

Veränderung der Auenvegetation durch die Anhebung des Grundwasserspiegels im Bereich der Staustufe Ingolstadt

Diplomarbeit vorgelegt im August 1981 bei Prof. Dr. P. Seibert

Johann Kiener

Inhalt

1. **Einleitung**
 - 1.1. Einführung in den Problemkreis
 - 1.2. Darstellung des Kenntnisstandes
 - 1.3. Zielsetzung der Arbeit
2. **Die natürlichen Grundlagen**
 - 2.1. Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes
 - 2.2. Hydrographie und Wasserbau
3. **Grundlagen und Methoden der Untersuchung und Interpretation von Pflanzengesellschaften**
 - 3.1. Methodik und Aufnahmezeitraum
 - 3.1.1. Pflanzensoziologische Neubearbeitung und Kartierung des Mäanderbogens um die »Ziegelschütt«
 - 3.1.2. Wiederholung von Vegetationsaufnahmen auf ausgewählten Probestellen
 - 3.2. Standortliche Bewertung von Pflanzengesellschaften mit Hilfe der Faktorenzahlen nach ELLENBERG
4. **Die Pflanzengesellschaften im Mäanderbogen um die »Ziegelschütt« und ihre Verbreitung**
 - 4.1. Wasserpflanzengesellschaften
 - 4.2. Brenneselfluren, Großseggenriede und Röhrichte
 - 4.3. Wildgrasfluren
5. **Die Veränderungen im Auengefüge nach dem Bau der Donaustaustufe Ingolstadt**
 - 5.1. Auswirkungen auf den Wasserhaushalt
 - 5.2. Auswirkungen auf die Vegetation
 - 5.2.1. Änderungen im Artengefüge ausgewählter Probestellen
 - 5.2.2. Vergleich der Vegetationskarten des Mäanderbogens um die »Ziegelschütt« vor und nach dem hydrologischen Eingriff
 - 5.2.3. Die Veränderungen im Wasserhaushalt der Pflanzengesellschaften – Die »Wasserstufenveränderungskarte«
6. **Die Veränderungen im Auengefüge nach der Errichtung der Staustufe Ingolstadt und ihre Bewertung aus der Sicht verschiedener Nutzungsinteressen**
 - 6.1. Bedeutung aus der Sicht der Forstwirtschaft
 - 6.2. Bedeutung aus der Sicht von Jagd und Fischerei
 - 6.3. Bedeutung aus der Sicht des Naturschutzes
 - 6.4. Die unterschiedliche Ausbreitungstendenz von Schilf- und Wasserschwadennröhricht und ihre Beurteilung aus vegetationskundlicher Sicht
7. **Zusammenfassung**
8. **Literaturverzeichnis**
9. **Anhang**

1. Einleitung

1.1 Einführung in den Problemkreis

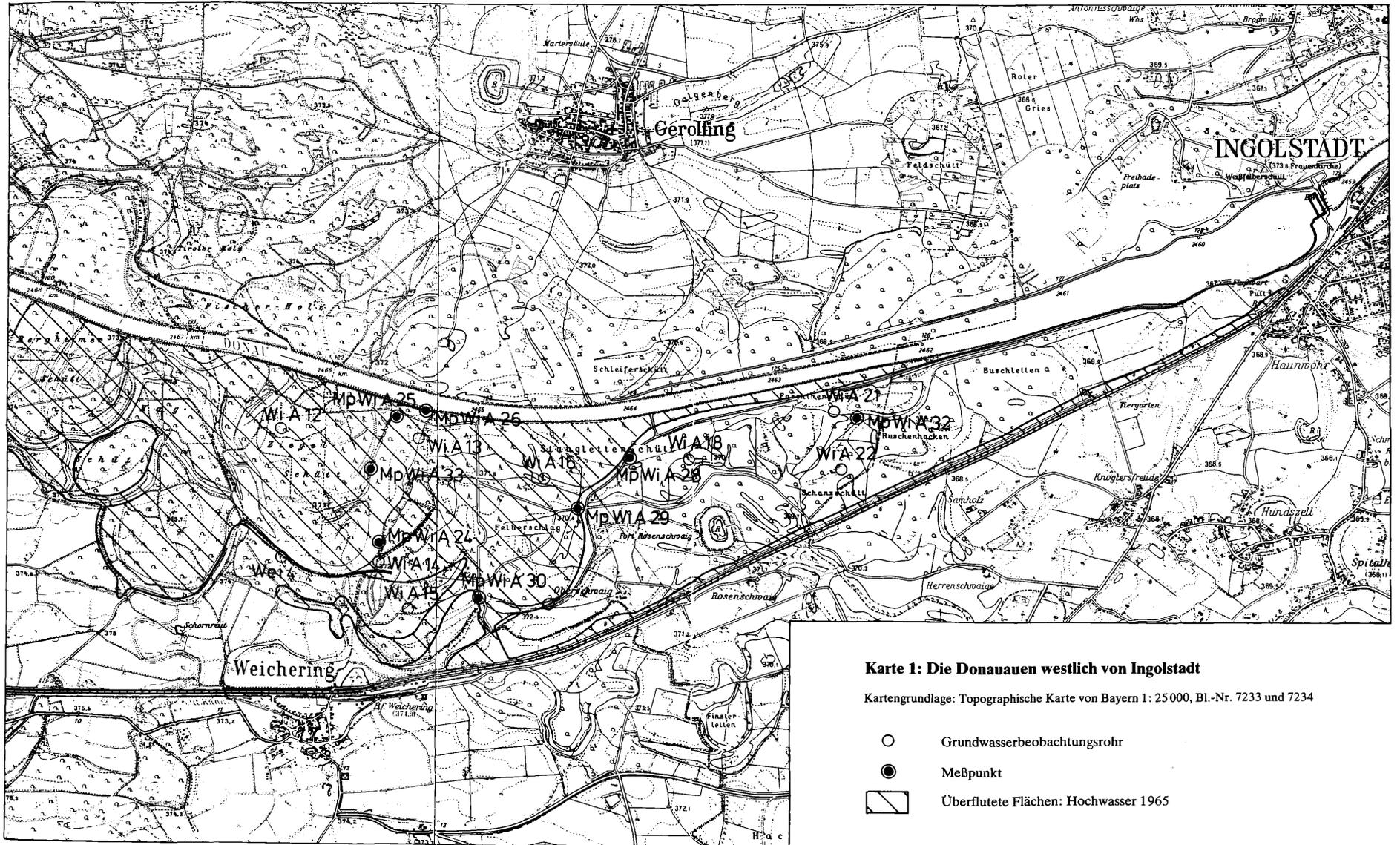
Die Frage nach den Auswirkungen von anthropogenen Eingriffen in Gewässersysteme stellt sich bei jedem wasserbaulichen Planungs- und Bauvorhaben. Der ursprüngliche und zukünftige mittlere Flurabstand des Grundwasserspiegels, d. h. der Oberfläche des die Hohlräume der Erde zusammenhängend ausfüllenden und nur dem hydrostatischen Druck unterliegenden Wassers, sind hier von vorrangiger Bedeutung; denn durch seine und die dazu parallel verlaufende Veränderung des Ertragspotentials (ELLENBERG, 1952; SEIBERT, 1975) werden Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft unmittelbar berührt. In der Praxis spielt dies eine Rolle bei der Entschädigung der Grundbesitzer.

Da der ein Gewässer begleitende Grundwasserstrom mit dessen Niveau oftmals korrespondiert (ZIELONKOWSKI/SEIBERT, 1975) oder doch wenigstens in einer Beziehung steht, muß sich nach einer Veränderung des natürlichen Flußwasserspiegels der Grundwasserspiegel zwangsläufig auf die neue Lage des Vorfluters einstellen. Unter natürlichen Verhältnissen verläuft der Grundwasserspiegel bei Niedrigwasserführung leicht geneigt gegen den Fluß (SEIBERT, 1958), bei Hochwasser wandelt sich die Situation ins Gegenteil. Beim Bau von Staustufen wird der Flußwasserspiegel im Bereich der Stauwurzel oberhalb des Wehres mehr oder minder stark über sein ursprüngliches Niveau angehoben. In den ersten Jahren nach dem Einstau dringt infolge eines nach außen gerichteten hydrologischen Potentials Sickerwasser durch die frisch geschütteten Staudämme, bis sich das neue Gewässerbett durch Verschlämmlung mit Tonpartikeln (Kolmatation) natürlich abgedichtet hat. Dem oberhalb des Wehres seitlich andrängenden Grundwasser fehlt so seine natürliche Vorflut; es muß daher in künstlich angelegten, parallel zu den Dämmen verlaufenden Gräben gesammelt und unterhalb des Wehres dem Fluß zugeleitet werden.

Die Lage des Grundwasserspiegels, seine Bewegungen kennen wir also in vielen Fällen ziemlich genau, seine Veränderungen als Folge unterschiedlicher wasserbaulicher Maßnahmen und die Reaktion der von ihm mitbeeinflussten oder gar geprägten Vegetation wurde bislang nur in wenigen Fällen untersucht.

1.2 Darstellung des Kenntnisstandes

WALTHER (1950) und ELLENBERG (1952) versuchten zuerst, mit Hilfe der pflanzensoziologischen Methode die Auswirkungen der Grundwasserabsenkung auf die Vegetation, sowohl in ihrer räumlichen Ausdehnung wie in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung zu erfassen. Die besondere Eignung dieser Methode stellt WALTHER (1950) heraus, wenn er schreibt: »Die pflanzensoziologische Methode studiert die Wirkung der Umweltfaktoren auf die Vegetation durch die Untersuchung des Artengefüges von Pflanzenbeständen, die unter verschiedenen ökologischen Bedingungen ge-



Karte 1: Die Donauauen westlich von Ingolstadt

Kartengrundlage: Topographische Karte von Bayern 1: 25000, Bl.-Nr. 7233 und 7234

- Grundwasserbeobachtungsrohr
- Meßpunkt
- ▨ Überflutete Flächen: Hochwasser 1965

wachsen sind. Sie stellt dabei den ökologischen Zeigerwert gewisser Artengruppen in diesen Beständen fest und vermag so die Wirkung der einzelnen Faktoren abzuschätzen.«

Von SEIBERT (1975) liegt eine Arbeit aus dem Bereich des Auwaldes bei Offingen vor, die im Gegensatz zu den vorgenannten die Veränderungen der Pflanzendecke nach der Anhebung des Grundwasserspiegels behandelt.

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit »Veränderung der Auenvegetation durch die Anhebung des Grundwasserspiegels im Bereich der Staufstufe Ingolstadt« beschäftigt sich zu Beginn mit der Erfassung, kartenmäßigen Darstellung und ökologischen Interpretation der Vegetationseinheiten, wie sie sich heute darstellen. Die Gegenüberstellung der Vegetation an Hand einzelner Vegetationsaufnahmen sowie in Form der Vegetationskarten des Mäanderbogens um die »Ziegelschütt« von 1968/70 und 1980 und die daraus abgeleitete »Wasserstufenveränderungskarte« erschienen uns am geeignetsten, die räumlichen und graduellen Veränderungen, die von der Grundwasserspiegelanhebung nach der Stauerrichtung am Wehr Ingolstadt ausgingen, sichtbar zu machen. Die hier gewonnenen Erkenntnisse mögen auf der einen Seite einen kleinen Beitrag zur weiteren Aufhellung ökologischer Zusammenhänge in der Natur leisten, zum anderen sollen sie dem Planer und Entscheidungsträger solcher Maßnahmen ein objektives Kriterium bei der Entscheidungsfindung an die Hand geben und ihm ermöglichen, die Konsequenzen daraus im voraus besser kalkulieren zu können. Die Ergebnisse sollen auch unter dem Aspekt der verschiedenen Nutzungsinteressen interpretiert werden, wobei wir ihre praktische Bedeutung für die Forstwirtschaft besonders herausstellen wollen.

2. Die natürlichen Grundlagen

2.1 Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet ist Teil des zwischen Neuburg und Ingolstadt gelegenen Auwaldkomplexes. Seine natürliche Grenze nach Norden wird durch den Lauf der

Donau beschrieben. Es erstreckt sich vom Westrand des Mäanderfeldes »Ziegelschütt« bei Flußkilometer 121,7 bis zum außerhalb gelegenen Revier Buschletten (Flußkilometer 126) und nimmt damit die östliche Hälfte des Auwaldgürtels ein. Bei einer wechselnden Ausdehnung von 1–1,5 km Breite grenzt es im Süden an vorwiegend ackerbaulich genutzte Flächen, im östlichen Bereich an die Bahnlinie Weichering-Ingolstadt (Karte 1).

Bezüglich der Intensität der Bearbeitung untergliedert sich das Untersuchungsgebiet in zwei Teilareale:

1. Gesamtes Untersuchungsgebiet: Hier wurden an Hand der Artengarnitur der vor dem hydrologischen Eingriff gefertigten Vegetationsaufnahmen über die gesamte Fläche verteilt, Probeflächen ausgewählt und für die Wiederholung der Aufnahme vorgesehen.

2. Mäanderbogen um die »Ziegelschütt«: Zusätzlich zu den Wiederholungsaufnahmen wurde für diesen Bereich eine pflanzensoziologische Neubearbeitung und Kartierung vorgenommen; er nimmt den Westteil des »gesamten Untersuchungsgebietes« ein.

2.2 Hydrographie und Wasserbau

Die Beschreibung der hydrologischen Verhältnisse und ihr Wandel durch menschliche Einflußnahme in der Vergangenheit bis zum heutigen Zeitpunkt basiert im Wesentlichen auf drei Quellen:

1. KERN – KERNRIED von, R. (1874): Die Korrektur der Donau im Regierungsbezirke Schwaben & Neuburg.
2. BAUER, F. (1965): Der Geschiebehaushalt der bayerischen Donau im Wandel wasserbaulicher Maßnahmen.
3. LANG, R. (1977): Die Entstehung des Donaumooses.

Das Einzugsgebiet der Donau umfaßt am Pegel Ingolstadt (Flußkilometer 129,667) eine Fläche von 20023 qkm. Zur Charakterisierung ihrer Abflußverhältnisse wollen wir die Kennwerte der Jahresreihe 1924/38 heranziehen:

Niedrigster Niedrigwasserabfluß	87 cbm/sec
Mittlerer Niedrigwasserabfluß	132 cbm/sec
Mittlere Abflußmenge	312 cbm/sec
Mittlerer Hochwasserabfluß	1120 cbm/sec

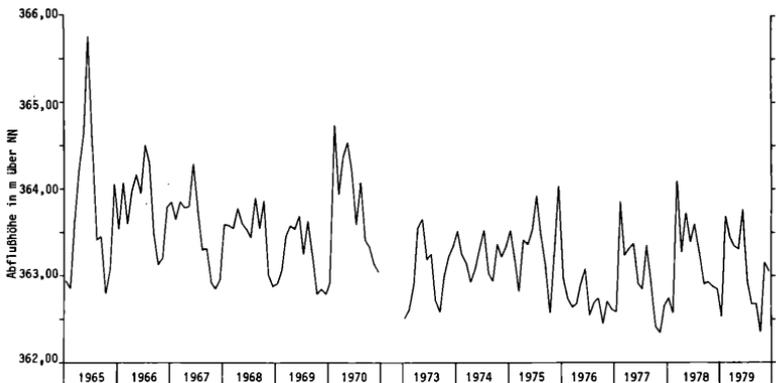


Abbildung 1

Wasserstandsganglinie der Donau am Pegel Ingolstadt für die Abflußperiode 1965–1979 (nach Unterlagen des Wasserwirtschaftsamtes Ingolstadt). Pegelnullpunkt: 360,40 m über NN

Höchster Hochwasserabfluß 1860 cbm/sec
 Überhaupt bekannter höchster Wert 2030 cbm/sec (1840)

Abbildung 1 zeigt den Gang der Wasserstände am Pegel Ingolstadt für die Periode 1965–1979. Die Zeit der höchsten Wasserführung liegt demnach im Sommer, wie dies für die Donau oberhalb Regensburg typisch ist. Ihre Zubringer Lech, Wertach und Iller entspringen im niederschlagsreichen Raum der Nordalpenkette und führen vorwiegend in den Sommermonaten ergiebige Abflüsse. Diese werden zusätzlich verstärkt durch die frühsummerliche Schneeschmelze in den Alpen. Größere Hochwässer entwickeln sich daher überwiegend im Sommerhalbjahr, sind jedoch auch im Winter möglich. Die Graphik in Abbildung 2 zeigt die zehn größten Hochwasserabflüsse der Donau am Pegel Ingolstadt seit 1845 und ihre zeitliche Verteilung auf Sommer- und Winterhalbjahr.

Die Abflußverhältnisse haben sich in der Geschichte des Stromes sowohl natürlich wie infolge anthropogener Maßnahmen wiederholt geändert.

