Grundzüge einer Typisierung und Systematisierung der Flußauen nach Beispielen aus Bayern

Von

Heinrich Vollrath (Freising)

Mit 5 Figuren, 8 Luftbildern und 1 Bild

Sonderdruck aus

DIE ERDE

Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 107. Jahrg., 1976, Heft 4, S. 273—299

GESELLSCHAFT FÜR ERDKUNDE ZU BERLIN

Grundzüge einer Typisierung und Systematisierung der Flußauen nach Beispielen aus Bayern*

Von

Heinrich Vollrath (Freising)

Mit 5 Figuren, 8 Luftbildern und 1 Bild

Summary: *Principles of typification and classification of flood-plains demonstrated by examples from Bavaria*

The introduction contains some remarks on flood-plain research in general: it requires interdisciplinary working methods, it is urgently necessary because of the rapid changes in many flood-plains caused by hydraulic engineering, its starting-point should be the analysis of ecotope patterns.

In accordance with this methodological approach, the main section deals with eight selected Bavarian flood-plains, each representing a specific type. Each flood-plain is interpreted on the basis of an aerial photograph. In order not to anticipate a final, conclusive terminology, the types are designated by the names of the respective rivers. The dynamics of the physio- and ecotope-patterns are investigated. The variations are mainly caused by differing tractive force (dependent in turn on slope gradient and river flow) and by differences in the amount and sort of bedload and suspended load, which again are dependent on weathering and disintegration processes affecting rocks in the drainage basins. Island-forming, "spreading" rivers occur when sand and gravel predominate, meandering types are found when loess, loam and clay occur and are capable of being sedimented. When large quantities of fine material are discharged, the course of the river may be established finally (Itz-type). This process is accelerated by soil erosion and dams.

In the final section the types of flood-plain are classified according to the predominant sediments into a triangle scheme, containing the fractions gravel, sand and silt/clay. A geomorphological transition from the "island-forming" type of river to the meandering type can take place under certain conditions: if factors generally favourable to erosion and characteristic of cultivated land, such as a decrease in wooded areas, extension of arable land, preference being given to late covering crops (increase in the cultivation of maize!), cause an increase of sediments in general and of silt/clay in particular, and if further measures such as mill-dams or roads crossing the flood-plains reduce the flow gradient and delay the flood-water discharge, thus causing predominantly fine particles to be sedimented. In the extreme, this transition may go as far as the irreversible climax represented by the Itz-type, set in its fine sediments and already partially separated from its gravel underground.

The article ends with an "outlook" raising the question whether these correlations are also valid for other climates.

Einführung

Die in den Flußauen ablaufenden Prozesse sind zu sehr komplexen Wirkungsgefügen vernetzt, um deren Erforschung sich mehrere geowissenschaftliche Fächer, besonders die

* Nach einem akademischen Probevortrag vor dem Fachbereich Landwirtschaft und Gartenbau der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan am 9. Juni 1975.

Hydrologie, die Geomorphologie, einige Disziplinen der Geologie wie Granulometrie und Sedimentologie, die Bodenkunde, die Vegetationskunde und die Landschaftsökologie bemühen. Die Flußauenforschung erfordert deshalb, um den Kausalnexus aufzuspüren, wie kaum ein anderes Gebiet der Geowissenschaften, eine synthetische und fachüberspannende Betrachtungsweise.

Wir wollen in der folgenden Betrachtung die Flußauen mittels ihres Physiotopgefüges charakterisieren und typisieren und schließlich in ein System stellen. Dabei wird besonders auch die Dynamik des Gefüges untersucht und nach den natürlichen Vorbedingungen für den jeweiligen Gefügetyp gefragt. Die Physiotope, aus einer gewichteten Komplexion von Morpho-, Mesoklima-, Hydro- und Pedotopen sich ergebend, sind die kleinsten durch ihre physisch-geographische Struktur definierten homogenen Landschaftszellen der abiotischen Merkmale. Alle Tope treten in der Natur in einer ganz bestimmten Auswahl (Inventar), einer charakteristischen räumlichen Anordnung (Mosaik) und bestimmten Maßstabsverhältnissen (Mensur) auf. Die Kriterien Inventar, Mosaik und Mensur bilden zusammen das Gefüge.

Die Gefüge entstehen durch Gesetzmäßigkeiten, die den physikalischen (insbesondere mechanischen), den chemischen und den biotischen Vorgängen eigen sind. Wo intensive Akkumulations- und Erosionsprozesse einander ablösen, nämlich im Überschwemmungsbereich der Flüsse, den Flußauen, entwickeln sich auch ausgeprägte Gefüge, seien es Morphotop-, Hydrotop- oder Pedotopgefüge, seien es Physiotop- oder Fliesengefüge, oder seien es in höchster Komplexion die Ökotopgefüge, die auch den biotischen Teilkomplex (u. a. mit dem Phytotop- oder Vegetationsgefüge) mit umfassen.

In fast allen Flußauen beobachtet man deutliche Wechselbeziehungen zwischen Morphologie und Vegetation. Deshalb ist es, um nicht einen wesentlichen Prozeß im Wirkungsgefüge zu übersehen, methodisch korrekt, in der Flußauenforschung mit Ökotopen zu arbeiten. Diese überschauende Darstellung muß sich jedoch im wesentlichen auf die Physiotope beschränken. Die in den meisten der behandelten Auen erhobenen Einzelheiten, besonders des Vegetationsgefüges, würden hier nur als Ballast empfunden.

Bisher waren und sind auch heute noch die Physio- und Ökotopgefügetypen der Flußauen in ihrer Vielgestaltigkeit nicht hinreichend bekannt. Als ich mich im Zuge pflanzensoziologischer Kartierungen für wasserwirtschaftliche Projekte um 1960 mit dem Thema zu beschäftigen begann, war praktisch nur ein Typ, nämlich der des vagabundierenden gefällstarken und schotterreichen Alpen- und Alpenvorlandflusses, des „Isartyps" [Vollrath 1966, p. 44] beschrieben, dieser aber von mehreren Autoren so gründlich, daß man in ihm geradezu den Prototyp eines Flußentwicklungsprozesses = ruslovoj process [G. I. Šamov 1954 u. a. russische Autoren] bzw. Flußtalentwicklungsprozesses [R. Keller 1962] und eines Flußauen-Physiotopgefüges sehen mußte. Außerdem waren bereits Flüsse mit wandernden Mäandern untersucht worden [z. B. F. Hjulström 1942]; hierbei galt das Interesse aber primär den Versuchen, das Phänomen des Mäandrierens mathematisch-physikalisch zu erklären, nicht den Physiotopgefügetypen in den Auen der Mäanderflüsse.

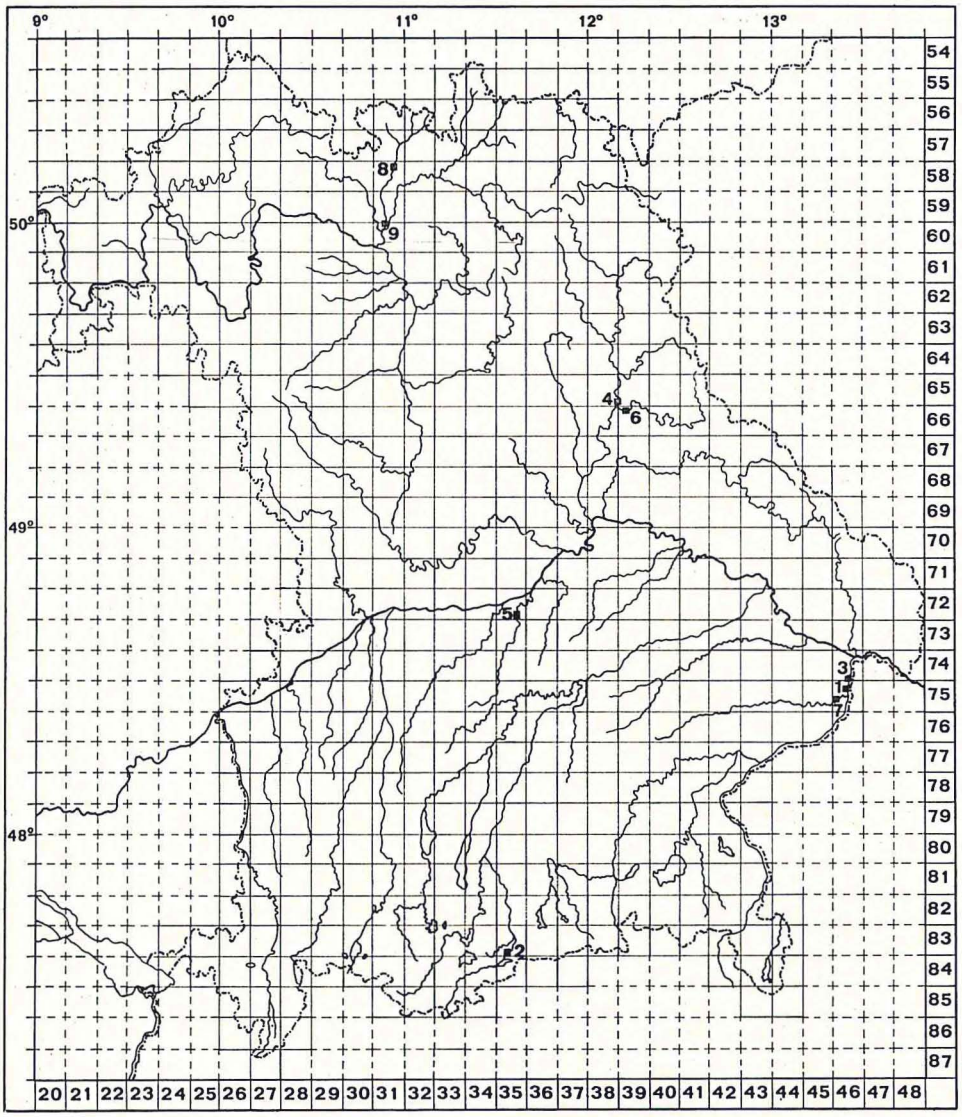


Fig. 1. Die Lage der behandelten bayerischen Flußauen (mit Netz der Gradabteilungsblätter 1 : 25 000). 1 = Inn bei Vornbach, 2 = Isar zwischen Fall und Hohenwiesen, 3 = Inn bei Neuburg, 4 = Naab bei Wölsendorf, 5 = Ilm unterhalb Geisenfeld, 6 = Schwarzach bei Altfalter, 7 = Rott bei Ruhstorf, 8 = Itz von Scherneck bis Erlesmühle, 9 = Itz unterhalb Daschendorf (nicht besprochen)

