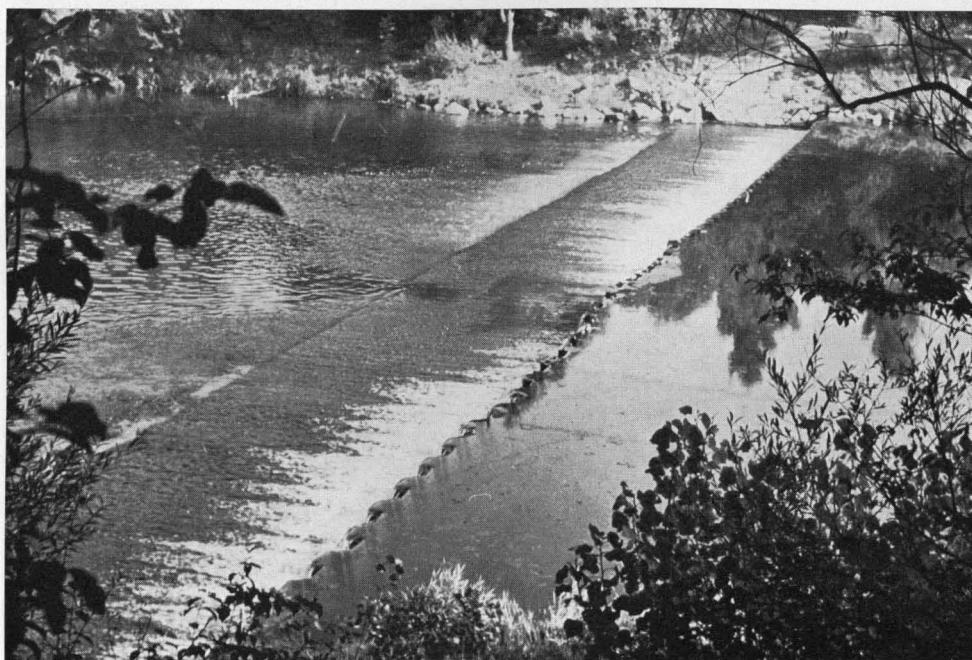


Abb. 8 Zahlreiche Stützschwellen müssen hier eine weitere Eintiefung der Isar verhindern. Die Flusssohle liegt derzeit sechs bis acht Meter unter dem umgebenden Auengelände. Das Grundwasser tritt unmittelbar in den Fluss aus.

Foto: N. Schenk

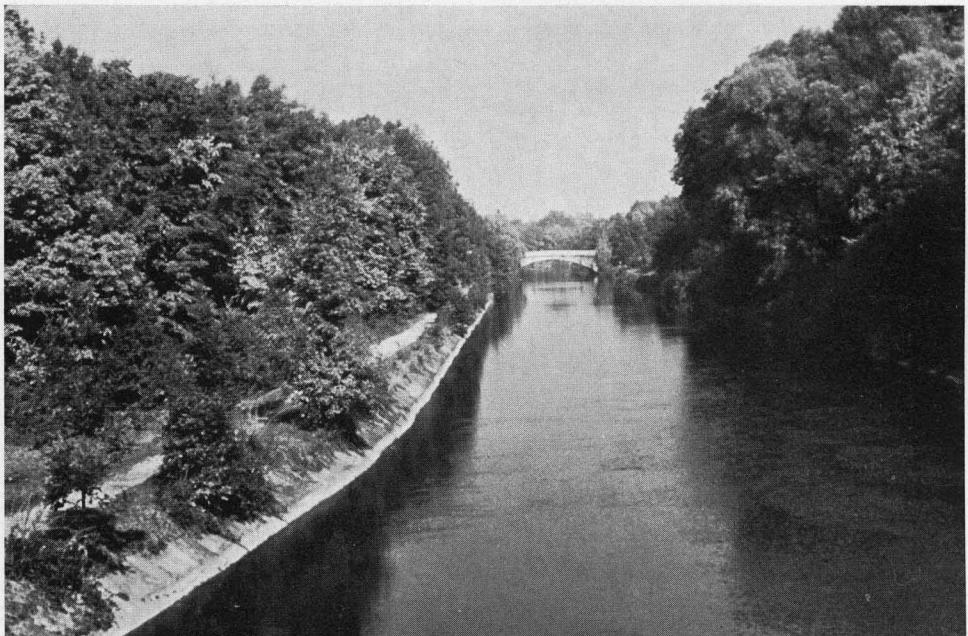


Abb. 9 Der Mittlere Isarkanal ist mit seiner gleichmäßigen Wasserführung und seinen betonierten Ufern ein völlig künstliches Gebilde, das lediglich der Stromerzeugung dient.

Foto: N. Schenk



Abb. 10 Das Staubecken bei Eching im Zuge des Mittleren Isarkanals hat sich trotz der starken Wasserspiegelschwankungen recht naturnah entwickelt. Die ausgedehnten Röhrichtbestände und die zeitweise offenliegenden Schlickflächen bieten für Wat- und Schwimmvögel gute Lebensbedingungen.