Während des gesamten Ältest- und Altpleistozäns – vor 2–0,2 Mio. Jahren – wurde die südwestlich von Ingolstadt gelegene Beckenlandschaft periglazial, d. h. von starker physikalischer Aufbereitung der Gesteine und intensiver Solifluktion geprägt; denn die Donau floß noch während der Riß I – Eiszeit im Wellheimer Trokental und im heutigen Altmühltal durch die Alb (Abb. 3). Begünstigt durch den periglazialen Formungsmecha-

nismus war es für den Neuburger Fluß, von I. Schaefer bezeichneter Donauvorläufer, und Schutter im Bereich der südlichen Alb möglich, sich durch rückschreitende Erosion mit ihren Quellgebieten der Donau zu nähern. Die Anzapfung der Urdonau und die Verlegung ihres Laufes in das Ingolstädter Becken vollzog sich gegen

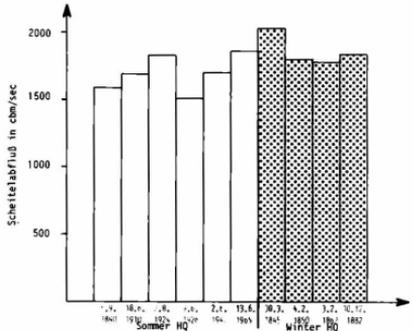


Abbildung 2

Die zehn größten Hochwasserabflüsse am Pegel Ingolstadt und ihre zeitliche Verteilung auf Sommer- und Winterhalbjahr. (Verändert n. UNBEHAUEN, W., 1971)

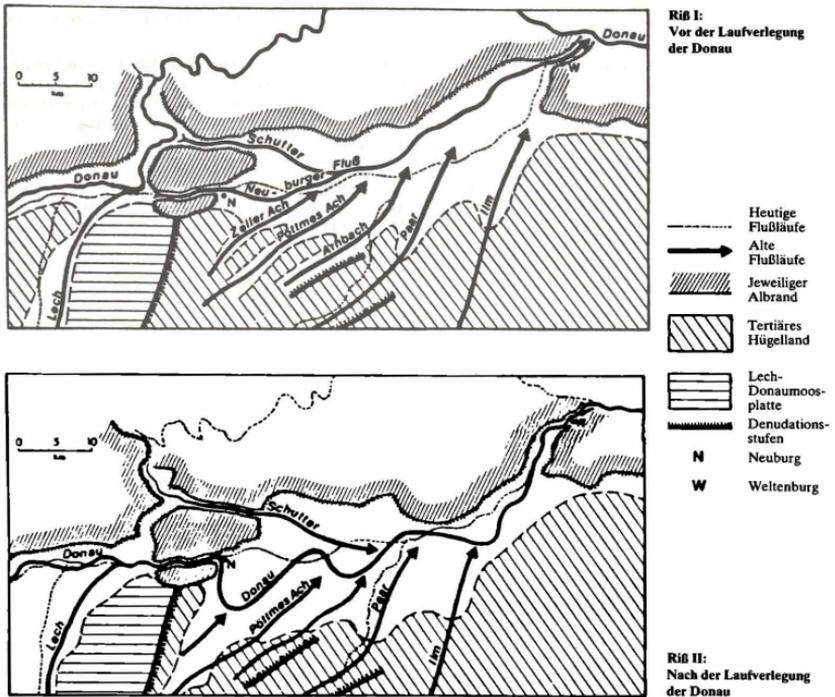
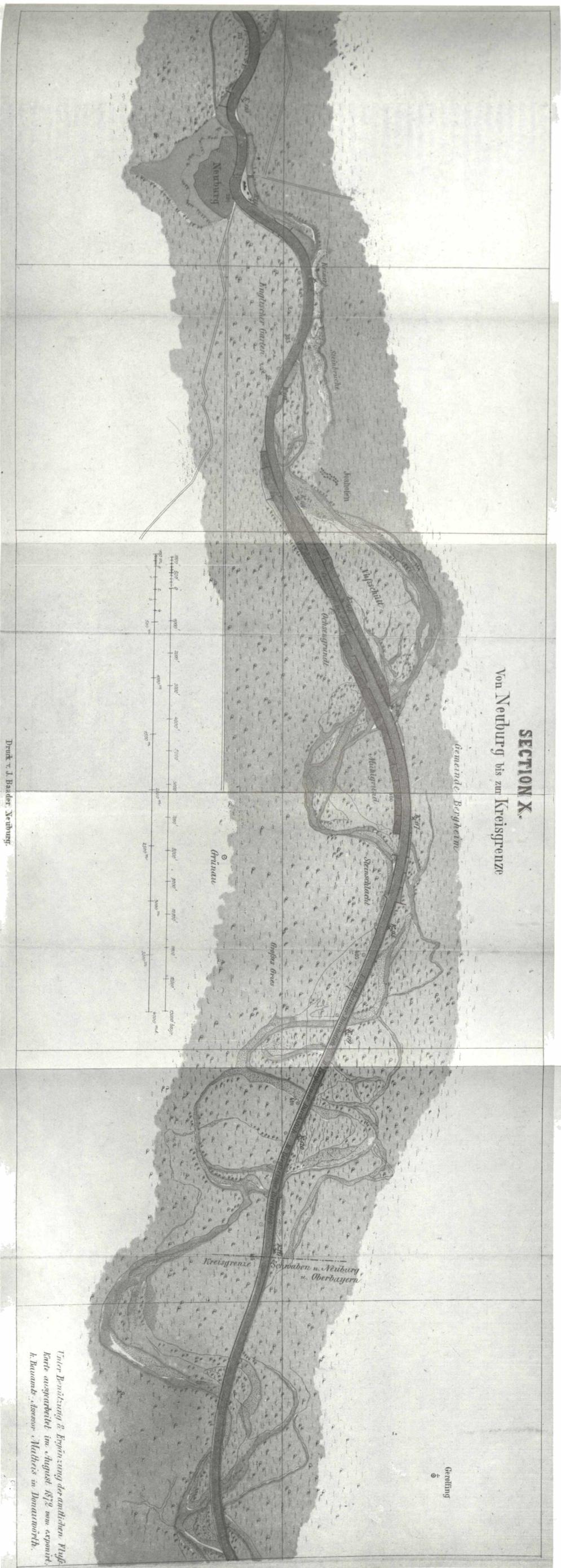


Abbildung 3:

Verschiedene Entwicklungsstufen des Donaulaufes. (Verändert n. LANG, R., 1977)



Trier Benutzung & Eingrenzung der amtlichen Pläne.
Karte ausgearbeitet im August 1872 von
K. Reumanns „Assessor“ Meiners in Donauwörth.

Karte 2: Die Donau zwischen Neuburg und Ingolstadt nach Abschluß der Korrektionsmaßnahmen im Jahre 1872 (n. KERN-KERNRIED VON, 1874).

Ende von Riß I* und Beginn von Riß II in zwei Schritten. Auf Grund der daraus resultierenden Laufverkürzung von 45 km und den enormen, anfallenden Wassermengen während der Auftauperioden war die Donau in der Lage, akkumulierte Schuttmassen und von ihr während der Riß II geschüttete Hochterrassenschotter wegtransportieren. Mit Beginn der Würmeiszeit schwang die Donau nach dem Verlassen der Neuburgert Engtalstrecke nach Süden aus, um auch in diesem Raum zu erodieren. Nach einer spätglazialen Akkumulationsphase, deren Spuren bis an das Tertiärhügelland im Süden heranreichen, konnte die Donau am Ende der Würmeiszeit nur noch in einem engen Bereich hin- und herpendeln und hier in einem 4 km breiten Streifen südlich des heutigen Donaulaufes jüngere Niederterrassenschotter ablagern, die dann im Postglazial zur Behinderung des Abflusses der Donaumoosbäche, zu ihrem Stau und anschließender Vermoorung führten.

Seit dieser Verlagerung des Donaurinnsals an den Südrand der Alb unterlag diese Auenlandschaft einer natürlichen, vom Abfluregime der Donau bestimmten Dynamik, bis der Mensch im 18. und noch mehr im 19. Jahrhundert mit technischen Maßnahmen in dieses Gefüge eingriff.

Der Abschnitt zwischen Neuburg und Ingolstadt gehört flußmorphologisch zum Mittellauf der Donau; das bedeutet, der Fluß befand sich im natürlichen Zustand bezüglich der Geschiebebewegung im Gleichgewicht. Sein Geschiebetransportvermögen entsprach der Geschiebefracht. Das Fließgefälle betrug damals 0,54 ‰. Der Fluß bewegte sich bei mittleren Fließgeschwindigkeiten, in zahlreichen mäßig ausgedehnten Mäandern durch die Aue.

Im Kampf gegen die zerstörenden Kräfte des Wildflusses, zur Verbesserung der Schifffahrt und der gesundheitlichen Verhältnisse – »Vielfach suchten Krankheiten und Viehseuchen die Umgebung des Donaumooses heim.« (KRELL, 1977) – sowie zur erfolgreichen Austrocknung des »großen Sumpfes«, wie man das Donaumoos bei Neuburg seinerzeit nannte, wurden, 1790 beginnend, oberhalb von Ingolstadt fünf Durchstiche ausgeführt (Karte 2). Dieses, von Zeitgenossen als »eines der ersten, wichtigsten und gelungensten Unternehmen an der Donau« bezeichnete Kulturwerk mußte mangels Energie und Ausdauer der eingesetzten Wasserbauer in der Folgezeit wieder verkommen, ehe im Zuge der umfassenden Korrektur der gesamten bayerischen Donau der Ausbau dieses Abschnittes im Zeitraum 1825 – 1870 vollendet werden konnte.

Diese Baumaßnahmen hatten zur Folge, daß die ursprüngliche Wasserspiegelbreite von durchschnittlich 150 m auf 95 m eingeeengt, der Flußlauf im Ingolstädter Raum um 17 % verkürzt und damit das Fließgefälle um 0,13 ‰ erhöht wurde. Der Fluß, dessen Schlepplängung infolge seines erhöhten Gefälles, seines begrädnigten Laufes sowie der Einengung des Abflußquerschnittes stark anstieg, war somit flußmorphologisch aus dem Gleichgewicht gebracht und begann seine Sohle zu erodieren.

Die folgende Zahlentafel enthält für die Pegel Neuburg und Ingolstadt die Unterschiedsbeträge zwischen den zehnjährigen Mittelwasserständen für den Zeitraum von 1840 bis 1960 sowie zusammengefaßt für die 60 Jahre vor und nach 1900:

Mittelwasserstände für den Zeitraum von 1840 bis 1960, sowie zusammengefaßt für die 60 Jahre vor und nach 1900

Ort/Jahr	1830	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1950	1960	1840/ 1900	1900/ 1960	1840/ 1960
Neuburg	+ 7	-23	-16	-50	-10	-10	-17	+ 5		-89	- 32	-121
Ingolstadt	(-53)	-43	+42	+ 5	-30	-92	-33	-22		+ 4	-177	-173

Wie alle ihre flußaufwärts einmündenden Zubringer aus den Alpen zeigte die Donau in Hochwasserzeiten immer wieder ihre umgestaltende und auch zerstörende Kraft. Ihre Fluten bedrohten Ufer und Ortschaften, Boden und Besitz ihrer Einwohner. Wohnungen wurden eingestürzt und weggeschwemmt. R. von Kern-Kernried schreibt 1874:

»Die Unregelmäßigkeiten mit dem dadurch erzeugten ungleichen Gefälle, die vielen durch den Abbruch der Ufer in das Fahrwasser geworfenen Baumstämme, Wurzeln und Stöcke machten die Schiffs- und Flußfahrt äußerst gefährlich und mühsam und nahmen viel Zeitaufwand in Anspruch.«

Wir können zusammenfassen: Die Auenlandschaft zwischen Neuburg und Ingolstadt war einer ständigen Veränderung unterworfen, der sie durchströmende Fluß, die Donau, stellte für den siedelnden und schiff- bzw. flußfahrenden Menschen eine ständige Bedrohung seines Lebens und Besitzes dar.

Wir können erkennen, daß die zehnjährigen Mittelwasserstände von 1840–1960 einsetzend bei Korrektionsbeginn am Pegel Neuburg um 121 cm, am Pegel Ingolstadt sogar um 173 cm abgefallen sind. Der Anstieg der Mittelwasserstände zwischen 1860 und 1880 wurde verursacht durch die einsetzenden Korrektionsmaßnahmen der unteren Lech- und Wertachstrecken (1852), jener der Iller (1857) und der Württembergischen Donau (1860). Dabei wurden rund 30 Mio. cbm Abtragsmassen in Bewegung gesetzt, von denen ein Teil in den gefällschwächeren Abschnitten unterhalb von Neuburg liegenblieb.

Ein Motiv für den Bau der Donaukraftstufen, wie zum Beispiel die für das Untersuchungsgebiet maßgebliche Anlage bei Ingolstadt (1971), liegt in der Nutzung der natürlichen Wasserkraft zur Energiegewinnung. Dieser hydrologische Eingriff erfolgte auch mit der Zielsetzung, der anhaltenden Eintiefungstendenz der Donau mit allen davon auf die angrenzende Flußbaue ausgehenden negativen Folgen (siehe Oberhenthal) entgegenzuwirken; denn diese technisch geschaffenen Brüche im Längsprofil des Gewässerbettes führen durch Vernichtung von Gefälle (0,67‰ → 0,08‰) zu einer Reduktion der Fließgeschwindigkeit, damit der Schlepplängung und erodierenden Kraft der Wassermassen.

* Der Begriff Rißeiszeit umfaßt mindestens zwei bereits als sicher geltende Vereisungsperioden, Riß I und Riß II, die durch eine Warmzeit getrennt sind (n. LANG, R., 1977).

Der Grundwasserspiegel zeichnet sich im gesamten Untersuchungsgebiet durch unterschiedlich starke vertikale wie horizontale Bewegungen aus. Die hydrologische Situation wird, auf Grund der engen Beziehungen zwischen Fluß und Grundwasser von der Wasserführung der Donau beherrscht (Abb. 4). Die Flußspiegelschwankungen pflanzen sich durch den ganzen Auenbereich fort. Dabei verringert sich ihre Amplitude mit wachsendem Abstand von der Donau, wobei zunehmend eine gewisse zeitliche Verzögerung zu beobachten ist. In den flußfernen Bereichen der Aue werden die Bewegungen des donaubegleitenden Grundwasserstromes offensichtlich von solchen außerhalb des Auwaldes kommender und zur Donau fließender Grundwasserströme überlagert (Abb. 5: Mp WiA 24 und WiA 13).

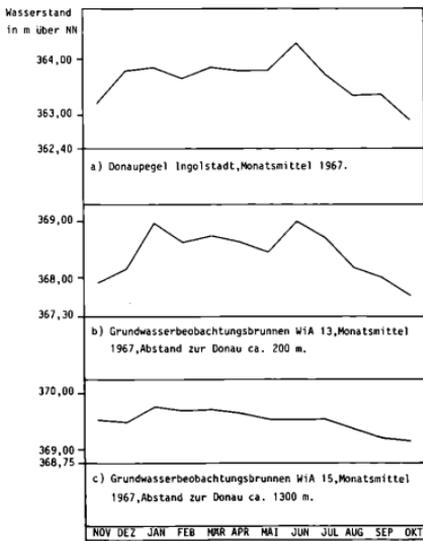


Abbildung 4

Dämpfung und zeitliche Verschiebung der Wasserstandsschwankungen im Boden mit zunehmender Entfernung von der Donau im Jahr 1967.

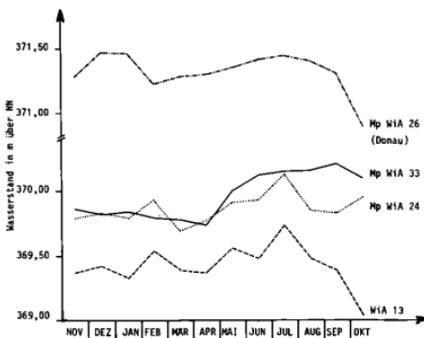


Abbildung 5

Die Grundwasserbewegung in der Aue im Vergleich mit dem Abflußgang der Donau (1980).

Die Grundwasserbewegung wird natürlich stark beeinflusst von der Durchlässigkeit und damit der Korngrößenverteilung in den wasserleitenden Schichten. Sie kann auf Auenstandorten auf engem Raum sowohl horizontal wie vertikal stark variieren, ging doch jeder Verlagerung des Flußlaufes und der Abflußverhältnisse eine Änderung der Sedimentations- bzw. Erosionsbedingungen einher. Gute Ausbreitungsbedingungen für das Grundwasser treffen wir in den durch die Korrektion stillgelegten Flußarmen und Flutrinnen.