Es werden nun acht ausgewählte bayerische Flußauen (*Fig. 1*), die jeweils einen bestimmten Typ repräsentieren, anhand je eines Luftbildes analysiert. Das Untersuchungsgebiet *9* (Itzmündungstyp) ist mit dem Schwarzachtyp nahe verwandt und konnte übergangen werden [behandelt bei VOLLRATH 1966, pp. 44—46]. Die Bezeichnung der Typen nach Flußnamen will nur ein vorläufiges Verständigungsmittel sein. Endgültige Termini können erst nach eingehender Analyse zahlreicher weiterer Physiotopgefüge eingeführt werden. — Die Luftbilder wurden in den Jahren (1952—) 1957—1963 aufgenommen. Bis heute wurden nicht weniger als sechs dieser Auen durch verschiedene wasserbauliche Maßnahmen entscheidend verändert; damit wurden die Entwicklungsprozesse unterbunden, die heute nur noch indirekt aus dem Luftbild erschlossen, nicht mehr in situ studiert werden können. Bislang noch erhalten sind die Auen der Luftbilder *6* und *8*, wenn auch die Hochwässer der Schwarzach durch Rückhaltebecken gedämpft wurden und die Pläne zur „Regulierung" der Itz im dargestellten Abschnitt (und weiter bis zur Rodacheinmündung bei Kaltenbrunn) nicht aufgegeben sind. Diese Tatsachen mögen die Dringlichkeit der Flußauenforschung dartun.

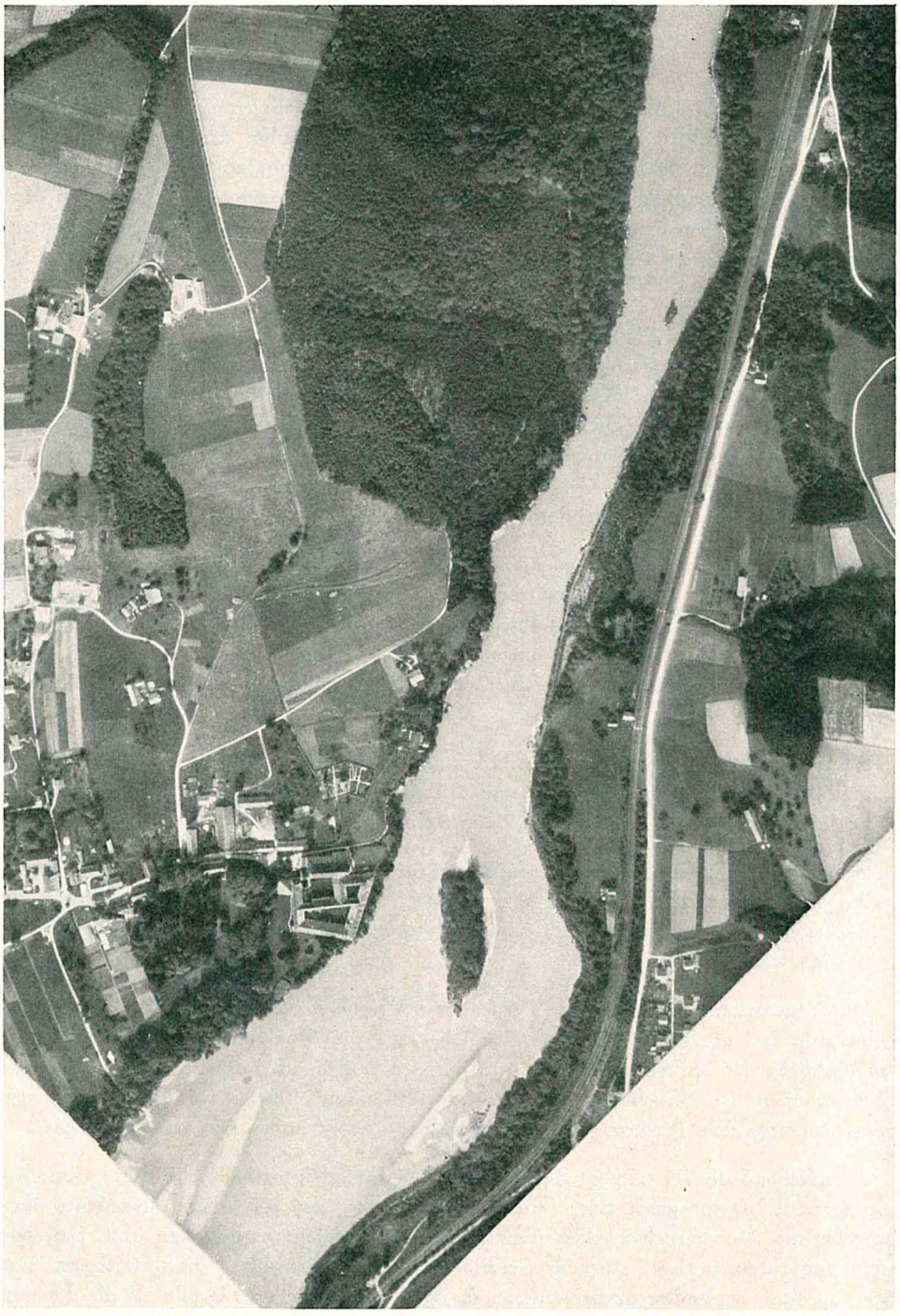
Acht Typen von Flußauen in Luftbildbeispielen

Der Grundgebirgstyp einer Flußaue — Inn bei Vornbach (*Luftbild 1*)

Nachdem der Inn bei Schärding ins Kristallin der Böhmischen Masse eingedrungen ist, verengt er sich bei Vornbach von etwa 270 m bis auf 71 m und bildet bis Neuburg a. Inn auf 1 Wegstunde eine romantische Durchbruchstrecke. Bis zur Anlage des Flußkraftwerkes Passau-Ingling, das bis hier heraufstaut, brauste er mit sehr hoher Fließgeschwindigkeit und unter Wasserstandsschwankungen[1]) bis über 14 m zwischen den Gneis- und Anatexit-Felsen dahin. Das Luftbild zeigt den Beginn der eigentlichen Durchbruchstrecke bei Kloster Vornbach. Wir sehen zwei Flußinseln, die Fürgeninsel im S und den kleinen Kreuzstein (Johannisfelsen) im N. Ferner sind mehrere Klippenfelder auszumachen. Diese liegen entweder von den Felseninseln isoliert, wie 100 m nördlich dem Kreuzstein, oder sie stehen mit ihnen im Kontakt und sind dann stets im Strömungsluv vorgelagert, wie das „Gehack" vor der Fürgeninsel. Schon aufgrund ihrer Lage muß an, man könnte wohl sagen: abradierte Felsinseln gedacht werden. Aus dem Stich „Closter Varnpach" von Michael WENING (1645—1718) ist zu ersehen, daß einst vor (südwestlich) dem Gehack eine weitere, heute verschwundene Klippe, der „so genante Gefährliche Karpffenstain" existiert hatte. An ihm scheiterten mehrmals Schiffe, so nochmals im Jahre 1781, wobei von den 75 Wallfahrern nur der Mesner von Ruhstorf, nach dreiviertelstündigem Kampf mit Saugwirbeln und Wellen, dem Tode entronnen sein soll.

Früher lag der Stromstrich rechts der Fürgeninsel. Aus dieser Zeit stammt die Ausspülung des rechten Uferhanges. Vor vielleicht zwei- oder dreihundert Jahren hat sich

[1]) Nach hydrotechnischen Berechnungen und Zeichnungen der Österreichisch-Bayerischen Kraftwerke AG (ÖBK) liegt bei Vornbach RHHW (Q = 7400 m³/s) 14,29 m über MNW.



Luftbild 1 (Maßstab ca. 1 : 8000) — der Inn bei Vornbach. Fließrichtung von S nach N. 12. 9. 1963.

der Stromstrich, der auf dem Luftbild an dem nervösen Wellengang sichtbar ist, in das linke Gerinne verlagert. Dies wird auch durch die Verlegung der Landesgrenze, die nach alter Vorschrift dem tiefsten Gerinne zu folgen hatte, im Jahre 1779 bewiesen (die österreichische Fürgeninsel gehörte früher zu Bayern). Wo einst die Hauptströmung war, verdecken heute zwei mehrere Meter mächtigte, der Kiesgewinnung dienende Schotterflächen sowie ein flaches Gerinne mit Schotteruntergrund (rechts der Fürgeninsel) das Kristallin.

Die morphologische Analyse und historische Befunde zeigen also, daß selbst die ins Grundgebirge eingeschnittenen Gewässerbetten den formenden Kräften der Strömung unterliegen, wodurch ein Physiotopgefüge erzeugt wird. Im vorliegenden Fall besteht das Inventar aus fünf verschiedenen Physiotopen: 1. Kiesbänke; 2. flache Gerinne mit Kiesuntergrund; 3. tiefe Gerinne mit anstehendem Kristallin; 4. Klippen aus Kristallin; 5. Inseln aus Kristallin. Die Genese der drei Physiotope des Kristallins (3, 4, 5) stelle ich mir [Vollrath 1963] folgendermaßen vor *(Fig. 2):*

1. Schritt: Eine härtere Gesteinspartie am Grunde des Flußbetts widersteht der Korrasion besser als der leichter verwitterbare „faule" Fels und erhebt sich — relativ gesehen — etwas über diesen. Das abschleifende Geröll wird damit um den harten Kern herumgelenkt und arbeitet die umgebenden weicheren Partien um so schneller auf. Der härtere Kern wächst bis über die Wasseroberfläche heraus und bildet eine F e l s i n s e l.

2. Schritt: Das an der Stirnseite der Felsinseln anbrandende Wasser und Eis entfalten ungefähr im Bereich des Normal- und Mittelwasserstandes ihre stärkste Abtragungskraft und abradieren die Inseln zu K l i p p e n.

3. Schritt: Die Klippen werden, ebenfalls vom Strömungsluv her, an der Flußsohle durch das Geröll angegriffen und a u f g e z e h r t. Vorher sind in die Klippen durch die Evorsion an Standwalzen meist schon bis mehrere Meter tiefe Strudellöcher eingemahlen worden.