Foto: W. Binder

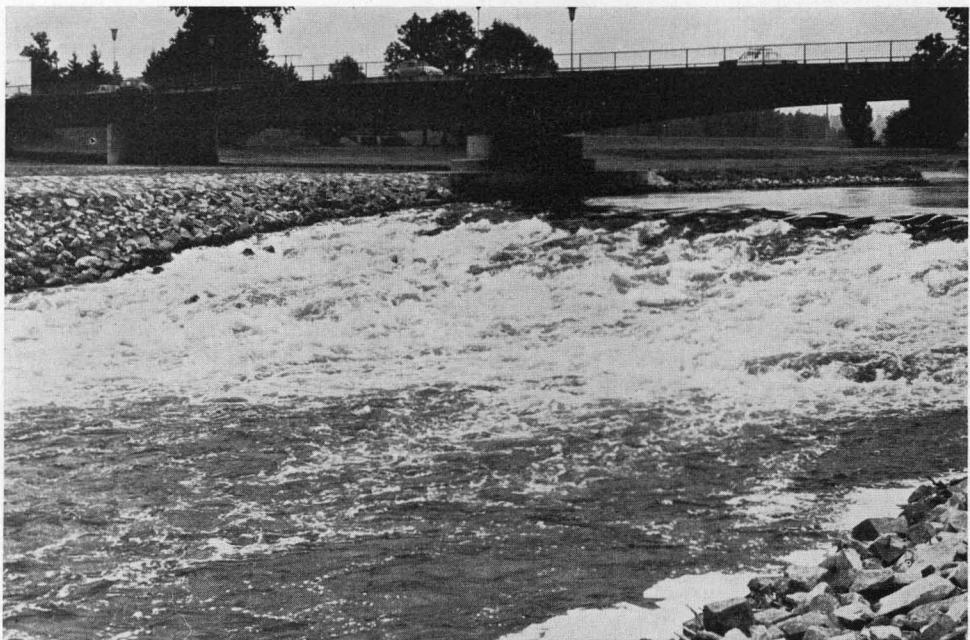


Abb. 11 Als Folge der straffen Linienführung, der Einengung durch Dämme und vor allem durch das fehlende Geschiebe hat sich an der Brücke in Dingolfing ein neunzehn Meter tiefer Kolk gebildet, der immer wieder schwere Steinsicherungen erforderlich macht. Foto: W. Binder

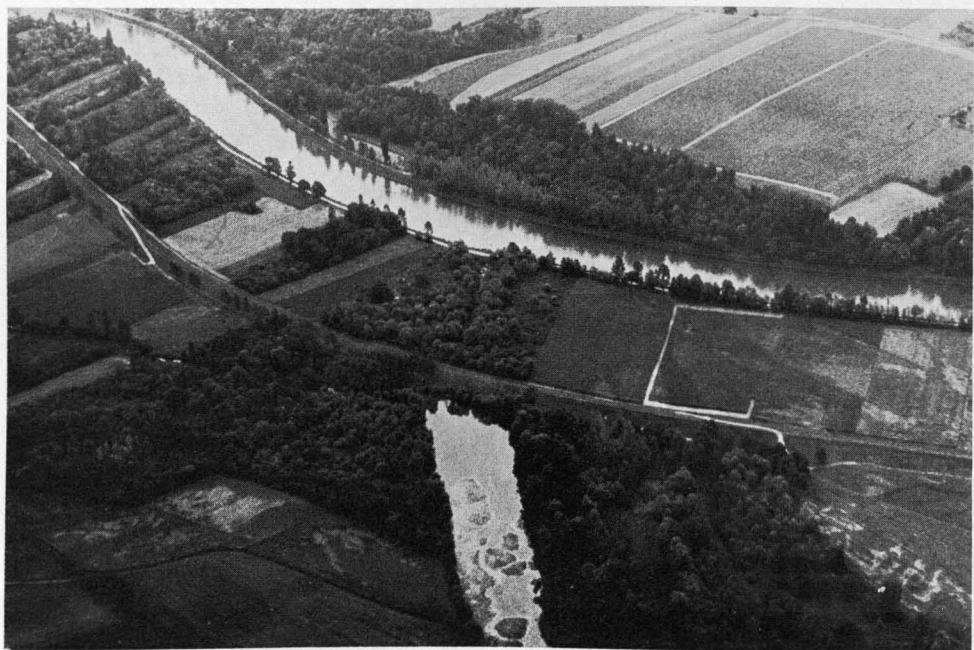


Abb. 12 Unterhalb von Dingolfing ist die Isar fast überall in ihrem Bett festgelegt und durch Dämme stark eingeengt. Das ehemals mit Auwald bestockte Vorland zwischen Fluß und Damm wird zunehmend gerodet und der ackerbaulichen Nutzung zugeführt.

Foto: W. Binder

Freigegeben: Reg. v. Oberbayern Nr. GS 300/7290



Abb. 13 An die Stelle artenreicher und stark gegliederter Auwälder sind am Unterlauf der Isar vielfach ökologisch völlig unbefriedigende Pappelmonokulturen getreten.

Foto: W. Binder



Abb. 14 Weite Flächen werden heute noch von nicht mehr genutzten und deshalb zusammenbrechenden Kopfweidenbeständen eingenommen, die ökologisch ähnlich verarmt sind wie die Pappelmonokulturen.

Foto: W. Binder



Abb. 15 Im Mündungsbereich der Isar sind noch einige Reste naturnaher artenreicher Auwälder vorhanden, in die sich mehr und mehr Pappelplantagen, Kiesgruben und Maisäcker einschieben.

Foto: W. Binder

Freigegeben: Reg. v. Oberbayern Nr. GS 300/7290



Abb. 16 Im letzten Abschnitt des Unterlaufes ist die Isar zwar reguliert, aber noch kaum eingetieft. Die alten Flusschlingen sind als Altwasser erhalten geblieben und ständig mit Wasser gefüllt. Der Fluß hat zwar auch hier manches Charakteristikum eines Alpenflusses verloren, die Lebensgemeinschaft Aue ist jedoch einigermaßen erhalten geblieben.

Foto: W. Binder