Die klimatischen und pedologischen Verhältnisse des zwischen Neuburg und Ingolstadt gelegenen Auwaldkomplexes hat SEIBERT (1971) im »Pflanzensoziologischen Gutachten über die Donauauen des Wittelsbacher Ausgleichsfonds« ausführlich dargestellt. Mit Ausnahme der Klimadaten für das Jahr 1980 und Geländebeobachtungen zu den Bodenverhältnissen im Kartierungsgebiet »Mäanderbogen um die Ziegelschütt«, sind die nachfolgenden Angaben, soweit sie für die weitere Betrachtung nützlich erschienen, aus dieser Arbeit übernommen worden.

Abbildung 6 zeigt das Klimadiagramm der Station Ingolstadt. Mit einer Niederschlagsjahressumme von 659 mm, davon fallen 1/3 in der Hauptvegetationszeit (Mai-Juli), zählt dieses Gebiet zu den trockensten in Bayern. Die mittlere jährliche Schwankung der Lufttemperatur beträgt 19,8°C und indiziert damit seinen kontinentalen Charakter. Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 8,2°C (Regensburg: 7,9°C).

Die Graphik in Abb. 6 enthält außer den langjährigen, monatlichen Niederschlags- und Temperaturmittelwerten den Jahresgang dieser Klimakennwerte für das Jahr 1980. Auffallend sind die überdurchschnittlich hohen Niederschläge in den Monaten April, Juli, Oktober und der dazu reziproke Verlauf der monatlichen Temperaturmittel. Im Spätsommer und Spätherbst wandelt sich das Bild ins Gegenteil.

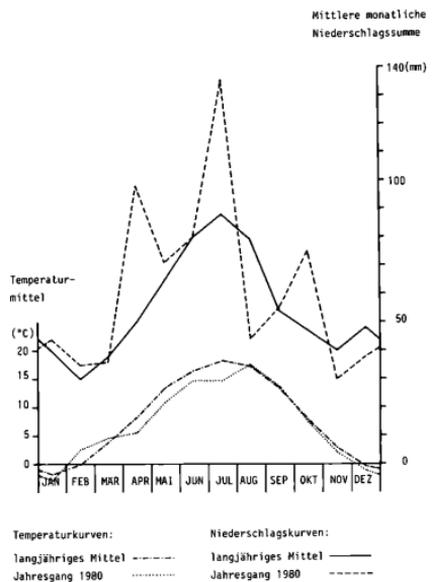


Abbildung 6

Klimadiagramm von Ingolstadt.

Die Auenböden des Untersuchungsgebietes sind größtenteils, wenigsten im Oberboden, jüngste alluviale Bildungen. Sie gehörten noch vor weniger als 200 Jahren zum Flußbett der Donau und wurden bei Spitzenhochwässern sogar bis in die jüngste Zeit (1965) mit ihren Sedimenten überlagert.

Die Böden sind demzufolge immer geschichtet, wobei beginnend über dem vom Fluß bis in die Späteiszeit geschütteten Niederterrassenschotter nach oben ein stetig wachsender Anteil der kleineren Korngrößenklassen zu beobachten ist. Ihr hoher Kohlenstoffgehalt ermöglicht eine hohe biologische Aktivität und gewährleistet so eine rasche Umsetzung der eiweiß- und nährstoffreichen Bestandsabfälle.

Auf Grund der Niederschlagsarmut in diesem Ingolstädter Becken kommen Bodenart und Mächtigkeit der ausgebildeten Deckschicht, soweit kein Grundwasseranschluß besteht, eine besondere Bedeutung zu. SEIBERT (1971) unterscheidet:

1. flachgründige Kalkpaternia, Deckschicht 1–5 dm
2. mittelgründige Kalkpaternia, Deckschicht 5–10 dm
3. tiefgründige Kalkpaternia, Deckschicht 10–18 dm
4. sehr tiefgründige Kalkpaternia, Deckschicht >18–20 dm

Die Kalkpaternia ist im Untersuchungsgebiet der verbreitetste Bodentyp. Mit zunehmendem Alter der Flußterrassen, mit zunehmender Dauer der Bodenreifung ist der Oberboden mehr von einer Braunkomponente geprägt. Der Prozeß dazu, nämlich die Freisetzung von Eisenoxiden durch Verwitterung eisenhaltiger Minerale, ist ähnlich dem der Verbraunung bei terrestrischen Bodentypen. Auf den vom Pfeifengras-Kiefernwald und seinen Ersatzgesellschaften eingenommenen Standorten im Mäanderfeld »Ziegelschütte« finden wir als Bodentyp die Borowina. Hier konnte sich über den karbonatreichen, lockeren, überwiegend grobkörnigen Sedimenten nur ein relativ geringmächtiger, grauschwarzer A_h -Horizont entwickeln. Da ein Grundwasseranschluß wenigstens seit der Donaukorrektur im 19. Jahrhundert nicht mehr gegeben ist, handelt es sich hier um den trockensten Bodentyp der Aue.

Mit zunehmender Annäherung an alte Flutrinnen und Altwässer, auch in tiefegelegenen Geländemulden, nimmt der Grundwassereinfluß zu. Dementsprechend finden wir alle Übergänge von der Kalkpaternia bis zum von rezenten Hydromorphiemerkmalen gekennzeichneten Gley. Wo das Grundwasser sehr hoch steht und zeitweilig die Bodenoberfläche erreicht, ist der Naßgley ausgebildet. Die Wechselwasserbereiche und mehr noch die andauernd überfluteten Standorte sind durchgehend mit einer unterschiedlich, bis 1 dm mächtigen, grauen bis grauschwarzen humosen Schlammsschicht bedeckt. Wenn zusätzlich ein Abfluß fehlt, enthält der Schlamm Eisensulfide und riecht daher meist nach Schwefelwasserstoff.

3. Grundlagen und Methoden der Untersuchung und Interpretation von Pflanzengesellschaften

3.1 Methodik und Aufnahmezeitraum

Der Schwerpunkt der Geländearbeiten lag in den Monaten August bis einschließlich Oktober des Jahres 1980. Die Aufnahme der Frühjahrsgesellschaften auf den markierten Probeflächen wurde im Frühjahr 1981 nachgeholt. Für die Aufnahmeflächen im Ostteil des Mäander-

bogens mußte dies unterbleiben, um das beginnende Brutgeschäft seltener Vogelarten nicht zu stören.

Die pflanzensoziologischen Untersuchungen in den Donauauen wurden nach der klassischen Methode von BRAUN-BLANQUET (1951) durchgeführt.

3.1.1 Pflanzensoziologische Neubearbeitung und Kartierung des Mäanderbogens um die »Ziegelschütte«

Zu Beginn wurde das Untersuchungsgebiet systematisch begangen, um sich ein erstes grobes Bild zu machen von der Vielgestaltigkeit der Vegetation, den Eigenheiten und der Ausformung des Geländes; dabei fanden wir »sich« bereits im Luftbildvergleich (1956–1977) abzeichnende Veränderungen, was Lage und Umfang neu entstandener Wasserflächen anging, bestätigt. Mit Hilfe der bei der Geländeerkundung gewonnenen Einblicke in die räumliche Struktur war es uns möglich, über das Untersuchungsgebiet ein Netz von Aufnahmeflächen zu legen. Dabei galt es den geforderten Kriterien der Repräsentanz und Mindestgröße der Aufnahmefläche sowie ihrer floristischen und standörtlichen Homogenität in gleichem Maße Rechnung zu tragen wie unserer Zielsetzung, einer möglichst exakten und vollständigen Erfassung aller Vegetationseinheiten.

Die nach den genannten Kriterien gewonnenen Vegetationsaufnahmen wurden zu einer Tabelle zusammengefaßt. Indem wir sie nach vergleichenden pflanzensoziologischen Gesichtspunkten, Treue und Stetigkeit, ordneten, erhielten wir die abstrakten Typen der Pflanzengesellschaften (TUXEN, 1954). Durch Herausarbeiten von Trennarten und Trennartengruppen ließen sich diese weiter in Untereinheiten gliedern und charakterisieren. Dabei wurde Vergleichsmaterial, soweit es verfügbar war, immer berücksichtigt. Die Subassoziationen, Ausbildungen und Varianten bildeten die Grundlage, um eine für die praktische Auswertung erforderliche, möglichst vollkommene und bis ins Feinste detaillierte Karte erstellen zu können.

Die Ausformung der Geländeoberfläche und die von ihr bedingte Anordnung der Vegetationseinheiten in schmalen Bändern oder in einem kleinflächigen Nebeneinander erforderten es, in einigen Fällen Pflanzengesellschaften als Dominanz- bzw. Mosaikkomplexe (SEIBERT, 1974) auszuscheiden.

Die Kartierung der zur Assoziation Querco-Ulmetum zählenden Waldgesellschaften sowie der Kiefernwälder, Gebüsche und Trockenrasen wurde nach dem Schlüssel von SEIBERT (1971) vorgenommen.

3.1.2 Wiederholung von Vegetationsaufnahmen auf ausgewählten Probeflächen

Um in Erfahrung zu bringen, wie sich die Grundwasseranhebung als Ausdruck veränderter Konkurrenzverhältnisse am Standort auf die Artenzusammensetzung auswirkt, wurden über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt Probeflächen der verschiedenen Vegetationseinheiten, wie sie vor dem hydrologischen Eingriff verbreitet waren, zur Wiederholung der Vegetationsaufnahme ausgewählt. Dabei handelte es sich vorwiegend um Flächen, für die auf Grund ihrer Lage zu offenen Wasserflächen und ihrer Artenkombination offensichtlich Grundwasseranschluß bestand oder solche, die wegen der Vergesellschaftung von trockenheitsliebenden Arten und Wechselfeuchte- bzw. Grundwasserzeigern Grundwassereinfluß vermuten ließen. Dabei war man sich freilich klar, daß es sich bei den Wechselfeuchtezeigern, wie z. B. der Sumpfschilf (*Carex acutiformis*), um Relikte ursprünglicher Pflanzengesellschaften han-

deln konnte, wie sie zur Zeit vor den Korrekationsmaßnahmen an der Donau im Gebiet siedelten.

SEIBERT (1971) hatte bei der Erstbearbeitung in der Mitte der 200 qm großen Waldaufnahmeflächen jeweils einen Baum markiert. Bei den Röhrichten war eine solche Markierung wegen fehlender Bäume unterblieben. Sie wurden daher mit Kompaß und Luftbild, wo sie lagemäßig festgehalten waren, im Gelände aufgesucht. Die Aufnahmen wurden aber nur dann wiederholt und zur Auswertung herangezogen, wenn entweder unter Berücksichtigung der Geländeform, des Artenbestandes in der Erstaufnahme und sonstiger Notizen zur Aufnahme-fläche diese mit hoher Wahrscheinlichkeit identifiziert werden konnten, oder wenn die Vegetation auf größerer Fläche wenigstens dem Augenschein nach homogen war.

Für die Nomenklatur der Gefäßpflanzen diente die »Pflanzensoziologische Exkursionsflora« von OBERDORFER (1979). Die Moose wurden nach BERTSCH (1966) benannt. Die pflanzensoziologische Zuordnung der Bestände erfolgte in Anlehnung an OBERDORFER (1977).

3.2 Standortliche Bewertung von Pflanzengesellschaften mit Hilfe der Faktorenzahlen nach ELLENBERG (1978)

Die Ermittlung durchschnittlicher Faktorenzahlen an Hand der »Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas« (ELLENBERG, 1974) bietet eine weitere Möglichkeit, um über das Artengefüge eines Pflanzenbestandes oder einer Gruppe von Beständen zu einer standörtlichen Gesamtbewertung oder in unserem Beispiel zu einer Bewertung im Hinblick auf einen bestimmten Einzelfaktor zu kommen.

Mit Hilfe eines von SPATZ u. Mitarb. (1978) entwickelten Computerprogrammes (»OEKSYN«) zur Auswertung dieser Zeigerwerte wurden sowohl für die Wiederholungsaufnahmen wie für alle in den Vegetationskarten von 1968/70 und 1980 dargestellten Pflanzengesellschaften u. a. ökologische Durchschnittszahlen für die Faktoren Licht und Bodenwasserhaushalt als arithmetische Mittel berechnet. Die Massenanteile der Arten bzw. ihre Artmächtigkeiten blieben bei diesem Verfahren unberücksichtigt.

Die erhaltenen Werte wurden herangezogen, um einerseits bei der synoptischen Betrachtung der Vegetationsaufnahmen vor und nach dem hydrologischen Eingriff verborgene gebliebene Veränderungen aufzudecken und die gewonnenen Erkenntnisse zu überprüfen, andererseits wegen der stark von der Norm abweichenden Witterungsverhältnisse eine gesicherte Grundlage für die Beurteilung des Wasserhaushalts der 1980 angetroffenen Vegetationseinheiten zu haben.

4. Die Pflanzengesellschaften im Mäanderbogen um die »Ziegelschütt« und ihre Verbreitung

4.1 Wasserpflanzengesellschaften

Die Gesellschaften des Gemeinen Wasserschlauchs (Lemno-Utricularietum vulgaris v. Soó (28) 38)

Der Gemeine Wasserschlauch (Utricularia vulgaris) ist zugleich Kennart und wichtigste, diese Gesellschaft aufbauende Art. Er besiedelt vorwiegend stehende oder sehr langsam fließende, meist nährstoffreiche Gewässer und lebt dank des besonderen anatomischen Baus seiner submersen Stengel und Blätter vom Tierfang.

Diese Gesellschaft wurde nur mit einer Aufnahme belegt. In halbschattigen Lagen sind dem Gemeinen Wasserschlauch nur die flutende Form des Tannenwedels

(Hippuris vulgaris) und als weitere Verbandscharakterart die Dreifurchige Wasserlinse (Lemna trisulca) beige-stellt. Als Wasserwurzler wird der Gemeine Wasserschlauch leicht durch Wind und Wellenschlag verdriftet. Wir treffen ihn daher recht häufig allein, oder zusammen mit anderen Wasserschwebnern mosaikartig eingelagert in Potamogetonetea- und Phragmitetea-Gesellschaften.

Die Gesellschaft der Gelben Teichrose (Myriophyllum Nupharetum Koch 26)

Diese Teichrosengesellschaft stellt auf den Altwässern des Untersuchungsgebietes den weitaus häufigsten Typ aquatischer Vegetationseinheiten dar. Sie erreicht ihre größte Ausdehnung im südöstlichen Teil des Mäanderbogens, wo ein höherer Grundwasserstand über Flur den Röhrichtgesellschaften ein weiteres Vordringen ins Wasser versagt. Sie siedelt im Durchschnitt bei Wassertiefen von 80–200 cm. Offene Wasserflächen in kleineren Flutrinnen und den nach Nordwesten auslaufenden Seitenarmen können in heißen Perioden des Jahres trockenfallen, ohne daß diese Gesellschaft verschwinden würde; vielmehr gehen Nuphar lutea und insbesondere Hippuris vulgaris zur Ausbildung terrestrischer Formen über und zeigen sich somit den auenspezifischen Lebensbedingungen als besonders gut angepaßt.

Neben der Reinen Ausbildung, die bei weitem am häufigsten anzutreffen ist, erscheint noch eine seerosenreiche Ausbildung (mit Nymphaea alba). Sie ist einem landeinwärts sich anschließendem Schilfgürtel vorgelagert und reicht bis zu einer Wassertiefe von 100 cm. Nymphaea alba entwickelt hier ihre Schwimmblätter sehr üppig und gelangt gegenüber der Gelben Teichrose zur Vorherrschaft. Nur der Gemeine Wasserschlauch und der Tannenwedel, der seine exotisch anmutenden, reich blättrigen Sprosse zwischen den flächigen Schwimmblättern der Weißen Seerose hervortreibt, vermögen sich in nennenswerten Anteilen hinzugesellen.

Zwei Beobachtungen bezüglich dieser Gesellschaft scheinen bemerkenswert: 1. Im Vergleich zu SEIBERT (1971) und ZAHLEHEIMER (1979), der die Vegetation der Donauauen zwischen Regensburg und Straubing untersuchte, wurde Myriophyllum verticillatum, die zweite Charakterart dieser Gesellschaft im gesamten Untersuchungsgebiet nicht angetroffen. 2. Umgekehrt war 1971 der Tannenwedel in den Aufnahmen der Wasserpflanzengesellschaften nicht vorhanden; heute ist er höchst in diesen Einheiten. Nach GÖRS (in OBERDORFER, 1977) werden Hippuris vulgaris und Hottonia palustris, die Charakterart der anschließend zu besprechenden Gesellschaft, in von Quell- und Grundwasser gespeisten, sommerlich kühlen Gewässern begünstigt. Diese Zusammenhänge werden wir leichter verstehen, wenn wir im folgenden Kapitel (5.1) die Veränderungen im Bodenwasserhaushalt nach dem Einstau der Donau betrachten.