Die Vegetation hat an diesem Werden und Vergehen der Physiotope beim Grundgebirgstyp fast gar keinen Einfluß. Die Überzüge des Wassermooses *Cinclitodus fontinaloides* an den senkrechten Felsen und Klippen finden sich nur an den Leeseiten und bieten keinen Erosionsschutz. Der biotische Teilkomplex durfte bei der Analyse der geomorphologischen Prozesse hier deshalb ausnahmsweise außer acht gelassen werden.

Abschließend die B e d i n g u n g e n für den Grundgebirgstyp: Kristalliner Gesteinsuntergrund; Erosionsphase oder Eintiefungsabschnitte, also besonders antezedente oder epigenetische Durchbruchsstrecken; sehr starke Strömungsgeschwindigkeit bzw. Schleppspannung (beruhend auf starkem Gefälle und hohem Abfluß); Schotterreichtum. Die Schotter sind, zumindest im behandelten Beispiel, von geringerer Größe als die des nun folgenden Isartyps, da die Großschotter im Pockinger Senkungsfeld abgesetzt wurden. Im Alpenraum gehört besonders die Mur dem Grundgebirgstyp an.

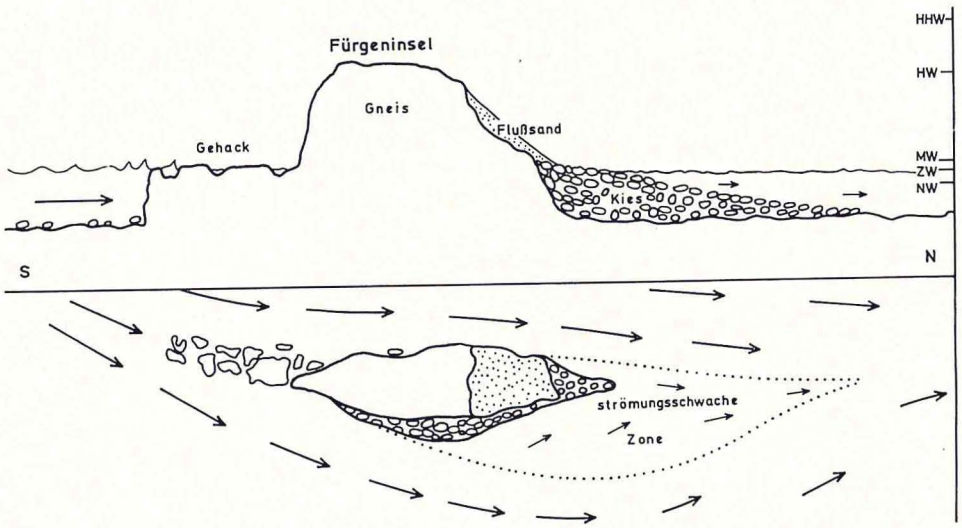


Fig. 2. Felsinseln und Klippen im Inn bei Vornbach im Längsschnitt und in der Aufsicht. Entwurf H. VOLLRATH.

Der Isartyp — Isar zwischen Fall und Hohenwiesen (*Luftbild 2*)

Flüsse des Isartyps werden charakterisiert durch zahlreiche Arme und Kiesinseln („Verwilderung"). Sie fließen auf ihren eigenen Sedimenten, ändern bei fast jedem Hochwasser ihren ungebändigten Lauf und schneiden dabei sehr oft den Rand der Aue an. Besonders weitläufige Überschwemmungsgebiete dieser Art sind die Pupplinger und Ascholdinger Au [P. SEIBERT 1958, W. TRAUTMANN 1971, P. SEIBERT u. W. ZIELONKOWSKI 1972]. Durch den Bau des Sylvensteinspeichersees wurden die großen Hochwasser unterbunden und die Geschiebenachlieferung reduziert. Damit hat sich in den unterhalb des Speichers gelegenen Wildflußauen eine starke Vegetationsbedeckung eingestellt. Unser Luftbild gibt dagegen einen typischen, durchschnittlich breiten Abschnitt der Flußaue wieder. Außerdem ist es bereits vor dem Bau des Sylvensteinspeichersees aufgenommen worden und zeigt damit die ursprünglichen, weitgehend natürlichen Verhältnisse mit sehr schütterer Pflanzendecke.

Der Isartyp ist so bekannt, daß sich eine Beschreibung des Physiotopgefüges erübrigt. Hier sollen aber die Bedingungen für sein Auftreten genannt werden: Starkes Gefälle, meist Flüsse mittlerer Größe, stark schwankende Wasserführung, Schotterreichtum, relative Armut an feinkörnigen Schwebstoffen bzw. Sedimenten. BERNINGER (mdl.) hält

einen hohen Anteil an Großschottern für ganz wesentlich, der insbesondere dem Moränenmaterial (vor allem dem pleistozänen) im Gebirgsinnern entstammt.

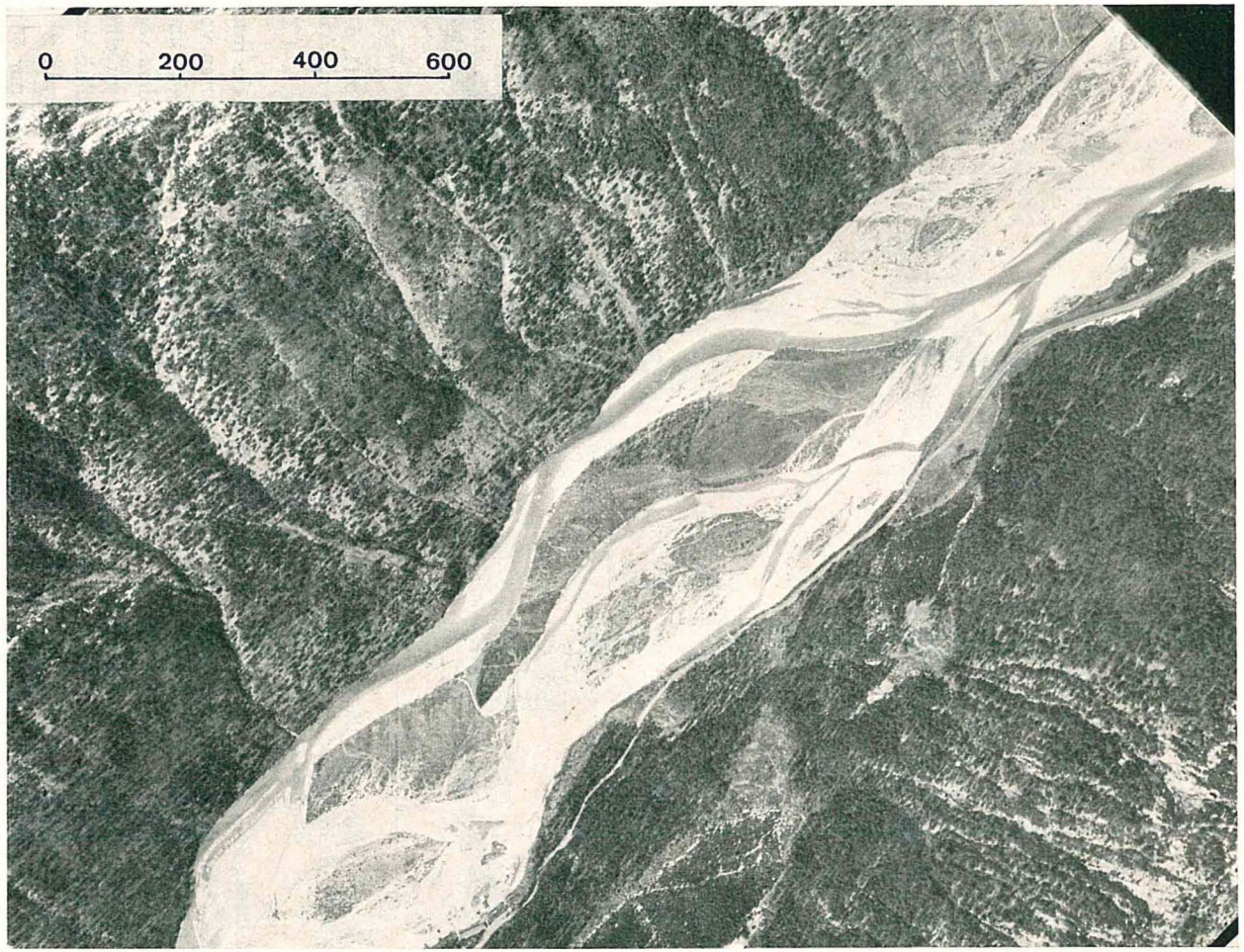
Der Isartyp ist im Umkreis von Hochgebirgen allgemein verbreitet, besonders im Bereich mesozoischer Kalksteine, die bei der Verwitterung massenhaft Ausgangsmaterial für die Schotter liefern. In der Aschoidinger Au beispielsweise ist das Verhältnis Kristallin zu Kalk etwa 1:7 [BERNINGER mdl.]. Der aus den Südlichen Kalkalpen kommende Tagliamento westlich von Udine z. B. repräsentiert diesen Typ sehr eindrucksvoll. Zu ihm gehören die meisten Torrenten. — Auch die klassisch-schöne Morphologie der Donau-Iller-Lech-Platten geht auf die lebhafte Dynamik derartiger Flüsse vom Isartyp zurück, die im Pleistozän durch den Wechsel zwischen Akkumulations- und Erosionsphasen die Flußterrassen und Austufen herauspräpariert haben. Da sie an Flußentwicklungsprozesse des Isartyps gebunden ist, konnte sie nur im Umkreis eines Hochgebirges entstehen.

Der Inntyp — Inn bei Neuburg a. Inn (*Luftbild 3*)

Am Ausgang der Vornbacher Enge (*vgl. Luftbild 1*) folgt ein Abschnitt mit weicherem Grundgestein. In dieser Ausraumzone erweitert sich der Inn wieder auf 200—300 m Breite. Die Fließgeschwindigkeit ist geringer. Der kristalline Untergrund ist von akkumulierten Schottern verdeckt, und an Stellen, die nicht direkt der Strömung ausgesetzt sind, kann sich sogar der reichlich mitgeführte Flußsand absetzen. Es hat sich ein völlig anderes Physiotopgefüge als beim Grundgebirgstyp ausgebildet. Eine kiesige Hochwasserfließrinne trennt eine 600 m lange und 150 m breite Insel vom linken Ufer. *Figur 3*, unten, zeigt einen Querschnitt durch diese Insel etwa an ihrer breitesten Stelle. Es soll hier im wesentlichen nur der Aufbau der Insel interessieren. Von der Vegetation hat für die Morphogenese die Weiden-Weißerlenau an den Ufergehängen die wichtigste Funktion.

Durch vergleichende Beobachtung an anderen Inseln und an Schotterflächen kann die Genese der Insel rekonstruiert werden: Zunächst war hier eine submerse Schotterfläche. Durch Akkumulation von Grobkies ist sie als Kiesbank über die Zentral- und Mittelwasserstandslinie emporgewachsen. Diese Kiesbank hatte schließlich eine Oberfläche, die der Kies/Sand-Grenze der Querschnitte entspricht (*Fig. 3*); die Sohle der Hochwasserfließrinne mag aber etwas höher als heute gelegen haben. Die Lehrbuch-Meinung, daß sich nun mit den seltener und weniger heftig werdenden Überflutungen sukzessive immer feinere Fraktionen ablagern müßten, ist zumindest für den Inn falsch. Schon in der Fracht des Inns und erst recht in seinen Sedimenten dominieren Grobkies einerseits und Mittel- bis Feinsand andererseits; die Fraktionen „Feinkies" und „Grobsand" haben nur einen bescheidenen Anteil.

Nun beginnt auf der Kiesbank u n v e r m i t t e l t die Bildung einer Sandinsel, und zwar unter entscheidender Mitwirkung der Vegetation [VOLLRATH 1963]: Hinter den eingeregelten, schrägliegenden plattigen Kiesen liegt etwas Sand. In ihm fassen Ausläufer- und Riesen-Straußgras (*Agrostis stolonifera, A.gigantea*), auch Quecke (*Agropyron*



Luftbild 2 (Maßstab ca. 1 : 9500) — die Isar zwischen Fall und Hohenwiesen, unterhalb des heutigen Sylvensteinstausees. Fließrichtung SW nach NE. 1. 5. 1958. — Links der Hohe Zwiesler, rechts der Schergenwieser Berg. Im S des Luftbildes ist ein Teil des Talbodens mit Wald bestanden.

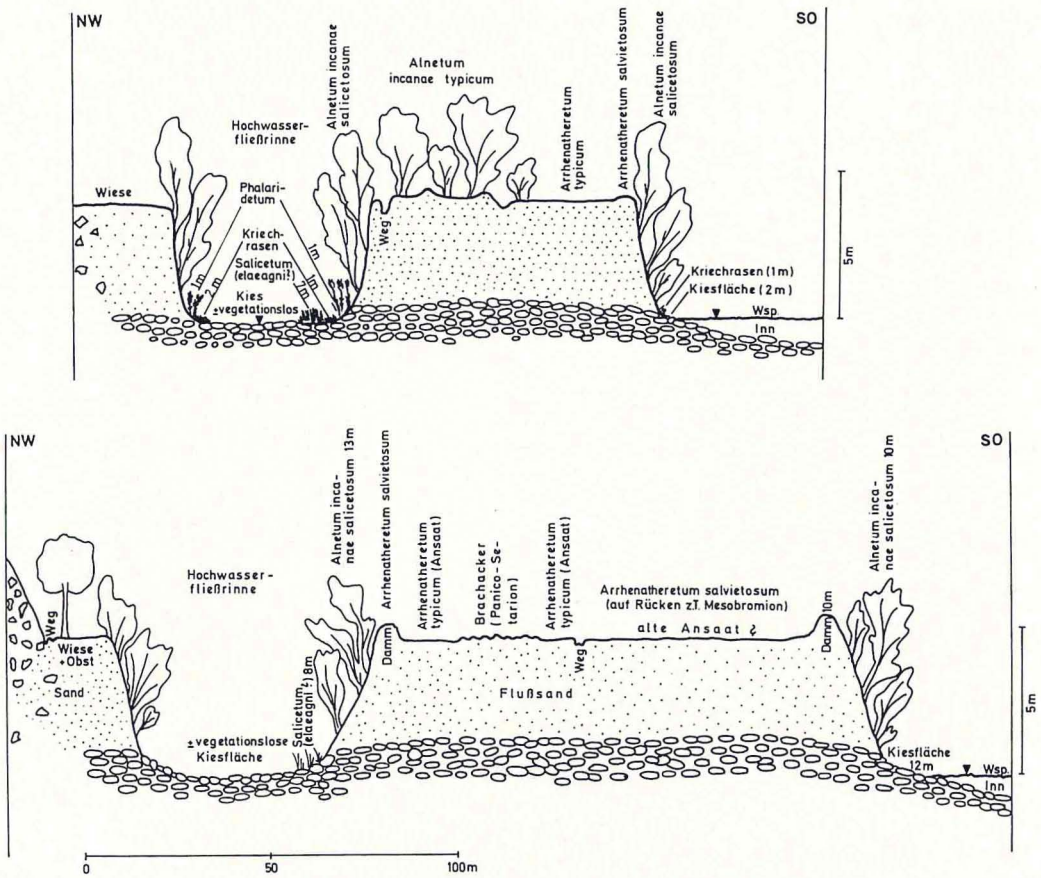
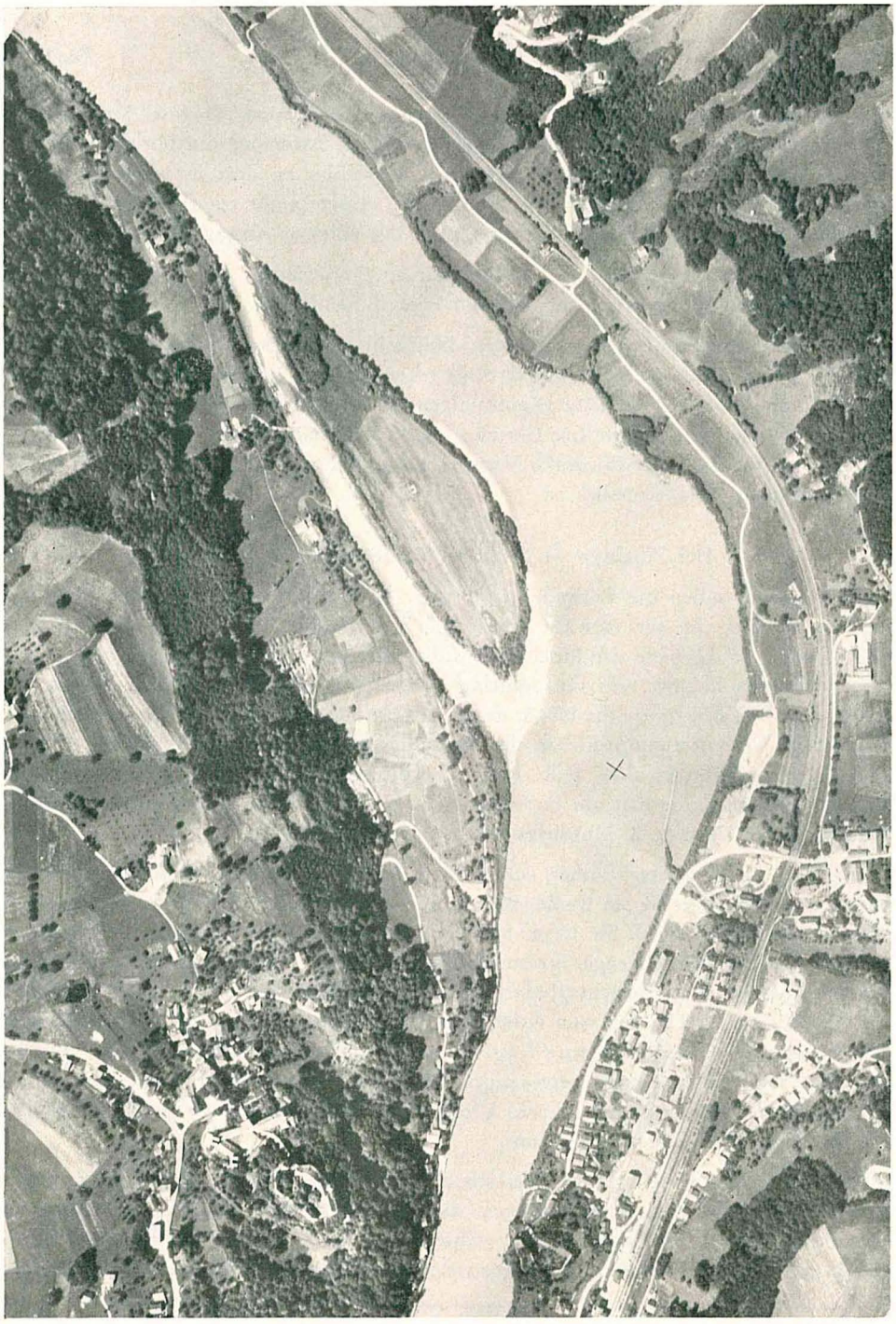


Fig. 3. Schnitte durch die Flußsandinsel im Inn bei Neuburg/Leithen, oben bei Inn-km 9,11, d. i. am Beginn des letzten (nördlichsten) Viertels der Insel, unten bei Inn-km 9,35, d. i. 50 m oberhalb des südlichsten Gehöfts von Leithen (Leithenbauer). Entwurf H. VOLLRATH.

repens) Fuß, fangen mit den an Stolonen und Rhizomen sich bildenden Wurzeln rasch weiteren Flußsand ein und legen ihn fest. Es bilden sich auf der Kiesfläche Scharen von längsovalen, bis meterhohen Sandrücken, die von dichtem Kriechrasen überzogen sind. Dieser wird in der Sukzession bald von anderen Pflanzengesellschaften, besonders vom Rohrglanzgrasröhricht (Phalaridetum) abgelöst. Die Sandrücken verschmelzen zu einer Sandinsel. Durch Festlegung weiteren Sandes wächst diese höher und wird endlich von einer Weißerlenau (Alnetum incanae) besiedelt. Der Mensch rodet diesen Auwald stellenweise, baut Dämme (*Fig. 3*) und legt Schnittwiesen und sogar Äcker an, die nur noch selten überflutet werden. Die Weiden-Weißerlenau an den erosionsgefährdeten Uferhängen läßt er unangetastet.