Die Wasserfedergesellschaft (Hottonietum palustris Tx. 37)

Hottonia palustris siedelt bevorzugt auf humosen Schlamm in ruhigen und flachen Gewässern mit wechselndem Wasserstand, aber schwachem Grundwasserzug (GÖRS in OBERDORFER, 1977; ZAHLEHEIMER, 1979). Wir finden diese Gesellschaft im Untersuchungsgebiet als schmales Band in den beschatteten Randpartien eines grundwassergespeisten Waldgrabens ausgebildet. Wie die Gelbe Teichrose und der Tannenwedel ist auch die Wasserfeder in der Lage, das Trockenfallen des Gewässerbettes durch Ausbildung terrestrischer Formen zu überdauern. In diesem Zustand wurde sie sogar mit einigen blühenden Exemplaren zwi-

schen einer Vielzahl von Keimlingen des Wasserfenchels (*Oenanthe aquatica*) und der Gelben Schwertlilie (*Iris pseudacorus*) angetroffen.

Die namensgebende Art der Gesellschaft bevorzugt in der Regel relativ nährstoffarme, saubere Gewässer; umso ersaunlicher ist es, die bisher nur für die Donauauen von Regensburg flußabwärts beschriebene Gesellschaft hier auf dem durch das Vorkommen der Wasserminze (*Mentha aquatica*) und der Gelben Schwertlilie als nährstoffreich charakterisierten Standort im Nordwestteil des Mäanderbogens anzutreffen.

4.2 Brennesselfluren, Großseggenriede und Röhrichte

Die *Brennesselflur* besiedelt durch die Eintiefung der Donau trockenengefallene Flächen in ihrem ehemaligen Flußbett sowie dessen Seitenarme. Diese von der Brennessel (*Urtica dioica*) dominierten Bestände können flächig ausgebildet sein (Nordostteil des Mäanderbogens). Ihre Standorte tragen dann lockere, aber massenreiche Bestände der Bastardpappel (*Populus canadensis*). Viel häufiger finden wir sie als schmales Band, saumartig an periodisch trockenfallenden Flutrinnen hinter einem Gürtel von Röhricht- oder Seggenesellschaften, zu welchen ein kontinuierlicher Übergang besteht. Diese ursprünglich zur Weichholzaue zählenden Standorte zeichnen sich aus durch einen hohen natürlichen Nährstoffreichtum.

Werden Waldbestände der Grauerlen-Eschenau (SEIBERT, 1971) im Zuge der forstlichen Nutzung geräumt, so kann sich hier ebenfalls die Brennesselflur einstellen, wenn es nur genug feucht ist und die angrenzenden Bestände ausreichend Schatten spenden (SEIBERT, 1962). Die durch den Lichteinfall stark angeregte Mineralisation und das daraus resultierende erhöhte Nährstoffangebot lassen die Brennessel und andere nitrophilen Arten in kurzer Zeit so üppig emporschießen, so daß eine natürliche Verjüngung oder eine Bestandesbegründung mit herkömmlichem Pflanzenmaterial durch ihre verdämmende Wirkung verwehrt wird. Zur Aufforstung solcher Standorte verwendet man deshalb heute Heister, das sind Großpflanzen von 1,5–2,5 m Höhe. Im Vergleich zu früher, wo generell die Bastardpappel eingesetzt wurde, werden seit ca. zehn Jahren auf den mehr gleichmäßig mit Wasser versorgten Böden die Balsampappel (*Populus balsamifera*), auf den feuchteren, häufig für kurze Zeit überstaunten Standorten die Silberweide (*Salix alba*) bevorzugt.

Neben der Brennessel (*Urtica dioica*), die von weitem das Bild in der Krautschicht zu beherrschen scheint, erreichen nur *Aegopodium podagraria* und *Galium aparine*, ein Spreizklimmer, hohe Stetigkeitsgrade. Die anderen Kennarten dieser Gesellschaft *Convolvulus sepium* und *Lamium maculatum* erreichen dagegen nur geringe Stetigkeiten. An einer Stelle beherrscht das ansonsten seltene Flußgriekraut (*Senecio fluvialis*) im Spätsommer mit seinen leuchtend gelben, rispigen Blütenständen den Aspekt. Seine mächtig entwickelten Sprosse erreichen Höhen bis zu zwei Meter; in seiner Gegenwart tritt die Brennessel zurück und bildet zusammen mit schattentoleranten Arten eine lockere zweite Krautschicht.

Nimmt der Grundwassereinfluß mit Annäherung an ein Gewässerbett zu, so dringen Arten aus den Großseggenrieden und Röhrichten ein und übernehmen schließlich die Herrschaft; diese Bestände müssen dann entweder zum Rohrglanzgras- oder Schilfröhricht gestellt werden.

Rohrglanzgrasröhricht (*Phalaridetum arundinaceae* (W. Koch 26 n. n.) Libbert 31)

Phalaris arundinacea ist im Untersuchungsgebiet in allen terrestrischen und amphibischen Pflanzengesellschaften (soweit sie 1980 neu bearbeitet wurden) durchgehend vertreten und erreicht zum Teil sehr hohe Stetigkeiten, z. B. in den Rasenschmielenrasen, den Brennesselfluren und in der von ihr selbst beherrschten Einheit, dem Rohrglanzgrasröhricht. Wie Tabelle 1 zeigt, sinkt seine Konkurrenzkraft gegenüber anderen Arten mit weiterer Zunahme des Grundwassereinflusses, vor allem, wenn es sich um stagnierendes, dauernd hoch anstehendes Grundwasser handelt.

PHILIPPI (in OBERDORFER, 1977) beschreibt die Standortansprüche wie folgt:

»Gesellschaft entlang stehender oder fließender Gewässer mit stark schwankendem Wasserstand auf nährstoffreichen, meist kalkhaltigen, seltener kalkarmen, sandigkiesigen bis schluffigen Böden, meist über der Mittelwasserlinie.«

Als eine Gesellschaft mit Pioniercharakter vermag sie sich nach Überschwemmungen auf neuen Anlandungen rasch einzustellen. Das Rohrglanzgras ist auch besser als andere Arten in der Lage, mechanische Beanspruchung durch Wasserströmung zu ertragen.

Die genannten Ansprüche finden wir im Untersuchungsgebiet nur in geringem Umfang und relativ kleinflächig erfüllt, am ehesten noch an periodisch wasserführenden Flutrinnen sowie in Kontakt mit Schilfröhricht und Brennesselfluren im Ostteil des Mäanderbogens. All diese Wuchsorte werden nur relativ kurz überflutet, die Strömung ist, sofern überhaupt vorhanden, zu gering, als daß das Rohrglanzgras seine Konkurrenzvorteile gegenüber anderen Arten ausspielen könnte. Reine *Phalaridetum* finden wir demnach gar nicht.

Neben dem namensgebenden Rohrglanzgras ist die Gesellschaft weiter charakterisiert durch das Sumpfgriekraut (*Senecio paludosus*), das Sumpfhelmkraut (*Scutellaria galericulata*) und das Sumpflabkraut (*Galium palustre*). Dazu treten noch die beiden Großseggenarten *Carex vesicaria* und *C. gracilis*, von denen letztere in 44 % der Aufnahmen vertreten ist.

ZAHLHEIMER (1979) fand in den Donauauen zwischen Regensburg und Straubing, daß die Rohrglanzgrasröhrichte, speziell die Altwasserausbildung standörtlich und floristisch dem *Caricetum gracilis* sehr nahe stehen. Ein Vergleich unserer entsprechenden Assoziationstabellen läßt für die beiden feuchteren Ausbildungen des Rohrglanzgrasröhrichts solche Beziehungen zum Schlankseggenried durchaus erkennen. Im Gegensatz zu den Einheiten von ZAHLHEIMER (1979) ist für unsere beiden Gesellschaften durch die Dominanzverhältnisse eine klare Abgrenzung gegeben. Die Geländebeobachtungen und die erhobenen Grundwasserstände zeigen, daß die Großseggenesellschaften im Durchschnitt grundwassernähere Standorte (Tab. 1) mit einer vergleichsweise längeren Naßphase besiedeln.

An Hand der Vegetationstabelle können wir vier Ausbildungen unterscheiden. Die *Wasserminzen-Ausbildung* steht für den feuchten Flügel der Assoziation, wobei *Mentha aquatica* und *Myosotis palustris* zugleich einen gewissen Nährstoffreichtum anzuzeigen scheinen. Die *Variante mit Rorippa amphibia* zeigt eine Tendenz zu den Wechselwasserröhrichten an, dagegen leitet die *Brennessel-Ausbildung* mit *Zaunwinde* (*Convolvulus sepium*) und Brennessel als Differentialarten zu den Brennesselfluren über. Die *Reine Ausbildung* ist weder besonders feucht noch trocken charakterisiert und

kommt dem Typ der Gesellschaft am nächsten. In der *Sumpfsseggen-Ausbildung* weist die differenzierende Großseggenart auf frische, wohl auch wechselfeuchte Standortbedingungen hin. Bezüglich ihres Wasserhaushalts ist sie zwischen den beiden erstgenannten Ausbildungen einzustufen.

Großseggenriede (Magnocaricion W. Koch 26)

In den Großseggenesellschaften dominieren, wie der Name sagt, verschiedene hochwüchsige Großseggenarten. Maßgebend für die Benennung der Einheit ist die jeweils vorherrschende Art.

Im Mäanderbogen um die »Ziegelschütt« finden wir Großseggenesellschaften vorwiegend an flach überschwemmten und periodisch trockenfallenden Standorten. Diese Situation ist am besten ausgeprägt auf Scheitelhöhe des Altwasserarms, wo der Gleithang des Mäanderfeldes »Ziegelschütt« nach Süden flach gegen das offene Wasser ausläuft. Darüber hinaus finden wir diese Vegetationseinheiten in alten Flutrinnen, die ebenso wie kleine Geländedellen bei Grundwasserhochstand sich mit ausdrückendem Wasser füllen, aber wegen ihrer isolierten Lage und des mit einer Schlammsschicht abgedichteten Bettes für längere Zeit das Wasser halten.

Die Vegetationskarte von 1980 zeigt, daß die Großseggenrieder flächenmäßig nur unwesentlich vertreten sind. Die durch die Geländemorphologie bedingte Flächengröße dieser Einheiten sowie der gewählte Kartenmaßstab von 1:5000 ließen nicht immer ihre vollständige Darstellung zu. Sie wurden daher mit den benachbarten größeren Einheiten zusammengefaßt und als Dominanzkomplex dargestellt. Sie sollen aber trotzdem an dieser Stelle besprochen werden.

Neben den jeweils namengebenden Arten erreichen weitere Vertreter des Verbandes Magnocaricion nur geringe Stetigkeiten. Von den Arten höherer systematischer Einheiten ist *Iris pseudacorus* höchst, auch das Schilf (*Phragmites communis*) ist in 67 % der Aufnahmen vertreten und deutet die floristische Verwandtschaft zum Schilfröhricht an. In der Gruppe der Begleiter finden wir eine Reihe von Vertretern der Feuchtwiesen und Uferstaudenfluren, wie den Gewöhnlichen Beinwell (*Symphytum officinale*), Sumpfschilf (*Stachys palustris*), das Mädesüß (*Filipendula ulmaria*), den Gewöhnlichen Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris*), Blutweiderich (*Lythrum salicaria*), die Gelbe Wiesenraute (*Thalictrum flavum*), die Rasenschmiehe (*Deschampsia caespitosa*) und die Sumpfschafgarbe (*Achillea ptarmica*), ohne aber, außer dem Gewöhnlichen Gilbweiderich, nennenswerte Stetigkeiten zu erreichen.

Das *Blasenseggen-Steifseggenried* ist charakteristisch durch die beiden namengebenden Seggenarten *Carex vesicaria* und *Carex elata*. Ihnen sind die Schlanksegge, das Schilf und die Gelbe Schwertlilie zugesellt. Diese Einheit wurde nur einmal angetroffen und stand zum Aufnahmezeitpunkt bis zu 40 cm unter Wasser. SEIBERT fand diese Gesellschaft 1971 auf Standorten ohne über Flur anstehendes Grundwasser.

Unter ähnlichen Bedingungen und in benachbarter Lage wächst das *Schlankseggen-Steifseggenried*, welches sich von voriger Gesellschaft nur durch das Fehlen der Blasensegge floristisch unterscheidet.

Das *Sumpfsseggen-Steifseggenried* steht bei geringerer Wassertiefe und trocknet auch rascher aus. Die Sumpfssegge scheint diese wechselfeuchten Verhältnisse zu indizieren.

Das *Sumpfsseggenried* nimmt den trockenen Flügel innerhalb der Großseggenriede ein. Über Flur anstehen-

des Grundwasser konnte auf seinen Standorten selbst im überdurchschnittlich niederschlagsreichen Sommer des Jahres 1980 nicht festgestellt werden. Dank ihrer weiten ökologischen Amplitude (SEIBERT, 1971) gelangt die Sumpfssegge auf Standorten zur Dominanz, die im Laufe des Jahres bisweilen oberflächlich stark austrocknen.

Im *Schlankseggen-Sumpfsseggenried* sind die beiden namengebenden Sauergräser zu etwa gleichen Anteilen miteinander vergesellschaftet. Diese Einheit ist bei Grundwasserständen von 10–20 cm über Flur verbreitet und bildet das Übergangsglied zum

Schlankseggenried, welches dem feuchten Flügel der im Untersuchungsgebiet vertretenen Großseggenesellschaften zuzurechnen ist. PHILIPPI (in OBERDORFER, 1977) beschreibt die Standortansprüche dieser Gesellschaft wie folgt:

»Gesellschaft feuchter Wiesen auf nährstoffreichen, z. T. kalkhaltigen Böden, regelmäßig in Kontakt und zum Teil auch in enger Verzahnung mit Feuchtwiesen.«

Wir finden die typische Ausprägung der beiden letztgenannten Gesellschaften in kleinen Geländemulden und im flachen Überschwemmungsbereich am Gleithang des Mäanderfeldes »Ziegelschütt«, wo sie natürliche Verlandungsgesellschaften darstellen. Das Schlankseggenried nimmt dabei immer die grundwassernäheren Uferabschnitte ein, die durch das Eindringen organischer Schwebstoffe (tote Pflanzenreste) bei Grundwasserhochstand immer wieder eine Nährstoffanreicherung erfahren. Unter den Begleitern dieser Gesellschaft finden wir eine Reihe von Arten aus den Feuchtwiesen unserer Bach- und Flußtäler, die, obgleich nur mit geringen Stetigkeiten vertreten, die wiederholt herausgestellten Beziehungen zu diesen anzuzeigen vermögen. *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Stachys palustris* und *Thalictrum flavum*, um nur die stetesten zu nennen, beleben mit ihren gelben, roten und weißlichen Blütentrauben und -rispen im Spätsommer das physiognomisch etwas einförmige Erscheinungsbild.

Das *Schlankseggenried mit Rohrkolben* wurde nur an einer Stelle angetroffen. Es siedelt in einer alten, von einem Maschinenweg durchtrennten Flutrinne in seichtem Wasser und zeigt offensichtlich eutrophe und gestörte Standortverhältnisse an.

Schilfröhricht (*Phragmites communis* Schmale 39) *Phragmites communis* bildet im Untersuchungsgebiet größere, geschlossene und artenarme, zu einer natürlichen »Monokultur« tendierende Gesellschaften. Nach MEYER (in ELLENBERG, 1978) reduziert sich in solchen Beständen das Licht bis auf weniger als 1 % der vollen Beleuchtungsstärke. So finden wir neben den Differentialarten, soweit vorhanden, Vertreter höherer systematischer Einheiten nur in geringer Zahl; Begleiter treten überhaupt nur bei den trockensten Varianten auf. Bei Wassertiefen von 20–40 cm, geringen Grundwasserspiegelschwankungen und einem gewissen natürlichen Nährstoffreichtum scheinen die standörtlichen Voraussetzungen für das Gedeihen dieser Gesellschaft im Ostteil des Mäanderbogens gegeben. Seine Bestände erreichen hier zur Optimalphase ihrer Entwicklung Höhen bis zu drei Meter über dem Wasser. Wo sich die Ufersegge (*Carex riparia*) mit ihren messerscharfen Blatträndern und die Zauwinde (*Convolvulus sepium*), deren Windesprosse gleichsam wie Stolperdraht wirken, hinzugesellen, werden diese Bestände nahezu undurchdringlich.