Noch während der letzten Phasen des Aufbaus kann, beispielsweise durch eine Verlage-



Luftbild 3 (Maßstab ca. 1 : 8000) — der Inn bei Neuburg a. Inn. Fließrichtung von S nach N. 15. 7. 1963. — Ausgang der Vornbacher Enge. Im S des Luftbildes links Neuburg a. Inn mit bewaldetem Steilhang zum Innufer, rechts auf österreichischem Staatsgebiet Wernstein, ebenfalls mit Burg. Die vier Höfe am bayerischen Ufer bei und unterhalb der Insel: Ortschaft Leithen. (Unschärfe im Original-Negativ).

rung des Stromstrichs, von der Luvseite her wieder die Erosion der Insel beginnen (so Lüftenegger-Insel bei Passau). Die stärker werdende Strömung durchbricht während eines Hochwassers den schützenden Saum des Auwaldes an dem inzwischen mehrere Meter hoch gewordenen Ufergehänge. Von diesem Ansatzpunkt aus fällt die Sandinsel, u. U. mitsamt einem Teil ihres Kiessockels, rasch der völligen Abtragung zum Opfer.

Der Inntyp hat somit das folgende Inventar an Physiotopen: 1. Flußbett über Kies; 2. Kiesbänke und Hochwasserfließrinnen auf Kies; 3. Sandinseln.

Voraussetzungen für den Inntyp sind: Mäßige bis relativ starke Strömung und eine hohe Fracht an Sand und Kies. Letzteres ist offenbar dann gegeben, wenn im Einzugsgebiet sowohl kristalline Gesteine (Zentralalpen) als auch Kalkgesteine (Nördliche Kalkalpen) vorhanden sind. Kristalline Gesteine liefern hauptsächlich den Sand, Kalkgesteine den Kies, wofür der unterschiedliche Verwitterungsmodus bzw. Zerteilungshabitus dieser Gesteinsgruppen verantwortlich ist.

Der Naabtyp — Naab bei Wölsendorf (*Luftbild 4*)

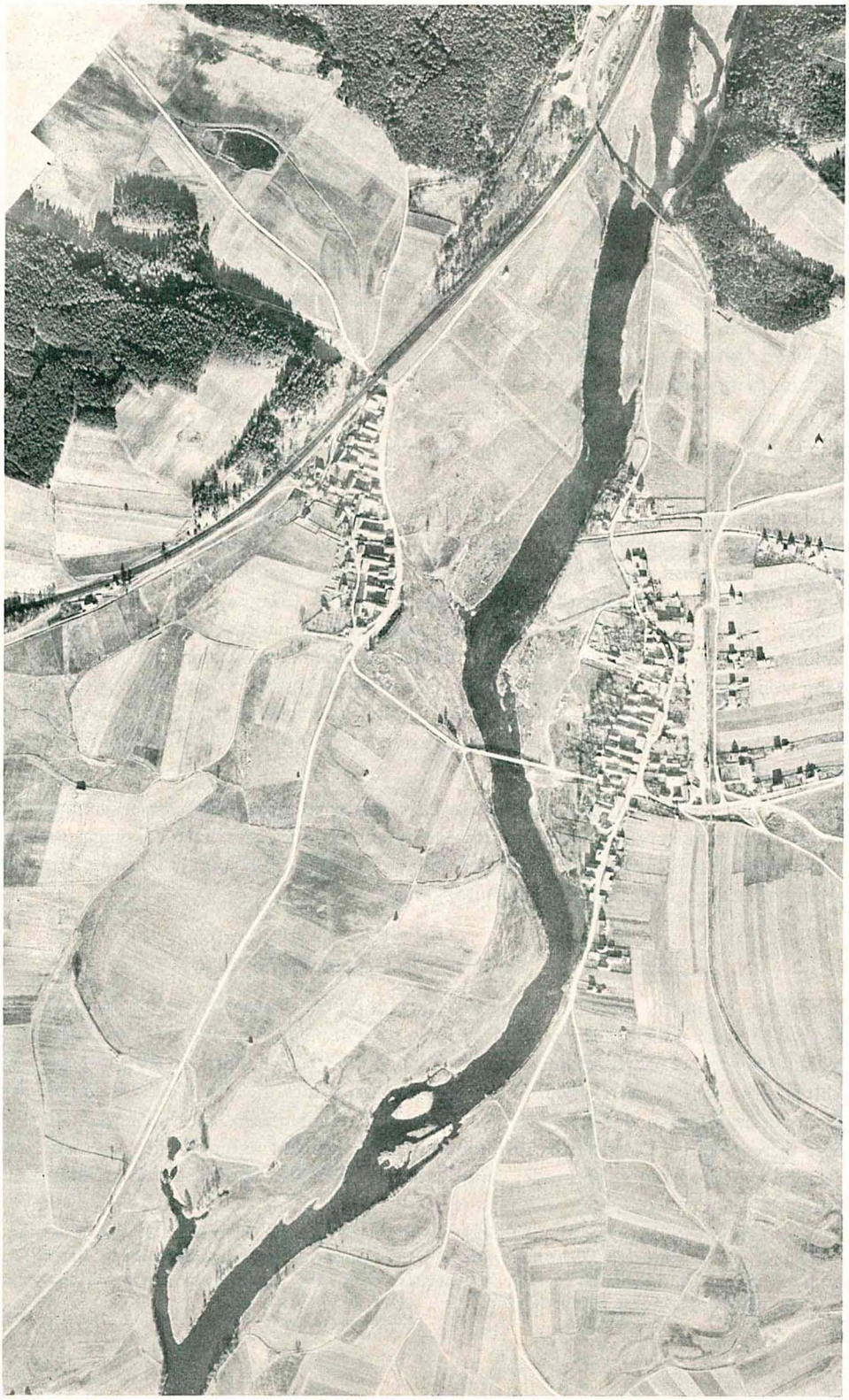
Als Naabtyp sollen die Entwicklungsprozesse bzw. Physiotopgefüge bzw. Auen bezeichnet werden, die für schwach bis höchstens mittelstark strömende Flüßchen und Flüsse der S a n d gebiete der Mittelgebirgsschwelle charakteristisch sind. Hierher gehören die Rednitz-Regnitz, mit Einzugsgebiet großenteils im Sandsteinkeuper des Mittelfränkischen Beckens, ferner die Naab, deren reichlich mitgeführte mittel- bis grobkörnige Sande teils Verwitterungsprodukte der kristallinen Gesteine des Oberpfälzer Waldes und des Fichtelgebirges sind, teils solche verschiedener mesozoischer Formationen des Naab-Hügellandes, die hier am Fuße des alten Variskischen Gebirges in einer sandigen Randfazies vorliegen (z. B. Muschelsandstein statt Muschelkalk).

Die Naab ist ein breiter, flacher, eurythermer, stark verkrauteter Weichwasserfluß. Im Frühsommer schmückt sie ein weißes Blütenmeer des Pinselblättrigen Wasserhahnenfußes *(Ranunculus penicillatus)*. Sie ist so breit wie der Inn in der Vornbacher Enge, führt aber nur $^1/_{32}$ der Wassermenge. Strömungsgeschwindigkeit und Wasserstandsschwankungen sind viel geringer. Dementsprechend herrschen an der Naab nach der Terminologie von THINEMANN [1912] bzw. von KOPECKY [1969] lenitische (Wasserströmung schwach) Uferbezirke des stenosaleutischen (Wasserstandsschwankungen gering) Ufertyps vor, die von einer viel reicheren und andersartigen Vegetation besiedelt sind als die fast durchwegs lotischen (Wasserströmung stark) Uferbezirke vom eurysaleutischen (Wasserstandsschwankungen stark) Ufertyp des Inns.

Mäander fehlen, wie bei den drei schon besprochenen Typen. Im Flußbett liegen parabeldünenartige Schotteranhäufungen, die von Flachwasser überströmt werden. Sie entwickeln sich zu Kiesinseln weiter, während sich die Rinnen dazwischen vertiefen. Damit geht eine Ausbauchung des Flußbettes einher. Diesen Entwicklungsvorgang konnte

---

Luftbild 4 (Maßstab ca. 1 : 11 000) — die Naab bei Wölsendorf. Fließrichtung von N nach S. 21. 11. 1961. — Brensdorf im W, Wölsendorf im E.



ich zwischen Brensdorf und Wölsendorf im Verlaufe von nur wenigen Jahren beobachten, er läßt sich im übrigen aber auch durch Vergleich einiger Flußabschnitte ablesen. Die höherwachsenden Inseln behalten im Hauptströmungsbereich noch lange ihre Kiesoberfläche bei. Wo geringere Strömungsgeschwindigkeiten herrschen, lagert sich Sand auf.

Am Ufer bilden sich stromabwärts gerichtete Landzungen aus. Die Buchten können vom Fluß durch flache Barren ganz oder teilweise abgetrennt werden. Damit wird Ablagerung von Schlamm möglich, z. B. am rechten Ufer bei Brensdorf. — Die Aue wird bei Überschwemmung von Grobsand und Grus übersandet. In ihr sind die Hochwasserfließrinnen im Luftbild klar auszumachen.

Der Fluß verändert in größeren Zeitabständen seinen Lauf. Verlassene Flußläufe hinterlassen in der Aue perlschnurartig aneinandergereihte Altwässer, z. B. rechtsufrig oberhalb Schwarzenfeld.

Die einzelnen Physiotope sind von bestimmten Pflanzengesellschaften[2]) besiedelt, nämlich die flachwasserüberströmten Kiesflächen von der *Ranunculus penicillatus-Myriophyllum spicatum*-Gesellschaft, die eben aus dem Wasser aufgetauchten Kiesbänke von einer schütteren Flußknöterich-Gesellschaft mit bis 100 Pflanzenarten auf 50 m², die höheren, älteren Kiesinseln von einem Beifußgestrüpp (Tanaceto-Artemisietum) und die Sandinseln vom Rohrglanzgrasröhricht. In den schlammigen Buchten wird die Verlandung von der Wasserkressen-Gesellschaft (Oenantho-Rorippetum) eingeleitet. Auf ungenutztem Auenboden steht ein Thero-Airion (linkes Ufer oberhalb Brücke), unter Grünlandnutzung stellt sich eine magere Frischwiese ein, die infolge Nährstoffarmut frei von Arrhenatheretalia-Arten ist.

Im SE des Luftbildes sind Mulden als Überreste ehemaliger Mäander erkennbar. Sie gehören nicht mehr zum Naabtyp: Hier mündet die Schwarzachaue in einem weiten Trichter in die Naabaue ein, und der höhere Anteil an Tonmineralien äußert sich prompt in einem andersartigen Physiotopgefüge.

Der Ilmtyp — Ilm unterhalb Geisenfeld (*Luftbild 5*)

Hiermit beginnen die mäanderbildenden Flußtypen. Vorneweg sollen deshalb die Voraussetzungen für eine Mäanderbildung, wie ich sie sehe, kurz aufgezählt werden: Erstens scheint Mäanderbildung nur bei reichlichem Antransport von schluffig-tonigem Material möglich zu sein. Zweitens darf die Fließgeschwindigkeit des Hochwasserstroms in der Aue nicht zu groß sein, damit dieses Material auch sedimentiert werden kann. Drittens ist vielleicht eine den Auelehm unterlagernde, weniger widerständige Schicht aus Kies oder Sand, wie sie als nacheiszeitliche Schotterfüllung im

[2]) Veröffentlichung der vegetationskundlichen Untersuchungen für Beispiel 1, 3, 4, 6, 7 geplant [1 u. 3 in Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth, 4 u. 6 in Hoppea, Denkschr. Regensburg. Bot. Ges.], für Beispiel 8 (und 9) bereits erfolgt (Vollrath 1966); für 2 und 5 keine genaueren pflanzensoziologischen Erhebungen durchgeführt.

Luftbild 5 (Maßstab ca. 1 : 8000) — die Ilm unterhalb Geisenfeld. Fließrichtung von S nach N. 8. 5. 1959.

mitteleuropäischen Raum wohl stets vorhanden ist, notwendig. Viertens: Hingegen ist ein stärkeres Gefälle, das in der Literatur oft als Ursache für die Mäanderbildung genannt wird — der Fluß wolle damit seine überschüssige Strömungsenergie ausgleichen —, sicher keine conditio sine qua non. Mäanderbildung scheint eher durch geringeres Gefälle begünstigt zu werden, weil dann widerständigeres Auensediment zum Absatz kommen kann.

Auf dem Luftbild der Ilmaue läßt sich die zeitliche Abfolge ganzer Generationen von Mäandern eruieren. Die Krümmung der Mäander ist unregelmäßig. Die nach außen gerichteten Bögen sind oft spitzlich abgebogen. Nach meiner Erfahrung weist das auf Widerstand bei der Seitenerosion hin.

Die Dynamik ist im mittleren Bereich der Aue am lebhaftesten. Doch hat sich der Fluß seltener auch bis an den Rand der Aue vorgearbeitet, wo er den Niederterrassenhang anschneidet. Die am Fuß der ackerbedeckten Niederterrasse liegengebliebenen Altwässer haben eine längere Lebensdauer als die im Zentralbereich der Aue. Das hat zwei Gründe: Erstens werden bei Überschwemmungen nur geringe Mengen an verlandungsfördernden Schweb- und Schwemmstoffen bis an den Rand der Aue verfrachtet. Zweitens tritt von der Terrasse her nährstoffarmes Grundwasser, das keine so üppigen Verlandungsgürtel hervorruft, in die Aue aus.

Das schwebstoffbeladene Flußwasser hat eine viel stärkere Albedo und erscheint deshalb heller als das klare Grundwasser in den Altwässern. Die extensiv genutzten Wiesen zwischen den Flußschlingen und Altwässern zeigen ein helleres Grau als die intensiv bewirtschafteten Mehrschnittwiesen, Naßwiesen erscheinen meist dunkelgrau, Röhrichte wegen abgestorbener Blattmassen zum Aufnahmedatum (Anfang Mai) noch weißlich. In den Teilen der Au, die länger nicht von Mäandern erfaßt wurden, haben sich prielartige Hochwasserfließrinnen herausgebildet. Dieses Formelement ist mit den übrigen genetisch nicht verwandt.

Der Ilmtyp stellt sich besonders an strömungsschwächeren, d. h. gefällsärmeren und kleineren Flüssen ein, in deren Einzugsgebiet lehmiges bis schluffiges oder staubfeines Verwitterungsmaterial abgetragen wird. Diese Voraussetzungen sind in Bayern vor allem in den lößlehmverschleierten Teilen der Tertiär-Hügelländer gegeben. Die vorwiegend ackerbauliche Nutzung solcher Böden fördert noch die Bodenerosion und erhöht die Menge des Sedimentationsguts.

Der Schwarzachtyp — Schwarzach bei Altfalter (*Luftbild 6*)

Auch der Schwarzachtyp gehört zur Gruppe der Mäandertypen. In weiten Schwüngen in ihrer Aue pendelnd, durchquert die Schwarzach die Oberpfälzer Rumpfplatte. Die Aue ist oft mehrmals jährlich überschwemmt, z. B. wenn im Hohen Oberpfälzer Wald die Schneeschmelze eingesetzt hat. Dann ragen meist nur die Rehnen (natürliche Uferwälle) [Abb. 10, 11, 12 bei VOLLRATH 1966], besonders an den Außenkurven, aus der Hochwasserflut (*Bild 1*).

Luftbild 6 (Maßstab ca. 1 : 5500) — die Schwarzach bei Altfalter (Ortschaft im E). Fließrichtung von NE nach SW. Mai 1952. Kiesinseln.

Beim Schwarzachtyp lagert sich an den Innenkurven der Mäanderschleifen streifenweise Neuland an, an den Außenkurven bricht der Auelehm an einem Steilufer in den Fluß. Manchmal erfolgen Mäanderdurchbrüche; zwischen Willhof und Schwarzach ist ein Mäanderhals bereits so schmal geworden, daß der Heuwagen gerade noch in den Mäanderkopf fahren kann. Ausnahmsweise treten Flußinseln aus Feinkies bis Sand auf. Auch in der Schwarzachaue gibt es Hochwasserfließrinnen (dunkles Netz im rechten Viertel der Aue).

Nach unseren bisherigen Kenntnissen gibt es in der Schwarzachaue acht verschiedene Physiotope: 1. Schlammige Flußabschnitte — submerse lenitische Ökotope[3]); 2. Grobsandig-feinkiesige Flußabschnitte — demerse lotische Ökotope; 3. Grobsandig-feinkiesige Flußinseln — semimerse lotische Ökotope; 4. Altwässer — submerse strömungsfreie Ökotope; 5. Sekundärmulden, Hochwasserfließrinnen und verlandete Altwässer — semimerse Ökotope; 6. Anlandungen; 7. Hochauen; 8. Grundwassernahe Flächen außerhalb des Mäandergebietes mit schweren Böden. Alle diese Physiotope sind von meist mehreren, aber bestimmten Assoziationen besiedelt; z. B. die Hochauen: a) am erosionsgefährdeten Hochufer mit dem Salicetum triandrae und dem Caricetum buekii; b) hinter dem Hochufer unter Wiesennutzung von einer *Sanguisorba*-Frischwiese[4]), bei Nachweide von einer Typischen Frischwiese[4]), unter extensiver Schnittnutzung von einem Nardetum.

Der Rottmündungstyp — Rott bei Ruhstorf *(Luftbild 7)*

Der Rottmündungstyp und der Itzmündungstyp sind Varianten oder Subtypen des Schwarzachtyps. Der (hier nicht behandelte) Itzmündungstyp hat höhere Sandanteile im Sedimentationsgut, ist reicher an Inseln und leitet zum mäanderfreien Naabtyp über. Beim Rottmündungstyp tritt dagegen die Sandfraktion zurück; vielmehr liegt eine schluffige Decke über Grobkies. Dies kommt durch die besondere Situation an der unteren Rott zustande: Hier hat der Inn durch die Stauwirkung des harten Kristallins der Böhmischen Masse eine Ebene aus Niederterrassenschottern, die „Pockinger Haid", aufgeschüttet. Auf sie tritt die Rott in den letzten 12 Kilometern ihres Laufes als Fremdlingsfluß hinaus. Sie ist vom Donau-Isar-Hügelland her mit einer gewaltigen Fracht an erodiertem Lößlehm beladen, mit dem sie sich ein 1½ km breites und ca. 2—3 m mächtiges Lehmband auf die Schotterfläche hinausbaut. Selbst bei normalen Wasserständen — wie am 14. März 1957, dem Aufnahmedatum des Luftbildes — ist eine starke Schwebstofffracht an der hellen Farbe des Flusses auszumachen. Die Flußsohle der Rott liegt im Schotter. An den Außenkurven der großen, wandernden Mäander unterspült sie die Auelehmdecke, die an senkrechten Steilufern in die trüben Hochwasserfluten stürzt. Die Ablagerungen an den Innenseiten bestehen lange Zeit aus Kies, bis sich unmittelbar darauf, ohne Zwischenschaltung einer Sandfraktion, Schluff absetzt.

[3]) Terminologie nach K. Kopecký 1969.
[4]) Assoziation noch nicht beschrieben.

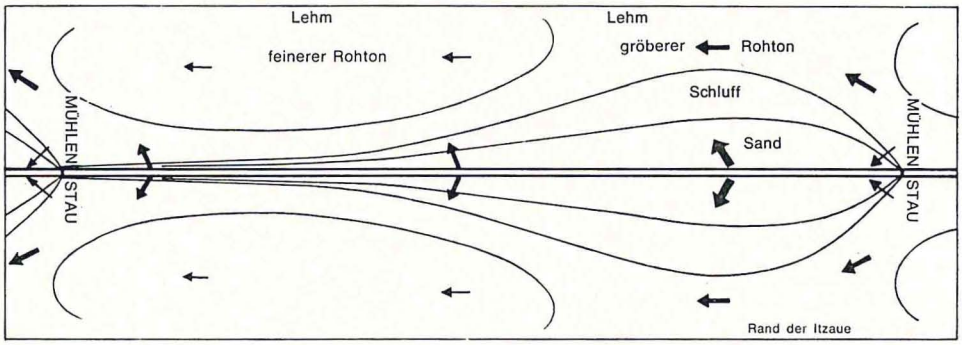


Fig. 4. Schema der fraktionierten Auelehmsedimentation. Die Itz flösse in der Auenmitte von N nach S. Die Dicke der Pfeile entspricht der Geschwindigkeit des Hochwasserstroms. Angenommene Maße: Breite der Aue 600 m, Entfernung zwischen den Mühlenstauen 1500 m. Aus VOLLRATH 1966 (Abb. 8 auf S. 34).