Nach dem Wasserhaushalt und den Trophieverhältnissen können wir an Hand der Tabelle sieben Untereinheiten ausscheiden. Die *Blasenseggen-Ausbildung* sie-

delt in einer alten, druckwassergespeisten Flutrinne, deren Bett durch die Auflage einer humosen Schlamm-schicht weitgehend abgedichtet ist. Die differenzierende Blasensegge scheint diesen Tümpelcharakter zu indizieren, die beige-seltene Schlanksegge auch einen gewissen Nährstoffreichtum.

Die *Reine Ausbildung* steht bis zu 50 cm im Wasser und zeichnet sich durch besondere Artenarmut aus; oft ist *Phragmites communis* nur allein vertreten. Diese Variante erreicht flächenmäßig die größte Ausdehnung und nimmt im Ostteil des ehemaligen Flußbetts der Donau den zentralen Bereich ein.

Zusammen mit der *Uferseggen-Ausbildung* nimmt sie den nassen Flügel des Phragmitetum ein. Die Variante mit Ufersegge (*Carex riparia*) siedelt an Stellen, die von den Standortbedingungen her (Grundwasser 20–40 cm über Flur) ähnlich zu beurteilen sind und tritt oft in Kontakt mit der typischen Variante auf. Landeinwärts leitet die Uferseggen-Ausbildung über zum Uferseggenried oder anderen Großseggenesellschaften. Neben der als wärmeliebend charakterisierten Ufersegge (ELLENBERG, 1978; PHILIPPI in OBERDORFER, 1977) treffen wir in dieser Einheit mit *Iris pseudacorus* und *Glyceria maxima* zwei weitere Vertreter aus der Ordnung Phragmitetalia an.

Trockener als die vorgenannten Einheiten steht die *Schlankseggen-Ausbildung*, auch scheint sie nährstoffreichere Verhältnisse anzuzeigen. Entsprechend der Artenkombination nimmt sie eine intermediäre Stellung zwischen den Röhrichtchen und Großseggenrieden ein. Die Geländeaufformung läßt in unserem Gebiet die typische räumliche Abfolge der entsprechenden Pflanzengesellschaften als Ausdruck der graduellen Änderung des Standortfaktors Grundwasser nur an wenigen Stellen zur Ausbildung gelangen. Demnach ist die vorliegende Vegetationseinheit, ein dem Wald wasserwärts vorgelagerter schmaler Saum, am besten als Ineinanderschichtung von zwei Assoziationen (*Phragmitetum communis* und *Caricetum gracilis*) oder genauer, sogar zweier Verbände (*Phragmitum* und *Magnocaricion*) zu verstehen.

Den trockenen Flügel des Schilfröhrichts nehmen die *Schlankseggen-Ausbildung* mit *Brennessel* und die *Brennessel-Ausbildung* ein. Beide Einheiten besitzen als Trennarten *Brennessel* (*Urtica dioica*) und *Zaunwinde* (*Convolvulus sepium*), die wir als Vertreter der nitro-philien Saumgesellschaften bereits bei den *Brennessel-fluren* besprochen haben. Ihre Standorte werden nur in sehr niederschlagsreichen Jahren und jährlich zum Zeitpunkt des Grundwasserhöchststandes überstaut. Auf Grund ihres natürlichen Nährstoffreichtums tragen sie lichte Bestände der Bastardpappel (*Populus canadensis*).

Die *Rohrglanzgras-Ausbildung* ist aus den Einheiten *Brennessel-Silberweidenau* und *Rohrglanzgrasröhricht* hervorgegangen (siehe Vegetationskarte 1968/70) und ist daher genetisch bedingt. Neben dem vorherrschenden Schilf (*Phragmites communis*) ist die Gesellschaft durch die Gelbe Schwertlilie (*Iris pseudacorus*) und den *Wasserschwaden* (*Glyceria maxima*) aus der Ordnung *Phragmitetalia* recht gut charakterisiert. Außer der Silberweide (*Salix alba*), die in ihrer Vitalität stark geschwächt erscheint, zum Teil abgestorben ist, und dem *Rohrglanzgras* (*Phalaris arundinacea*) fehlen alle weiteren Arten der ursprünglichen Gesellschaft. Die in der Trennartengruppe angeführte *Wasserminze* (*Mentha aquatica*) steht wieder für Nährstoffreichtum.

Sonstige Röhrichte

Neben dem Schilf ist der *Wasserschwaden* (*Glyceria maxima*) die häufigste *Phragmiton*-Kennart im Untersuchungsgebiet. *Glyceria maxima* bildet, wie uns die Vegetationskarte von 1980 zeigt, ebenfalls ausgedehnte und zusammenhängende Bestände oder säumt stark verschlammte Uferbereiche alter Flutrinnen. Seine glänzenden, saftig grünen Schwinggrasenschieben sich, ausgehend von periodisch trockenfallenden Uferzonen, bis zu einer Tiefe von einem Meter wasserwärts vor. Seine fertilen Sprosse erheben sich von Frühsommer an bis zu 1,5 m über die Wasseroberfläche.

Wo der *Wasserschwaden* zur Dominanz gelangt, sind weitere Pflanzenarten selten. Nur *Phragmites communis* und *Iris pseudacorus* erreichen noch nennenswerte Stetigkeiten, ohne in den einzelnen Beständen höhere Artmächtigkeiten zu erreichen. Neben der flächenmäßig vorherrschenden *Reinen Ausbildung* konnte in der Vegetationstabelle eine *Variante mit Sumpfkresse* abgegrenzt werden. *Rorippa amphibia* differenziert nach PHILIPPI (1978) sowie DIERSCHKE & TÜXEN (zit. n. ZAHLHEIMER, 1979) Initialphasen dieser Gesellschaft. Mit *Veronica catenata* enthält die Differentialartengruppe einen weiteren Vertreter der Wechselwasser-röhrichte.

Mit nur einer Aufnahme wurde das *Wasserschwaden-Wasserfenchelröhricht* belegt. Diese Gesellschaft siedelt auf einer ca. 10 cm mächtigen, humosen Schlamm-schicht im Westteil des Mäanderbogens. Der Standort fällt für die überwiegende Zeit des Jahres trocken.

Noch nasser als *Wasserschwaden*- und *Schilfröhricht*, nämlich bei Wassertiefen von 80–100 cm, siedelt das *Flechtbinsenröhricht*. *Schoenoplectus lacustris* bildet mit seinen dunkelgrünen, auch unter Wasser assimilationsfähigen Stengeln nur einen dürftigen entwickelten Bestand als letzten Vorposten gegen die offene Wasserfläche. Wir wollen ihn mit BRAUN-BLANQUET als ein Assoziationsfragment bezeichnen. Darunter verstehen wir einen Vegetationsfleck, dessen Zugehörigkeit zu einer bestimmten Assoziation außer Zweifel steht, der aber aus irgendwelchen Gründen in der Entwicklung gehemmt oder durch äußere Einflüsse (z. B. Ungunst des Standorts) verkümmert ist und daher nur ein unvollständiges Bild der Assoziation geben kann. Aus der Klasse der Wasserlinsengesellschaften (Lemnetea R. Tx. 55 (Lemnetea minoris)) dringen Arten wie der Gemeine *Wasserschlauch* (*Utricularia vulgaris*) und die *Kleine Teichlinse* ein und gruppieren sich mosaikartig um die locker gestellten Sprosse der *Flechtbinse*.

Das *Igelkolbenröhricht* siedelt nach Beobachtungen von PHILIPPI (in OBERDORFER, 1977), die sich mit den unseren weitgehend decken, im stehenden bis schwach fließenden Wasser bei Tiefen von 20–50 cm über schlammigem Grund. Die namensgebende Art, *Sparganium erectum*, bildet im nach Südwesten zu seichter werdenden Flußbett des Mäanderbogens einen lockeren, bis einen Meter über die Wasseroberfläche sich erhebenden Bestand, dem nur wenige Arten, am ehesten noch Vertreter des Verbandes *Phragmiton* zu folgen vermögen.

Das *Igelkolben-Uferseggenröhricht*, benannt nach den beiden vorherrschenden Arten, steht bei einer Wassertiefe von 40 cm und leitet über zum *Uferseggenröhricht*.

Das *Uferseggenröhricht*, wir wollen es in Anlehnung an die Erstarbeit (SEIBERT, 1971) bei den Röhrichtgesellschaften besprechen, ist nach ELLENBERG (1978) als einzige Großseggenesellschaft als wärmeliebend charakterisiert. Unsere größte einheimische Seggenart,

sie wird bis zu 1,2 m hoch, bildet im Untersuchungsgebiet bei einer durchschnittlichen Wassertiefe von 10–20 cm größere, von ihr beherrschte Bestände. Fast immer sind, wenn auch mit geringen Mengenanteilen, Schilf (*Phragmites communis*), Wasserschwaden (*Glyceria maxima*) und die Gelbe Schwertlilie (*Iris pseudacorus*) vertreten. Die Ufersegge (*Carex riparia*) kann aber noch weiter in den nassen Bereich vorstoßen und greift dann über in das Schilf- und Wasserschwadentrücht. Mit letzterem steht es über das *Wasserschwaden-Uferseggen*trücht in Verbindung.

Schließlich ist noch das *Kalmusrücht* zu nennen. Der aus den subtropischen Regionen Südasiens stammende Kalmus (*Acorus calamus*) vermehrt sich bei uns nur vegetativ mit Rhizomen (ZÄHLHEIMER, 1979). Er ist daher in seiner Verbreitung auf Überschwemmungen der Flüsse angewiesen. Seine Gesellschaft wurde im Untersuchungsgebiet nur an einer Stelle angetroffen, wo sie als schmales Band dem Schilfrücht bei einer Wassertiefe von 30 cm vorgelagert ist. Wegen ihrer geringen Ausdehnung konnte sie in der Vegetationskarte nicht dargestellt werden.

4.3 Wildgrasfluren

SEIBERT (1962) verwendet diesen Begriff, um die zum Teil wohl anthropogen bedingten, aber ohne Absicht entstandenen Grasfluren von, zum Zweck der Beweidung und Mahd, gedüngten und künstlich geschaffenen Wirtschaftswiesen und -weiden abzugrenzen.

Die *Rasenschmielenrasen* in unserem Untersuchungsgebiet zählen zweifellos zur ersteren Gruppe. Sie stehen in der Zonationsfolge zwischen den Großseggenrieden und den feuchten Einheiten des Quercu-Ulmetum und können räumlich wie standörtlich als Bindeglied zwischen diesen Gesellschaften betrachtet werden. Pflanzensoziologisch-systematisch müssen sie zur Ordnung Molinietales, den Feuchtwiesen gestellt werden. Entscheidend für ihr Gedeihen ist der Bodenwasserhaushalt. Ihre Standorte gehören zu dem Bereich der Aue, der früher alljährlich überschwemmt und so mit nährstoffreichem Schlück versorgt wurde. Heute stocken darauf zum Teil lichte, aber wüchsige, bis zu 30 m hohe Bestände der Bastardpappel (*Populus canadensis*). Infolge der stark beeinträchtigten natürlichen Auendynamik begannen bereits früher verschiedene feuchtelebende Gebüscharten sich auszubreiten. An einigen Stellen finden wir diese Rasengesellschaften in enger Verzahnung mit Waldgesellschaften (*Quercu-Ulmetum*), aus denen dann eine Reihe von Arten übergreift und die in Gang sich befindliche Sukzession andeutet.

Die *Rasenschmielenrasen* sind durch Kennarten aus der Ordnung Molinietales recht gut charakterisiert. *Deschampsia caespitosa*, die namensgebende Art, ist in allen Aufnahmen mit meist hohen Mengenanteilen vertreten. *Stachys palustris*, *Filipendula ulmaria* und *Thalictrum flavum* erreichen ebenfalls hohe Steigkeitsgrade. Weiter finden wir, wenn auch weniger stet, *Angelica sylvestris*, *Lythrum salicaria*, *Achillea ptarmica*, *Lysimachia vulgaris*, *Valeriana procurrens*, *Cirsium oleraceum* und *Colchicum autumnale*. Nur in einer Aufnahme vertreten sind der Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre*) und das recht seltene Hohe Veilchen (*Viola elatior*). Von den Klassenkennarten gesellen sich hinzu *Vicia cracca*, *Galium mollugo* und *Lathyrus pratensis*, um nur die stetesten zu nennen. Unter den Begleitern sind *Rubus caesius* und *Cirsium arvense* als durchgehend vertretene Arten besonders herauszustellen. Bemerkenswert ist der bereits oben angedeutete Reichtum an Straucharten.

Die *Rasenschmielenrasen* lassen sich an Hand von Differentialarten in vier Untereinheiten gliedern. Allen gemeinsam ist eine Gruppe von Vertretern hauptsächlich der Röhrichte, daneben auch der Uferstaudenfluren (*Filipendula*) und Flutrasen (*Agropyro-Rumicion*).

Die *Rohrgranzgras-Ausbildung* ist durch das Fehlen von Differentialarten negativ charakterisiert und gegen die anderen Untereinheiten abgegrenzt; sie stellt den Typ der Gesellschaft dar.

Die *Rohrgranzgras-Ausbildung mit Schlangsegge* stellt eine Variante auf mehr gleichmäßig feuchten Standorten dar, während die *Variante mit Sumpfssegge* etwas trockenere und wechselfeuchte Verhältnisse anzuzeigen scheint.

Die *Rohrgranzgras-Ausbildung mit Rohrschwengel* wurde auf einer periodisch als Wildacker genutzten Fläche vorgefunden. Ihr Charakter ist demnach stärker anthropogen geprägt als der der anderen, zu dieser Gesellschaft zählenden Ausbildungen.

5. Die Veränderungen im Auengefüge nach dem Bau der Donaustaufe Ingolstadt

Die Pflanzengesellschaften unserer Flußauen zählen nach ELLENBERG (1978) zur azonalen Vegetation, d. h. es handelt sich um Pflanzenkombinationen, die in mehreren Zonen mit verschiedenem Allgemeinklima in ungefähr gleicher Form auftreten, weil sie von gleichen extremen Bodenfaktoren geprägt werden. Eine dieser Extrembedingungen und zugleich wohl wichtigste ist der Bodenwasserhaushalt; er wird in der Flußaua bestimmt einerseits durch periodisch wiederkehrende Überflutungen, andererseits durch den Flußwasserspiegel und den damit oft korrespondierenden Grundwasserstand im Boden (Abb. 4). Seine aktuelle Höhe ist dabei mit einer gewissen Verzögerung Ausdruck der herrschenden Witterungsverhältnisse im Einzugsgebiet des jeweiligen Gewässersystems. Der Mensch hat hier in der Vergangenheit aus verschiedenen Beweggründen manipulierend eingewirkt. Dies haben wir am Beispiel der Donau im Abschnitt 2.2 ausführlich dargestellt.

5.1 Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

Die Staustufe Ingolstadt nimmt entsprechend ihrer Konstruktion und Zweckbestimmung keinen oder nur in Ausnahmefällen (Katastrophenhochwässer, Schwellbetrieb), auf einen kurzen Zeitabschnitt begrenzt, Einfluß auf die Abflußverhältnisse der Donau. Der Normalstau der Anlage liegt bei einer Höhe von 369,50 Meter über NN. Um nachteilige Wirkungen der Anlage auf den Hochwasserabfluß zu vermeiden, und um einen teilweisen Ausgleich für verlorenen Retentionsraum zu erreichen, kann der Normalstau um 50 cm erhöht werden, wenn die Abflußmenge 1400 cbm/sec übersteigt. Dieser Wert wurde seit 1845 nur zwölfmal überschritten (UNBEHAUEN, 1971).

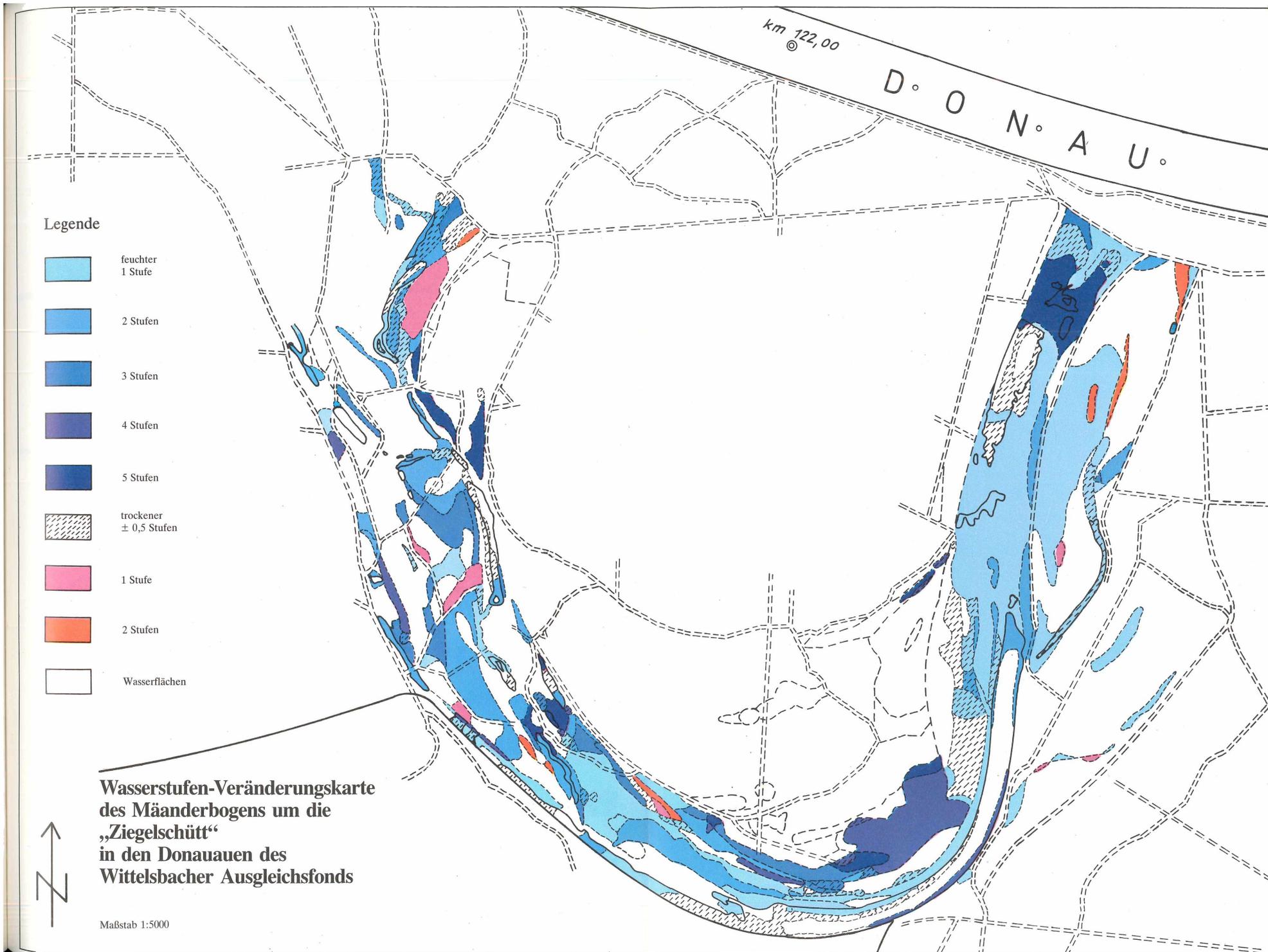
Entgegen der häufig vertretenen Ansicht ist die Staustufe nicht in der Lage, in ihrem Wirkungsbereich Hochwässer zu verhindern. Karte 1 zeigt die Verteilung des Hochwassers vom 13. Juni 1965, für den Ostteil der Aueniederung zwischen Neuburg und Ingolstadt.

Das Grundwasser wird seit 1964 von der Rhein-Main-Donau AG mit einer Vielzahl von Rohrbrunnen und Meßpegeln beobachtet. Ihre Standorte im Gelände sind ebenfalls in Karte 1 festgehalten. Für unser Gesamtuntersuchungsgebiet standen zehn Rohrbrunnen und acht Meßpegel zur Verfügung. Sie wurden zweimal monatlich von einer damit beauftragten Person abgelesen; die

LEGENDE ZU DEN VEGETATIONSKARTEN DES MÄANDERBOGENS

UM DIE "ZIEGELSCHÜTT" 1968 / 70 UND 1980

	Forstgesellschaften		
	Offene Wasserflächen		Labkraut-Weißseggen-Eschenau Sumpfseggen-Ausbildung
A-----F	Vegetationsquerprofile		Weißseggen-Eschenau Reine Ausbildung
	Brennessel-Silberweidenau		Reine Eschenau Reine Ausbildung
	Innseggen-Purpurweidenau		Reine Eschenau Reine Ausbildung mit Bärlauch
	Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau Labkraut-Ausbildung		Berberitzen-Ligusterbusch
	Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau Labkraut-Ausbildung mit Sumpfsegge		Pfeifengras-Kiefernwald
	Reine Grauerlen-Eschenau Reine Ausbildung		Sanddornbusch
	Reine Grauerlen-Eschenau Reine Ausbildung mit Springkraut		Schillergras-Trespenrasen
	Perlgras-Grauerlen-Eschenau Reine Ausbildung		Rasenschmielenrasen Fiederzwenken-Ausbildung
	Perlgras-Grauerlen-Eschenau Fiederzwenken-Ausbildung		Rasenschmielenrasen Rohrglanzgras-Ausbildung
	Perlgras-Grauerlen-Eschenau Labkraut-Ausbildung		Rasenschmielenrasen Rohrglanzgras-Ausbildung mit Pappel
	Perlgras-Grauerlen-Eschenau Sumpfseggen-Ausbildung		Rasenschmielenrasen Rohrglanzrasen-Ausbildung mit Sumpfsegge
	Labkraut-Weißseggen-Eschenau Reine Ausbildung		Rasenschmielenrasen Rohrglanzgras-Ausbildung mit Schlanksegge
	Labkraut-Weißseggen-Eschenau Fiederzwenken-Ausbildung		Rasenschmielenrasen Rohrglanzgras-Ausbildung mit Rohrschwengel



LEGENDE ZU DEN VEGETATIONSKARTEN DES MÄANDERBOGENS

UM DIE "ZIEGELSCHÜTT" 1968 / 70 UND 1980



Forstgesellschaften



Offene Wasserflächen

A-----F

Vegetationsquerprofile



Brennessel-Silberweidenau



Innseggen-Purpurweidenau



Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau
Labkraut-Ausbildung



Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau
Labkraut-Ausbildung mit Sumpfschilf



Reine Grauerlen-Eschenau
Reine Ausbildung



Reine Grauerlen-Eschenau
Reine Ausbildung mit Springkraut



Perlgras-Grauerlen-Eschenau
Reine Ausbildung



Perlgras-Grauerlen-Eschenau
Fiederzwenken-Ausbildung



Perlgras-Grauerlen-Eschenau
Labkraut-Ausbildung



Perlgras-Grauerlen-Eschenau
Sumpfschilf-Ausbildung



Labkraut-Weißseggen-Eschenau
Reine Ausbildung



Labkraut-Weißseggen-Eschenau
Fiederzwenken-Ausbildung



Labkraut-Weißseggen-Eschenau
Sumpfschilf-Ausbildung



Weißseggen-Eschenau
Reine Ausbildung



Reine Eschenau
Reine Ausbildung



Reine Eschenau
Reine Ausbildung mit Bärlauch



Berberitzen-Ligusterbusch



Pfeifengras-Kiefernwald



Sanddornbusch



Schillergras-Trespenrasen



Rasenschmielenrasen
Fiederzwenken-Ausbildung



Rasenschmielenrasen
Rohrglanzgras-Ausbildung



Rasenschmielenrasen
Rohrglanzgras-Ausbildung mit Pappel



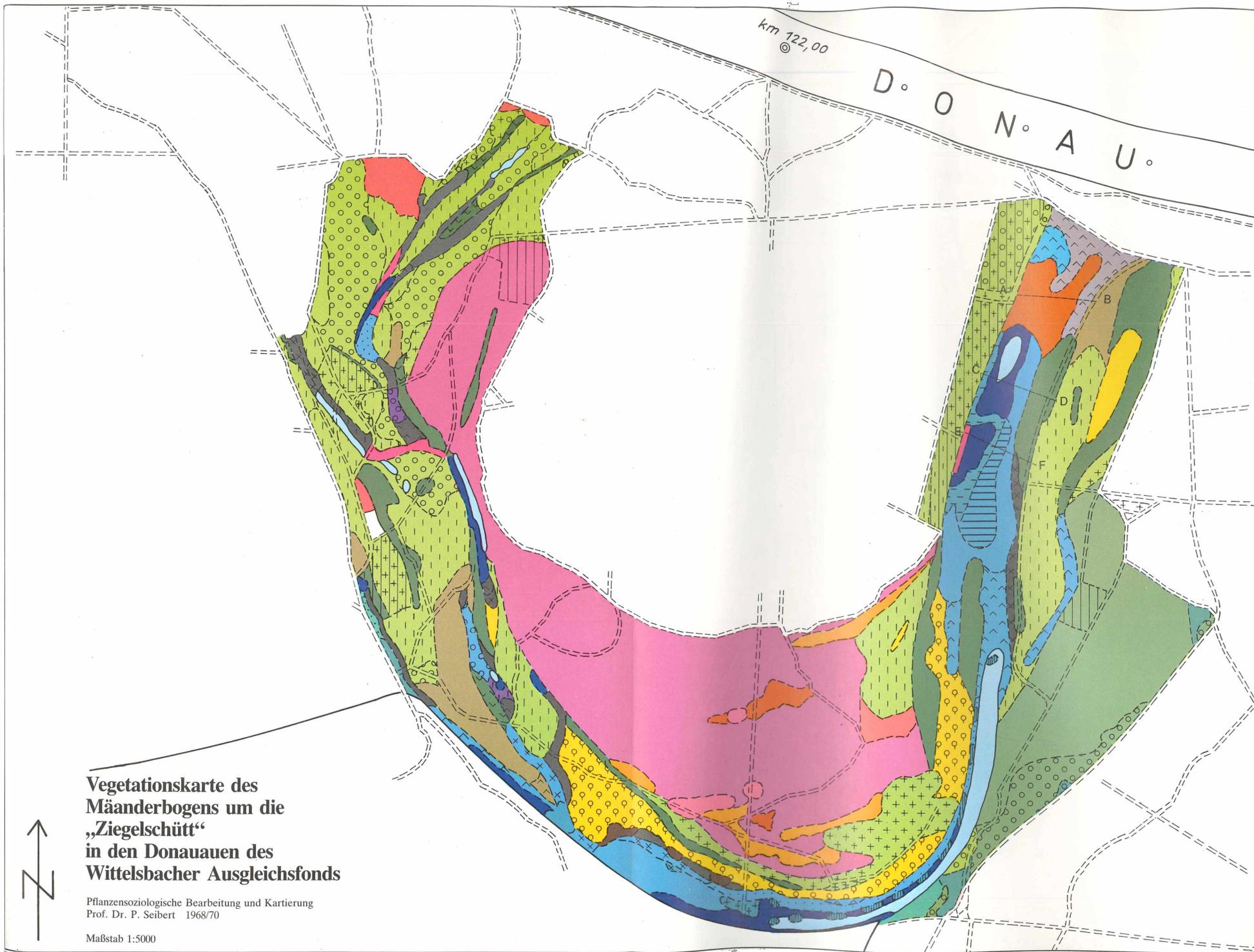
Rasenschmielenrasen
Rohrglanzgras-Ausbildung mit Sumpfschilf



Rasenschmielenrasen
Rohrglanzgras-Ausbildung mit Schilfsegge



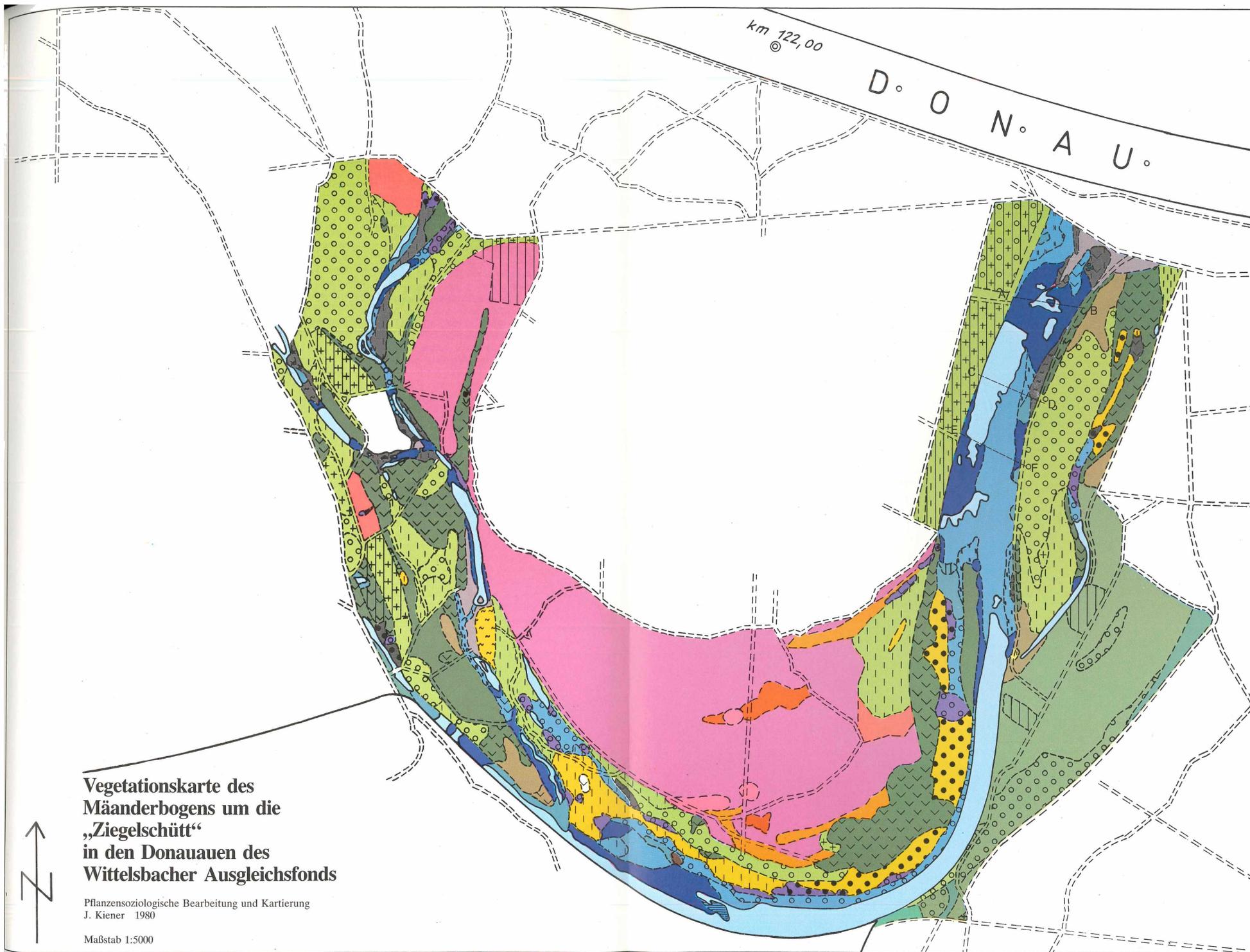
Rasenschmielenrasen
Rohrglanzgras-Ausbildung mit Rohrschwengel



**Vegetationskarte des
Mäanderbogens um die
„Ziegelschütt“
in den Donauauen des
Wittelsbacher Ausgleichsfonds**

Pflanzensoziologische Bearbeitung und Kartierung
Prof. Dr. P. Seibert 1968/70

Maßstab 1:5000



**Vegetationskarte des
Mäanderbogens um die
„Ziegelschütt“
in den Donauauen des
Wittelsbacher Ausgleichsfonds**

Pflanzensoziologische Bearbeitung und Kartierung
J. Kiener 1980

Maßstab 1:5000

gefundenen Werte dienen der Konstruktion von Grundwasserganglinien.

Die Donau wird offensichtlich von einem breiten Grundwasserstrom begleitet, dessen Horizont im ehemaligen Mäanderbogen um die »Ziegelschütt« geschnitten ist (Abb. 5: Mp WiA 26 und Mp WiA 33). Zusätzlich bewegt sich ein Grundwasserstrom, von außerhalb des Auwaldes kommend, in Richtung Norden, wodurch der flußbegleitende Grundwasserstrom eine Ablenkung zur Donau hin (SEIBERT, 1975) erfahren kann. Durch den Aufstau des Flusses wird bewirkt, daß im Oberwasser des Wehres seitlich andrängendes Grundwasser nicht mehr aufgenommen werden kann oder daß in den ersten Jahren sogar Wasser vom Fluß nach außen drückt. In der Folge erhöht sich der Grundwasserspiegel in diesem Bereich und führt entsprechend dem Geländeniveau zu mehr oder weniger starken Vernässungen. Um dies zu verhindern, legt man im Bereich des gestauten Flußabschnittes ein Grabensystem an, wo das überschüssige Wasser gesammelt und unterhalb des Wehres dem Fluß wieder zugeleitet wird. Dies müssen wir berücksichtigen, wenn wir nachfolgend die Ganglinien der Grundwasserbeobachtungsrohre analysieren.