Der Itztyp — Itz von Scherneck bis Erlesmühle *(Luftbild 8)*

Die Kausalketten, die zum charakteristischen Physiotopgefüge des Itztyps führen, wurden bisher am eingehendsten untersucht [VOLLRATH 1967, 1968]. Hier sollen nur wenige wichtige Punkte angesprochen werden.

Die Itz entspringt im Thüringer Wald. Der größte Teil ihres Einzugsgebietes liegt aber in altbesiedelten Hügelländern, die vielfach aus tonigen und mergeligen Gesteinen des Erdmittelalters, wie Gipskeuper und Lias, aufgebaut sind. Das Flüßchen belädt sich so reichlich mit Feststoffen, besonders mit feinkörnigen Schwebstoffen. Sie werden bei den häufigen Hochwässern in der Aue abgesetzt. Dieser Sedimentationsvorgang vollzieht sich nun aber in einer bestimmten Weise in Abhängigkeit von den Mühlenstauen *(Fig. 4)*: Unterhalb einer Mühle stürzt ein Teil des Hochwassers von der Aue ins breite Flußbett zurück. Im Staubereich der nächsten Mühle findet eine zuerst heftige, dann zunehmend langsamere Wiederausuferung statt. Dadurch sortiert sich das Sedimentationsgut nach Korngrößen („fraktionierte Auelehmsedimentation") [VOLLRATH 1966]. Das Gebiet der Sandablagerung wächst dabei viel schneller in die Höhe als das des Schluffs und besonders des Tons, so daß sich, bei einer Maximalmächtigkeit des Auensediments von etwa 4 m, Höhenunterschiede bis 2 m herausgebildet haben.

Das Luftbild zeigt im N den Unterwasserabschnitt unterhalb der Schernecker Mühle. Die sandigen Rehnen haben viel größere Ausmaße als an der Schwarzach, wo sie der Flußerosion bald wieder zum Opfer fallen; auf ihnen haben sich trockenheitszeigende Wiesengesellschaften eingestellt. Altwässer fehlen in der Aue völlig. Diese großen Uferwälle und das Fehlen von Altwässern sind Beweise, daß der Fluß seit langem in der Masse seiner eigenen Ablagerungen festliegt. Er kann nur noch auf vielleicht ein, zwei Flußbreiten auspendeln und wird dann durch das rasch feinkörniger und schwerer erodierbar werdende Sediment bald wieder in die Ausgangslage zurückgezwungen. Es

können sich nur noch vereinzelte „Kleinmäander" bilden, sozusagen Anhängsel der größeren „fixierten Mäander".

Im S des Luftbildes kommen wir immer mehr in den Oberwasserabschnitt der Erlesmühle. Insgesamt werden feinere Korngrößen abgesetzt, auch ist eine Kleinmäanderbildung nicht mehr möglich.

Im Stadtgebiet von Coburg, das 1868/69 hochwasserfrei gelegt wurde, beträgt die Mächtigkeit der Auelehmdecke nur 1/3 des normalen Werts. Das besagt: 2/3 des Auelehms sind erst im letzten Jahrhundert abgelagert worden. Ursachen für diese rapide Zunahme des Sedimentabsatzes sind: Intensivierung des Ackerbaus im Einzugsgebiet; Übergang zu erosionsgefährdeten Kulturen (Mais, Kartoffeln); fortlaufende Erhöhung der Stauziele an den Mühlen bzw. Elektrizitätswerken. Heute vermindern Staue das Gefälle von 1,2 ‰ (Sohlgefälle) auf 0,24 ‰ (Spiegelgefälle), also 1/5 des natürlichen Wertes. Daher bleibt mehr und feineres Material im Flußbett und (bei Überflutungen) in der Aue liegen. Das Gewässer liegt in den Massen seines Feinsediments über dem fossilen Kiesuntergrund.

Wir dürfen annehmen, daß die Itz einst frei in ihrer Aue vagabundiert hat. Der Beginn der Kolonisation und damit der verstärkten Erosion im Einzugsgebiet mögen ab dem 8. Jh. (730 gründete Bonifatius das Kloster Fulda) eine gewisse Stabilisierung des Laufes eingeleitet haben, die 5 Jahrhunderte später die Anlage von Mühlen ermöglichte (1253 Schernecker Mühle erwähnt). Die Mühlen ihrerseits trugen wieder zur Beschleunigung der Sedimentation und zur völligen Festlegung des Flußlaufes bei.

Systematisierung der behandelten Flußauen

Abschließend sollen die besprochenen Flußauentypen in ein Gliederungsschema eingeordnet werden *(Fig. 5)*. In ihm sind Prozesse (Erosion, Akkumulation), Materialien (Bodenarten) und Formen (Klippen usw.) zu unterscheiden.

Ganz isoliert steht der Grundgebirgstyp mit seinen Felsinseln und Klippen. Bei ihm wirkt nur die Erosion gestaltend. Der Kies wird durch extrem schnellfließende Strecken durchgetrieben, an weniger typischen (*Luftbild 1:* südlich Vornbach) gelangt er auch zur Ablagerung. Sand kann nur auf der Leeseite der Felsinseln sedimentiert werden.

Die Morphogenese der übrigen Typen spielt sich in Lockermaterialien ab. Es wirken Erosion und Akkumulation, wobei mit der Zunahme der Schluff-Ton-Fraktionen Akkumulationsprozesse überwiegen. Die Typen werden eingeordnet zwischen die drei Fraktionen Kies, Sand und Schluff/Ton. Maßgebend für die Einordnung ist der Anteil der Fraktionen am Sediment, nicht ihr Anteil am Feststofftransport des Flusses. Denn Schwebstoffe, die wegen starker Strömung nicht zur Ablagerung kommen, bleiben

---

Luftbild 8 (Maßstab ca. 1 : 11 000) — die Itz von Scherneck bis Erlesmühle. Fließrichtung von N nach S. 10. 4. 1957. — Oben Scherneck, rechts oben zu Untersiemau (Polstermöbelfabrik Wagner). Zuflüsse: von E Siemauer Mühlbach, von NW Wohlbach, von W Ziegelsdorfer Bach (im S) — — Eine farbige Vegetationskarte zur Interpretation ist bei Vollrath 1966 veröffentlicht.

ohne morphologischen Effekt. (Andererseits sind selbstverständlich die günstigsten Sedimentationsbedingungen für eine Fraktion wirkungslos, wenn diese aufgrund der Verhältnisse im Einzugsgebiet weitgehend fehlt.)

Herrschen K i e s - und S a n d fraktionen im Sedimentationsgut vor, dann bilden sich Kiesbänke und I n s e l n aus Kies und Sand: Isar-, Inn- und Naabtyp. Werden in größerem Maße S c h l u f f und T o n sedimentiert, was kausal mit geringeren Fließgeschwindigkeiten verknüpft ist, stellen sich M ä a n d e r typen ein. Die Mäander wandern frei und hinterlassen in der Aue Altwässer, wenn die Korngrößen nicht zu fein oder/und die Auelehmauflage in Relation zur Größe des Flusses nicht sehr dick ist. Bei hohen Schluff- und Tonanteilen und sehr mächtigen Auenlehmdecken, was wiederum miteinander mehr oder weniger korreliert ist, wird der Flußlauf mitsamt seinen Mäandern festgelegt; es können sich nur noch Kleinmäander in Unterwasserabschnitten bilden (Itztyp).

Von den Mäandertypen steht der sandreiche Itzmündungstyp auf der Grenze zum inselbildenden Naabtyp. Auch Schwarzach- und Rottmündungstyp bilden vereinzelt Inseln im Flußbett. Bei höheren Schluff/Ton-Anteilen findet keine Inselbildung statt.

Ein U f e r[5]) prägt sich bei fast allen Typen aus. Lediglich beim Isartyp verändert sich die Wasser-Land-Grenze so häufig, daß es an ihr nicht zu einer Versteilung des Geländes kommen kann, weshalb bei ihm die Physiotope des Landes kontinuierlich in die des Wassers übergehen. Der Grundgebirgstyp hat Felsufer, alle übrigen Typen haben nur aus Akkumulationsmaterial gebildete Ufer.

In altbesiedelten und intensiv agrarisch genutzten Gebieten mit starkem Bodenabtrag verschieben sich die Verhältnisse in Richtung des Pfeiles. Dorthin wirkt auch eine Herabsetzung des freien Fließgefälles durch starke Ausnutzung der Wasserkräfte. Diese Einflüsse habe ich mit „kulturlandschaftstypisch" umschrieben.

R ü c k s c h l i e ß e n d darf wohl die Hypothese aufgestellt werden, daß manche Flüsse, die heute Mäandertypen sind, ursprünglich zu den inselbildenden Typen gehörten. Mit der Intensivierung des Ackerbaus hat sich der Bodenabtrag im Einzugsgebiet verstärkt, wodurch eine heftige Auelehmsedimentation ausgelöst wurde. Dies führte einige Jahrhunderte später den Übergang zur Mäanderbildung und eine gewisse Stabilisierung des Flußlaufes herbei. Damit erst wurde die Anlage von Mühlen ermöglicht. Diese verstärken ihrerseits die Sedimentation, besonders von Feinteilchen. Es handelt sich hier um einen Rückkoppelungseffekt. Der Übergang von Insel- zu Mäandertypen könnte als geomorphologische Sukzession bezeichnet werden.

Bei reichlich Feinsedimente liefernden Einzugsgebieten (Lößlehm, Ackerbau) und starker Abflußverzögerung k a n n diese Sukzession noch einen Schritt weiter gehen

[5]) Wobei „Flußufer" morphologisch definiert werden muß, etwa als „seitlicher Teil des Gewässerbettes" (Entwurf zur DIN 4049) oder distinkter als „Versteilung im Bereich der Zentral- bis Mittelwasserstandslinie", nicht als „Grenze des an ein Gewässer stoßenden Landes" oder „Rand eines Gewässers".