Nach der Stauerrichtung am Wehr Ingolstadt im Februar 1971 war generell ziemlich rasch ein Anstieg des

Grundwasserspiegels im gesamten Untersuchungsgebiet zu beobachten. Das Maß, um das der Grundwasserspiegel angehoben wurde, ist jedoch nicht in allen Teilen gleich. Die im Wirkungsbereich des künstlich angelegten Grabensystems gelegenen Brunnen sind in der nachfolgenden Zahlentafel durch ein Kreuz gekennzeichnet.

Abb. 7 und 8 zeigen den Gang der Jahresmittel (durchgezogene Linie) für die Periode 1965–1980. Die beiden gestrichelten Linien verbinden die für jedes Jahr ermittelten Grundwasserhöchst- bzw. -tiefstände. Auch sind die mittleren Grundwasserstände für die Periode vor (1965–1970) und nach dem Einstau (1973–1980) eingezeichnet.

Wir kennen, daß der Grundwasserspiegel nach dem hydrologischen Eingriff im donau nahen Bereich bis über einen Meter angestiegen ist.* Die Anhebung schwächt sich ab, je weiter wir uns von der Donau entfernen. Im Einflußbereich des Entwässerungsgrabens war der mittlere Grundwasserstand 31–37 cm nachher höher. Wenn wir die Entfernung der Beobachtungsbrunnen zur Donau als Bezugspunkt wählen, scheint ein gewisser Minderanstieg gegeben. Wir können aus den beiden Graphiken weiter entnehmen, daß der Grundwasserstand in der Periode 1965–1970 innerhalb des Jahres zum Teil sehr stark schwankte. Für das Jahr 1965 errechneten wir am Beobachtungsbrunnen WiA 15 zwischen Grundwasserhöchst- und -tiefstand eine Differenz von 3,40 m**.

Grundwasserbrunnen Nr.	Grundwasserspiegelanstieg nach 1971 (cm)
WiA 4	+ 84
WiA 12	+ 87
WiA 13	+ 107
WiA 14	+ 44
WiA 15	+ 34
WiA 16	+ 51
+ WiA 17	+ 24
+ WiA 18	+ 35
+ WiA 21	+ 37
+ WiA 22	+ 31

* Die Jahresgänge von Fluß- und Grundwasserspiegel sind in erster Linie Ausdruck der herrschenden Witterungsbedingungen im Einzugsgebiet des betreffenden Gewässersystems. Es ist daher eigentlich nicht korrekt, Grundwasserstände verschiedener Jahre oder Zeitperioden zu vergleichen. Es kommt uns aber hier nicht auf höchstmögliche Genauigkeit an, vielmehr wollen wir uns eine Vorstellung verschaffen über die Größenordnung, in der sich die Veränderungen vollzogen haben.

** Die Grundwasserstände wurden nur zweimal monatlich abgelesen. Es ist daher unwahrscheinlich, daß immer die tatsächlichen Extremwerte erfaßt worden sind.

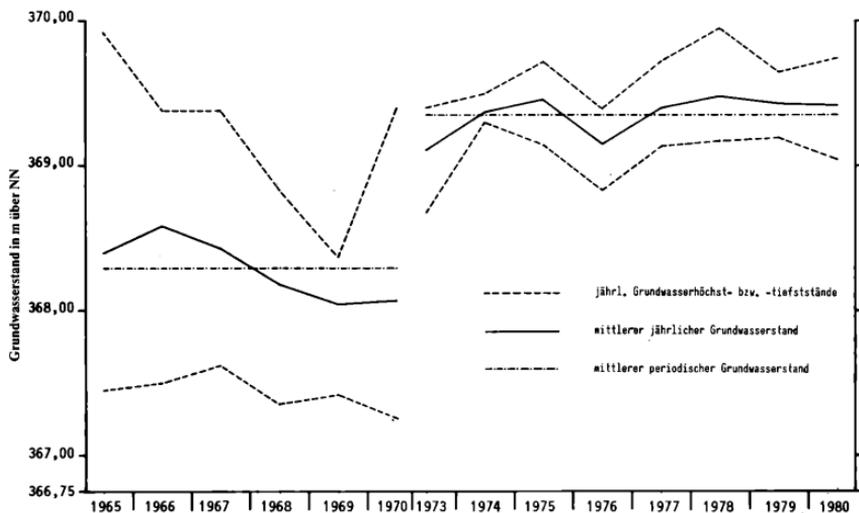


Abbildung 7

Grundwasserganglinien am Beobachtungsbrunnen WiA 13 vor (1965–1970) und nach (1973–1980) dem Einstau der Donau.

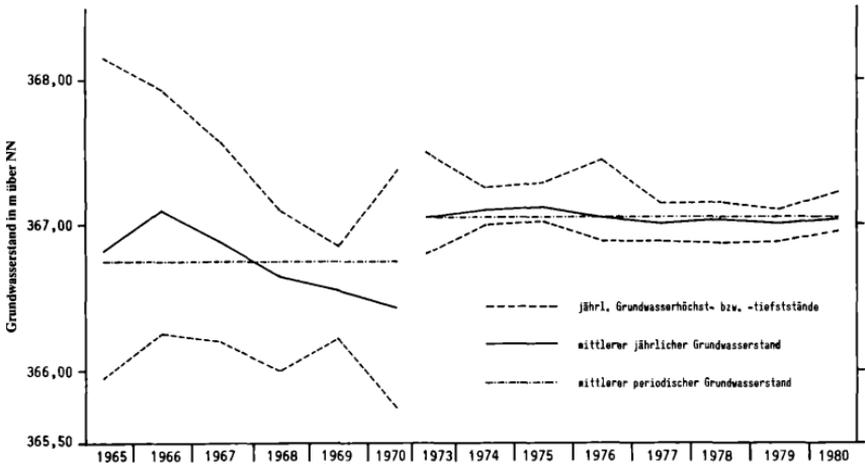


Abbildung 8

Grundwasserganglinien am Beobachtungsbrunnen WiA 22 vor (1965–1970) und nach (1973–1980) dem Einstau der Donau.

Schwankungen in dieser Größenordnung sind für Auenstandorte über grobkörnigen, wasserdurchlässigen Sedimenten durchaus typisch (SCHEFFER-SCHACHT-SCHABEL, 1979). Für die Periode nach dem Einstau (1973–1980) verringerte sich die jährliche Schwankungsbreite deutlich, am stärksten an den im Wirkungsbereich des Entwässerungssystems gelegenen Brunnen.

Gleichzeitig mit der Errichtung der Staustufe Ingolstadt wurde rechtsseitig der Donau zum Schutz der davorliegenden Grundstücke, Siedlungen und Verkehrswege eine Dammanlage geschüttet. Sie verläuft, an der Stauanlage bei Flußkilometer 128,8 beginnend, mit wachsendem Abstand zum Fluß donauaufwärts, um etwa in Höhe von Flußkilometer 124 in einem stumpfen Winkel nach Südwesten abzuschwenken; von da rund 750 m weiter liegt der Hochwasserschutzdamm scharf nach Süden ab und läuft entlang des Reviere Spitzerholz gegen das Gelände aus. Er bewirkt, daß die davorliegenden Auwaldteile zukünftig bei Hochwässern von einer Überflutung freigehalten werden. Damit bleibt auch die Sedimentation mineralischer und organischer Schwebfracht aus, mit welcher die Auenböden in unregelmäßigen Abständen »gedüngt« wurden. Wir müssen daher damit rechnen, daß vor allem die reiferen Auwaldgesellschaften (Quercu-Ulmetum) auf grundwasserfernen Standorten (Grundwasserstand unter Flur größer zwei Meter) mit fortschreitender Bodenentwicklung sich allmählich zu zonalen Vegetationseinheiten (Galio-Carpinetum ulmetosum) weiterentwickeln, wie wir sie auf den flußfernen, schon länger hochwasserfreien Flußterrassen antreffen.

5.2 Auswirkungen auf die Vegetation

»Das sicherste Verfahren, um Veränderungen in der Pflanzendecke nach Eingriffen in den Wasserhaushalt festzustellen, ist der Vergleich von Vegetationskarten aus der Zeit vor dem technischen Eingriff mit solchen, die aufgenommen wurden, nachdem sich die Vegetation auf den veränderten Wasserhaushalt eingestellt hatte« (SEIBERT, 1962). Diese Methode erlaubt einen flä-

chendeckenden Vergleich. Sie wurde nur für das Teilgebiet des Mäanderbogens um die »Ziegelschütt« angewandt, während im »Gesamten Untersuchungsgebiet« durch Wiederholung von Aufnahmen und deren paarweise Gegenüberstellung ein punktueller Vergleich vorgenommen wurde. Hierbei kam es uns darauf an, die durch den Eingriff bedingten floristischen Verschiebungen auch in ihren Feinheiten zu erfassen.

5.2.1 Änderungen im Artengefüge ausgewählter Probeflächen

Die paarweise Gegenüberstellung und Analyse der ausgewählten Vegetationsaufnahmen von 1968/70 und 1980 liefern folgende Erkenntnisse:

Beim Vergleich der Aufnahmen aus dem Vegetationsgebiet der Hartholzauze (Quercu-Ulmetum) zeigen sich nur geringfügige Unterschiede in der Artenzusammensetzung und auch in den Artmächtigkeiten der einzelnen Taxa. Nur in Aufnahme Nr. 196 (Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau), die gleich an ein bachbegleitendes Rohrglanzgrasröhricht grenzt, scheinen deutlichere Veränderungen eingetreten zu sein. *Phalaris arundinacea*, *Carex acutiformis* und *Cirsium oleraceum*, die unter diesen Klimabedingungen als Grundwasserzeiger gelten dürfen (SEIBERT, 1962) haben höhere Artmächtigkeiten erhalten; weitere feuchteliebende Arten aus der zugehörigen Differentialartengruppe, wie *Stachys palustris*, *Symphytum officinale* und *Iris pseudacorus*, ferner das Gewöhnliche Hexenkraut (*Circaea lutetiana*), ein Feuchtezeiger innerhalb der Ordnung Fagetalia, wurden neu gefunden. Neu hinzugekommen sind auch Arten, die auf verbesserte Lichtverhältnisse sowie ein erhöhtes Nährstoffangebot hinweisen: *Galium mollugo*, *Convolvulus sepium* und *Urtica dioica*.

Wie Abb. 9 zeigt, werden unsere Überlegungen bestätigt, wenn wir für die Aufnahme Nr. 196 anhand der Zeigerwerte von ELLENBERG (1974) mittlere Faktorenzahlen berechnen und die prozentische Veränderung des soziologischen Verhaltens betrachten:

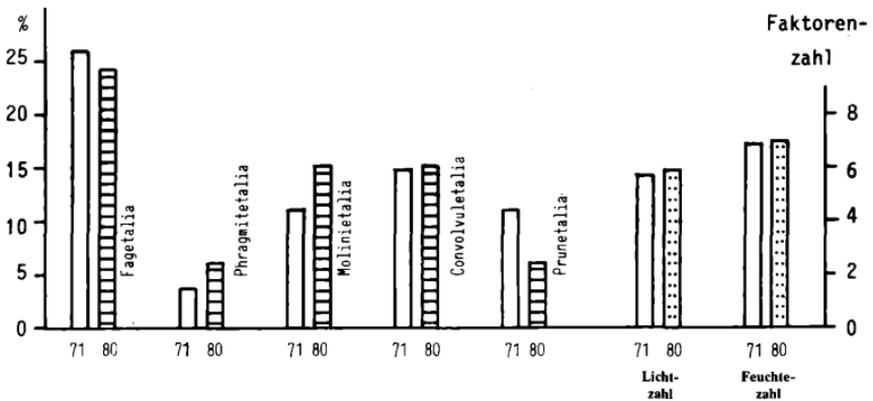


Abbildung 9

Soziologisches Verhalten und mittlere Faktorenzahlen (ELLENBERG, 1978) der Vegetationsaufnahme Nr. 196 vor und nach dem hydrologischen Eingriff.

An diesem Beispiel können wir sehr schön zeigen, daß solche Veränderungen nicht unbedingt durch die Grundwasseranhebung verursacht sein müssen. Wir müssen dazu die Deckungsgrade der verschiedenen Bestandsschichten zu den beiden Aufnahmezeitpunkten heranziehen:

Jahr/Schicht	B 1	B 2	St	K	M
1968/70	0.9	0.2	0.1	0.9	0.2
1980	0.6	0.2	0.2	0.9	0.2

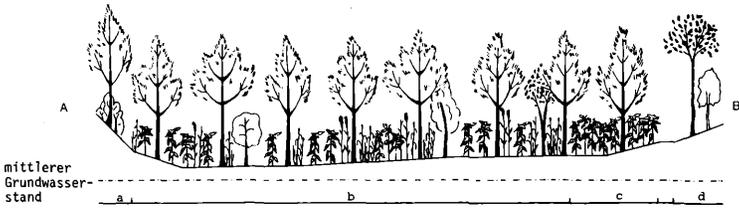
In der dazwischenliegenden Periode wurden im Zuge einer hochdurchforstungsartigen Nutzung Lücken im Kronendach des Bestandes geschaffen. Die Auflichtung bewirkte eine Verbesserung der Licht- und Wärmeverhältnisse und eine vermehrte Zufuhr von Niederschlagswasser (SEIBERT, 1978). Diese Situation wurde von den vorgenannten Arten offensichtlich zur Ansiedlung genutzt.

Viel eindeutiger Veränderungen finden wir bei den Pflanzengesellschaften, die zu ihrer Existenz ständig auf hoch stehendes Grundwasser angewiesen sind. Dazu zählen in unserem Auwaldabschnitt die Weidenau, die Großseggenriede, die Still- und Fließwasserröhrichte.

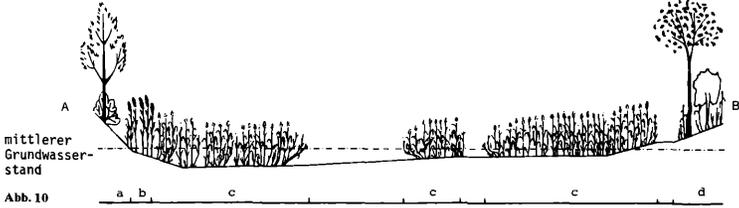
In den beiden, im ehemaligen Flußbett des Mäanderbogens gelegenen Aufnahmen Nr. 212 und 218 der Brennessel-Silberweidenau bildete die Silberweide zusammen mit Bastardpappeln bis zu 18 m hohe Bestände. Unter ihrem lockeren Schirm (Deckungsgrad B1: 0,7) war eine dichtgeschlossene, von Vertretern der nitrophilen Staudenfluren (Convolvuletalia) dominierte Krautschicht entwickelt. Mit der Anhebung des Grundwasserspiegels wurden ihre Standorte dauerhaft unter Wasser gesetzt. Dies führte in der Folgezeit zum Absterben der Baumbestände. Die Brennessel-Silberweidenau wurde ersetzt durch ein Wasserschwaden-Schilfröhricht in der einen und durch ein Wasserschwadenröhricht in der anderen Aufnahme (siehe auch Querprofile Abb. 10—12).

Einen physiognomischen weniger drastischen Wandel zeigen die beiden zu den Großseggenrieden zählenden Aufnahmen Nr. 332 und 107. Hier stieg das Grundwasser auf 10–40 cm über Geländeneiveau an und begünstigte Arten, die auch eine längere Überstauung tolerieren. Beide Aufnahmen liegen in kleinen Geländehohformen und zeigen ausgesprochenen Tümpelcharakter. In Aufnahme Nr. 332 haben sich am Grund der 2,5 m hohen Krautschicht, vorwiegend aus Schilf, in kleinen Bestandeslücken Vertreter der Wasserlinsengesellschaften angesiedelt. *Lemna minor*, *Lemna trisulca* und vor allem der Gemeine Wasserschlauch (*Utricularia vulgaris*) sind in kleinen Trupps und Flecken zwischen den Halmen der höheren Pflanzen mosaikartig angeordnet. Bei der synoptischen Betrachtung der Aufnahme-paare aus den Rohrglanzgrasröhrichten und Brennesselfluren ist nicht immer eindeutig zu entscheiden, ob die vorliegende Veränderung im Artenbestand auf die Grundwasseranhebung zurückzuführen ist (Aufnahmen Nr. 320, 228, 153, 227, 231). Im allgemeinen scheinen aber die Bestände des Rohrglanzgrasröhrichts die stärkere Bindung an hoch stehendes Grundwasser zu besitzen. Dies zeigt auch die vergleichsweise stärkere Förderung von Grundwasser- und Feuchtezeigern nach dem technischen Eingriff. Bemerkenswert erscheint für einen Teil der Aufnahmen aus den Brennesselfluren die Neuansiedlung verschiedener Frühjahrsgewächse, wie *Ranunculus ficaria*, *Ranunculus auricomus*, *Scilla bifolia*, *Anemone ranunculoides* und *A. nemorosa*.