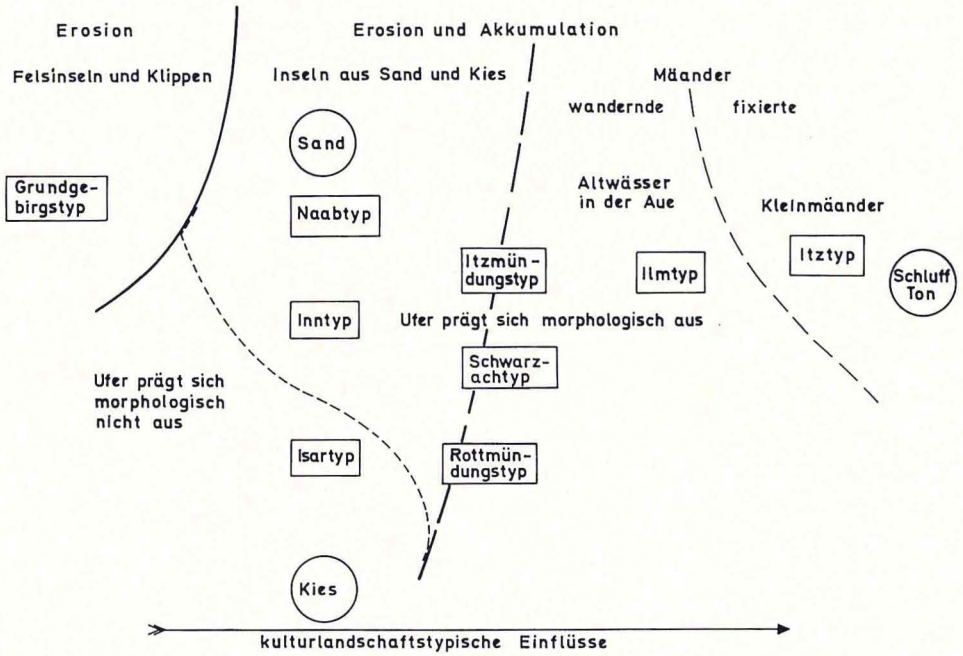


Fig. 5. Vorläufiges Gliederungsschema einiger Typen von Flußauen in Bayern. Entwurf H. VOLLRATH.

bis zur stabilen Endform des fixierten Flusses, zum Itztyp. Er ist die irreversible Klimax dieses geomorphologischen Prozesses.

An diesem Schema haben sich also ganzheitliche Zusammenhänge und Entwicklungstendenzen aufzeigen lassen. Es trägt damit die Merkmale eines — freilich noch erweiterungs- und verbesserungsfähigen — Systems.

Ausblick

In der Diskussion wurde u. a. die Frage aufgeworfen, ob diese zunächst nur für den bayerischen Raum dargelegten Zusammenhänge und aufgestellten Hypothesen auch für andere Gebiete gelten würden. Mir erscheint es wahrscheinlich, daß in anderen Klimazonen andere Korrelationen zwischen Flußtyp und Ausgangsgestein bestehen, da die chemischen und auch physikalischen Verwitterungsprozesse stark klimaabhängig sind. Dagegen dürften zwischen Flußtyp und Sedimentniederschlag dieselben Beziehungen wie im mitteleuropäischen Raum herrschen, weil die physikalischen Vorgänge der Flußerosion und Akkumulation vom Klima weitgehend unabhängig sind. In geologischen Grabensenken trifft man, da sie die Akkumulation fördern, häufig Mäanderflüsse

(Menderes = Mäander!, Río Magdalena). Dasselbe beobachtet man in den Räumen alter Hochkulturen (Euphrat, Tigris, Jordan); der — noch nicht erbrachte — Nachweis, daß vordem dort inselbildende Flußtypen vorgeherrscht hatten, würde die Hypothese von der kulturlandschaftsbedingten Sukzession der Flußtypen bestätigen.

Zusammenfassung

In der Einleitung werden einige Bemerkungen zur Flußauenforschung generell gemacht: Sie erfordert eine interdisziplinäre Arbeitsweise, ist wegen rapider Umgestaltung vieler Flußauen durch den Wasserbau sehr dringlich und sollte als Ausgangsbasis die Ökotopgefüge analysieren.

Im Hauptteil werden gemäß diesem methodischen Ansatz acht ausgesuchte bayerische Flußauen, deren jede einen bestimmten Typ repräsentiert, anhand je eines Luftbildes interpretiert. Die Typen werden, um einer endgültigen Terminologie nicht vorzugreifen, nach den betreffenden Flüssen benannt. Die Dynamik der Physio- bzw. Ökotopgefüge wird untersucht. Ihre Verschiedenheit hat ihre Ursachen hauptsächlich in der unterschiedlichen Schleppspannung (ihrerseits abhängig von Gefälle und Wasserführung) und in den Unterschieden im Anfall von Geschieben (Geröll) und Schwebstoffen nach Art und Menge, was seinerseits vom Verwitterungsmodus und Zerteilungshabitus der Gesteine des Einzugsgebiets abhängig ist. Inselbildende, „zerfließende" Flüsse entstehen beim Vorwiegen von Sand und Kies, Mäandertypen beim Anfall von Löß, Lehm und Ton, sofern diese sedimentiert werden können. Bei Anfall großer Mengen Feinmaterial kann der Flußlauf schließlich festgelegt werden (Itztyp), welcher Vorgang durch Bodenerosion und Stauwerke beschleunigt wird.

Im Schlußteil werden die Typen nach den vorherrschenden Sedimenten in ein Dreiecksschema mit den Fraktionen Kies, Sand und Schluff/Ton eingeordnet. Wenn durch kulturlandschaftstypische erosionsfördernde Einflüsse wie Verminderung des Waldanteils, Ausweitung des Ackerbaus und Bevorzugung spätschließender Ackerkulturen (Ausweitung des Maisanbaus!) der Anfall an Sedimenten allgemein und der an Schluff/Ton im besonderen erhöht wird, und wenn weitere Maßnahmen wie Mühlenstaue oder talquerende Straßen das Fließgefälle verringern und den Ablauf des Hochwassers verzögern und damit bevorzugt feine Korngrößen niedergeschlagen werden, dann findet eine geomorphologische Sukzession von den inselbildenden Flußtypen zu den Mäandertypen statt, die im Extremfall bis zu dem im Feinsediment festgelegten und von der Schotterunterlage z. T. schon abgehobenen Itztyp als irreversible Klimax gehen kann. Ein Ausblick schneidet das Problem an, ob diese Zusammenhänge auch in anderen Klimaten Gültigkeit haben.

Literatur

Hjulström, F. 1935: Studies on the morphological activity of rivers. Bull. Geol. Inst. Uppsala. **25** (1939), pp. 221—527.

Hjulström, F. 1942: Studien über das Mäander Problem. Geografiska Annaler. **1942**, pp. 233 bis 269.

Nachweise der Luftbildvorlagen

Luftbild	Flug-Gebiet	Bild-Nr.	Tag der Aufnahme	Aufnahmemaßstab ca.	Flughöhe ü. Grund ca. m	Vergrößerung	Aufnahme-Gerät	Freigabe-Nr. BStMinWV
1	FA Passau-Süd	63 525	12. 9.63	1: 10 000	3050	1: 5 000	Eagle IX	G 7/64 093
2	Isar 7583	16 207	1. 5.58	1: 9 500	3000	—	Pleogon	G 7/7
3	FA Passau-Süd	62 391	15. 7.63	1: 10 000	3050	1: 5 000	Eagle IX	G 7/64 023
4	Schwarzenfeld-Pfreimd	076, 100 u. a.	21.11.61	1: 6 000	920	LB-Mosaik 1: 5 000	Pleogon	G 7/41 833
5	Forst Geisenfeld 7628; OFD München	18 323	8. 5.59	1: 10 000	3000	1: 5 000	Eagle IX	G 7/3 241
6	Oberpfalz	185	30.4.— 5. 5.52	1: 8 000	2400	1: 5 000	Eagle IX	durch die Alliierten
7	Rott + Vils 7551	3 024	14. 3.57	1: 10 000	3000	—	Eagle IX	G 7/2
8	Itz-Rodach; OBB des BStMin d. Innern	diverse	10. 4.57	1: 9 000	1900	1: 5 000	Topar	G 7/3

Sämtliche Luftbilder von der Photogrammetrie GmbH, Truderinger Straße 15, 8000 München 80. In der vorliegenden Arbeit sind die Luftbilder/Luftbildausschnitte eingenordet und mit unterschiedlichem Maßstab reproduziert.

Keller, R. 1961: Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. Eine Einführung in die Hydrogeographie. Leipzig.

Kopecký, K. 1969: Klassifikationsvorschlag der Vegetationsstandorte an den Ufern der tschechoslowakischen Wasserläufe unter hydrologischen Gesichtspunkten. Arch. Hydrobiol. 66 (1969), pp. 326—347.

Seibert, P. 1958: Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet „Pupplinger Au". München. Landschaftspflege und Vegetationskunde. 1.

Seibert, P.; W. Zielonkowski 1972: Landschaftsplan „Pupplinger und Ascholdinger Au". München. Schriftenr. f. Naturschutz und Landschaftspflege. 2.

Šamov, G. I. 1954: Rečnye nanosy. Leningrad.

Thinemann, A. 1912: Der Bergbach des Sauerlandes. Rev. intern. Ges. Hydrobiol. Suppl. 4-5 (1912), pp. 1—125.

Trautmann, W. 1971: Die Isarauen bei Wolfratshausen — Probleme der Erhaltung einer stadtnahen Wildflußlandschaft. Bonn. Schriftenr. d. Dt. Rates f. Landespflege. 16.

Vollrath, H. 1963: Der Grundgebirgsabschnitt des Inn von Schärding bis Passau unter besonderer Berücksichtigung der Vornbacher Enge. Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth. 11 (1963), pp. 359—392.

Vollrath, H. 1966 (Erscheinungsjahr): Das Vegetationsgefüge der Itzaue als Ausdruck hydrologischen und sedimentologischen Geschehens. München „1965". Landschaftspflege und Vegetationskunde. 4.

Vollrath, H. 1967: Hochwasserstege im mittleren Itzgrund. Jb. d. Coburger Landesstiftung. 1967, pp. 33—42.

Vollrath, H. 1968: Das Vegetationsmosaik einer fränkischen Flußaue als Ergebnis hydrologischer und sedimentologischer Vorgänge. Den Haag. In: Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie (Hrg. R. Tüxen). Pp. 252—266.