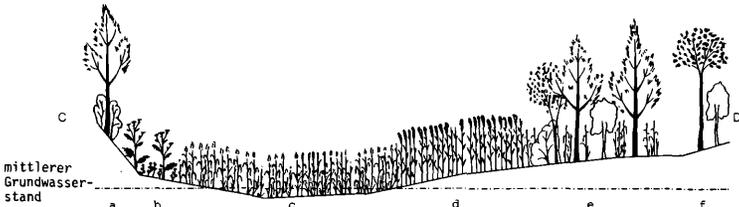
Die Standorte der verschiedenen Stillwasserröhrichtgesellschaften waren bereits vor dem hydrologischen Eingriff für kürzere oder längere Zeit im Jahr überstaut. Die ursprünglichen Pflanzengesellschaften waren schon ziemlich artenarm; ihre Benennung ergab sich in erster Linie aus den jeweils angegebenen Dominanzverhältnissen. Der neue Grundwasserstand verursachte entsprechend seinem Niveau floristische Veränderungen in unterschiedlicher Stärke und Richtung. Auf den Probeflächen Nr. 213 und 214 wurden Wasserstände von 80 cm und mehr über Flur erreicht, so daß diese Flächen heute von offenen Wasserflächen eingenommen werden.



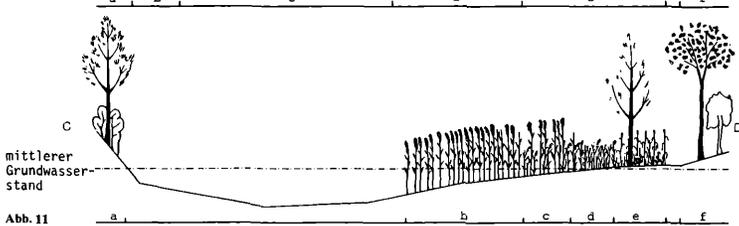
a) Perigras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung; b) Brennnessel-Silberweidenau; c) Brennesselfur, Wasserminzen-Ausbildung; d) Reine Grauerlen-Eschenau, Reine Ausbildung.



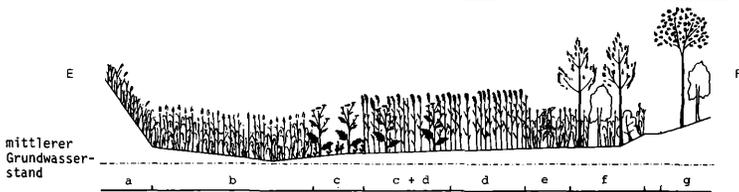
a) wie oben! b) Schilfröhricht, Reine Ausbildung; c) Wasserschwadentröhricht; d) Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung mit Sumpfsedge.



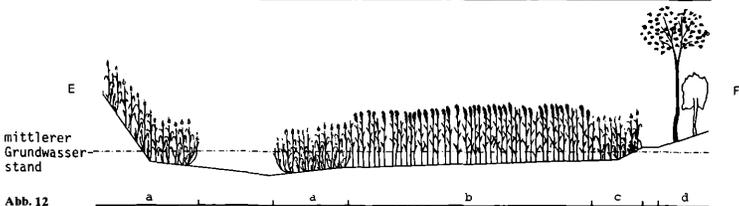
a) Perigras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung; b) Wasserfenchelröhricht; c) Wasserschwadentröhricht; d) Schilfröhricht, Reine Ausbildung; e) Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung; f) Perigras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung.



a) wie oben! b) Schilfröhricht, Reine Ausbildung; c) Schilfröhricht, Uferseggen-Ausbildung; d) Uferseggenröhricht; e) Rohrglanzgrasröhricht, Wassermünzen-Ausbildung mit Sumpfkresse; f) Perigras-Grauerlen-Eschenau, Sumpfsiegen-Ausbildung.



a) Blasenseggen-Innseggenried; b) Wasserschwadentröhricht; c) Wasserfenchelröhricht; d) Schilfröhricht, Reine Ausbildung; e) Rohrglanzgrasröhricht, Brennessel-Ausbildung mit Wasserminze; f) Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung; g) Perigras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung.



a) Wasserschwadentröhricht; b) Schilfröhricht, Reine Ausbildung; c) Wasserschwadentröhricht, Reine Ausbildung mit Sumpfkresse; d) Perigras-Grauerlen-Eschenau, Sumpfsiegen-Ausbildung.

Abbildungen 10, 11, und 12

Die Vegetation im Mäanderbogen um die »Ziegelschütt« im Querschnitt der Abb. 10–12 vor (oben) und nach (unten) der Anhebung des Grundwasserspiegels im Jahre 1971.

5.2.2 Vergleich der Vegetationskarten des Mäanderbogens um die »Ziegelschütt« vor und nach dem hydrologischen Eingriff

Die Gegenüberstellung der beiden Vegetationskarten von 1968/70 und 1980 zeigt für das Untersuchungsgebiet recht deutliche Verschiebungen in der räumlichen Verteilung der verschiedenen Pflanzengesellschaften.

Standorte, die vor dem Einstau der Donau noch wüchsige Bestände mit Silberweide bzw. Bastardpappel trugen, werden heute von Stillwasserröhrichten eingenommen; vor allem Schilfröhricht und Wasserschwadnröhricht haben sich in diesem Bereich flächenmäßig stark ausgedehnt.

In Waldgesellschaften des Querco-Ulmetum, die vorher weder als besonders feucht noch trocken charakterisiert waren, siedelten sich Feuchtezeiger neu an. Dabei handelte es sich zum einen um die Arten aus der Differentialartengruppe der Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau (SEIBERT 1971) *Phalaris arundinacea*, *Iris pseudacorus*, *Symphytum officinale*, *Phragmites communis*, *Stachys palustris*, zum anderen um die Sumpfsäge (*Carex acutiformis*), die ebenfalls frischere, auch wechselfeuchte Verhältnisse anzuzeigen scheint. Bestände, in denen wir diese Artengruppe neu antrafen, ordneten wir den entsprechenden Gesellschaftstypen zu, auch wenn die Artenkombination, die früher das Kriterium der Abgrenzung bildete, noch teilweise oder größtenteils vorhanden war. Einige besonders feuchte Bestände der Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau wurden nach der Veränderung des Bodenfeuchteregimes sogar durch Röhrichte und Großseggenesellschaften ersetzt.

Die Gegenüberstellung von drei Vegetationsquerprofilen (Abb. 10 – 12) aus dem Ostteil des ehemaligen Mäanderbogens veranschaulichen die obenstehenden Ausführungen recht gut. Sie lassen zugleich erkennen, daß die Grundwasseranhebung bei gleichen Beträgen ganz unterschiedliche Auswirkungen haben kann, je nachdem, welche Gesellschaft davon betroffen wurde.

Besonders empfindlich reagiert hat neben der Silberweidenau das Wasserfenchelröhricht; es nahm noch 1971 eine ansehnliche Fläche ein, zum Teil in Reiner Ausbildung, zum Teil eingelagert in das Schilfröhricht, fehlt aber heute vollständig.

Demgegenüber dürfen wir die Flächenbilanz der anderen Röhrichtgesellschaften als ausgeglichen oder leicht positiv betrachten. Bei zu hohem Wasserstand wurde ihre physiologische Leistungsfähigkeit auf vorher schon nassen Standorten überschritten, sie mußten aufgegeben werden, aber im gleichen Zuge konnten neue Areale hinzugewonnen werden.

Freie Wasserflächen existierten bis 1971 in nennenswertem Ausmaß nur im alten Flußbett der Donau in Vertiefungen (Kolke) an der Krümmungsaußenseite, die der Fluß, als er noch ungebändigt durch die Aue mäandrierte durch die Rotationsbewegung seiner Wassermassen in Flußsohle und an der Außenseite des Ufers grub. Der neuerliche hydrologische Eingriff bewirkte, daß sich die offenen Wasserflächen, von hier ausgehend, auf das Dreifache ausdehnten.

5.2.3 Die Veränderungen im Wasserhaushalt der Pflanzengesellschaften

TÜXEN fertigte 1939 die erste sogenannte »Wasserstufenkarte« für das Wietze-Gebiet bei Hannover. Ihr Anwendungsgebiet und ihren Zweck beschreibt er wie folgt:

»Es gibt eine einfache Möglichkeit, Schädigungen der Pflanzendecke durch Störungen ihres Wasserhaushalts auch nachträglich noch zum größten Teil sicher festzustellen: »Die Wasserstufenkarte«.

Während man anfangs anhand der Vegetation nur recht grob in Wasserüberschuß- und Wassermangelgebiete untergliederte, berücksichtigen TÜXEN und MEISEL, K. später auch die im Wasserbedarf voneinander abweichenden Ansprüche der drei wichtigsten Wirtschaftsarten Grünland, Acker und Wald und kamen so zu einer differenzierteren Abstufung. TÜXEN ging 1954 daran, die verschiedenen Pflanzengesellschaften eines Gebietes nach dem Einfluß des Bodenwasserhaushalts in der Reihenfolge von Zu- und Abnahme zu ordnen. Das bot sich immer dann an, wenn ein Gebiet gleichzeitig pflanzensoziologisch und ökologisch untersucht wurde. Auf diese Weise gelang es, innerhalb bestimmter enggefaßter Gesellschaftstypen ökologische Zeigerarten für qualitative Unterschiede eines bestimmten Standortsfaktors zu isolieren (TÜXEN, 1954) und die Pflanzengesellschaften auf bestimmte Grundwasseranglinientypen zu »eichen«.

Während TÜXEN, als er die verschiedenen Pflanzengesellschaften bezüglich des Faktors Bodenwasserhaushalt eichte, ungeachtet der übrigen Standortsfaktoren von der generellen Gültigkeit des gefundenen ökologischen Zeigerwertes einer bestimmten Gesellschaft ausgeht, setzt SEIBERT (1962) die Pflanzengesellschaften eines bestimmten Gebietes in Beziehung zum Wasserstand des Grundwassers und kommt, indem er zusätzlich die pedologischen und klimatischen Gegebenheiten des betreffenden Gebietes berücksichtigt, zu einem zwar nur lokal gültigen, aber qualitativ höherwertigen ökologischen Zeigerwert.

SEIBERT (1971) zeigt noch einen anderen Weg zur Beurteilung des Wasserhaushaltes von Pflanzengesellschaften für den Fall, daß spezielle Untersuchungen dazu nicht vorliegen, nämlich über die Gesamtartenkombination der einzelnen Pflanzengesellschaften, sowie Geländebeobachtungen im Rahmen der pflanzensoziologischen Bearbeitung. Dabei werden vor allem die Beziehungen der Pflanzengesellschaften zu Geländeneiveau, Geländeform, Bodenentwicklung und beobachtete Wasserstände an Bodenaufschlüssen, alten Flutrinnen und Altwässern berücksichtigt. Anhand von nach dieser Methode gewonnenen Erkenntnissen wurden in der Erstbearbeitung 1968/70 die verschiedenen Pflanzengesellschaften einer von folgenden 8 Wasserstufen (SEIBERT, 1971) zugeordnet:

1. trocken, ohne Grundwasser-Anschluß;

bei diesen grundwasserunabhängigen Standorten trocknet der Oberboden verhältnismäßig leicht aus, entweder infolge gröberer Körnung oder einer geringen Mächtigkeit des über dem Kies liegenden feinen Bodenmaterials.

2. trocken bis frisch, ohne Grundwasser-Anschluß;

diese Standorte bilden einen Übergang zu

3. frisch, ohne Grundwasser-Anschluß;

bei denen die Wasserversorgung infolge gröberer Mächtigkeit eines feinerdereichen Oberbodens ausgeglichen ist;

4. frisch, Grundwasser-Anschluß möglich;

das Vorkommen von Feuchtigkeitszeigern und die Lage mancher Standorte in Mulden läßt einen Grundwasser-einfluß möglich erscheinen;

5. *feucht, Grundwasser wahrscheinlich weniger als 100 cm unter Flur;*

Zeigerpflanzen, die auch anderwärts nur bei Grundwassereinfluß vorkommen, sowie die Lage auf tiefergelegenen Flächen, oft in der Nähe sichtbarer Wasserspiegel, führten zu der o. g. Beurteilung;

6. *feucht bis naß, Grundwasser 30 – 50 cm unter Flur;* hier konnten meist in der Nähe befindliche, mit dem Grundwasserspiegel korrespondierende Wasserflächen beobachtet werden;

7. *naß, Grundwasser 0 – 20 cm; und*

8. *unter Wasser;*

Bei den letzten Wasserstufen war offenes Wasser unmittelbar benachbart.

Nach demselben Verfahren haben wir die in der Vegetationskarte von 1980 angetroffenen Pflanzengesellschaften hinsichtlich ihrer Abhängigkeit vom Bodenwasserhaushalt am Standort bewertet. Darüberhinaus standen für die Einschätzung Grundwasserstandsdaten von 4 Rohrburgen und 2 Meßpegeln im Bereich des Bearbeitungsgebietes sowie mittlere Feuchtezahlen nach ELLENBERG für die verschiedenen Einheiten zur Verfügung.

Tab. 2 im Anhang enthält für alle Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebietes zu beiden Bearbeitungszeitpunkten die geschätzte Wasserstufe und die mittlere Feuchtezahl nach ELLENBERG (1978).

Setzen wir diese relativen Feuchtezeffern der achteiligen Wasserstufenskala statt der den Gesellschaften entsprechenden Farben und Signaturen in die Vegetationskarten von 1968/70 und 1980 ein und vergleichen beide Karten parzellenweise miteinander, so erhalten wir durch Differenzbildung eine Karte des Feuchteunterschiedes bestimmter Flächen nach der Anhebung des Grundwasserspiegels. Wir wollen sie künftig »Wasserstufenveränderungskarte« bezeichnen. ELLENBERG (1952) hat nach diesem Verfahren im Grundwasserschadensgebiet am Mittelrand-Seitenkanal westlich von Braunschweig den monetären Mehr- oder Minderwert der Wiesengesellschaften nach der Grundwasserabsenkung ermittelt und kartenmäßig dargestellt.

Die Analyse der deduktiv gewonnenen »Wasserstufenveränderungskarte« liefert folgende Ergebnisse:

Auf der überwiegenden Fläche des Untersuchungsgebietes hat der Feuchtegrad nach dem hydrologischen Eingriff mehr oder minder stark zugenommen; in einigen Bereichen indizieren die Pflanzengesellschaften keine Veränderung im Bodenwasserhaushalt. Seine graduelle Veränderung kommt nicht oder unvollständig zum Ausdruck auf den Flächen, die bereits 1971 von Pflanzengesellschaften der Wasserstufen 7 und 8 oder gar offenen Wasserflächen eingenommen wurden. Um den Wert der Karte richtig beurteilen zu können, müssen wir berücksichtigen, daß der Einstufung der Vegetationseinheiten auch die gerade zum Aufnahmezeitpunkt herrschenden Grundwasserverhältnisse zugrundeliegen. Die vergleichsweise hohen Niederschläge in den Sommermonaten des Jahres 1980 und die dadurch über das periodische Mittel (1973 – 1979) erhöhten Wasserstände stellen einen weiteren Unsicherheitsfaktor dar, welcher aber durch Reduktion des Beobachtungswertes um den Differenzbetrag zum periodischen Mittel weitgehend aususchalten ist.

6. **Die Veränderungen im Auengefüge nach der Errichtung der Staustufe Ingolstadt und ihre Bewertung aus der Sicht verschiedener Nutzungsinteressen**

Der Einstau der Donau verursachte im betroffenen Auwaldabschnitt eine durchschnittliche Anhebung des mittleren Grundwasserstandes von 20 bis über 100 cm. Dies bewirkte sowohl eine qualitative Veränderung der Vegetation in Form des Wandels der Artenkombination, als auch eine räumliche Verschiebung und unterschiedliche Ausbreitung der einzelnen Vegetationseinheiten. Während bei Grundwasserabsenkungen der Austrocknungsprozeß relativ langsam verläuft und erst nach längerer Zeit, häufig erst nach extremen Trockenjahren deutlich wird, hat sich der neue Vegetationszustand nach neun Jahren recht schnell eingestellt. SEIBERT (1975) konnte in einem Parallellfall in den Donauauen bei Offingen solche Veränderungen bereits nach fünf Jahren nachweisen. Wir müssen daher damit rechnen, daß dieser Prozeß, den wir als degressive Sukzession (SEIBERT in BUCHWALD/ENGLHARDT, 1978) bezeichnen wollen, noch nicht das Stadium des neuen Gleichgewichts zwischen Vegetation und Standort erreicht hat, sondern infolge einer Reihe von Sekundäreffekten, die zu erfassen und quantifizieren den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde und deshalb unberücksichtigt blieben, erst in einigen Jahrzehnten zu stabilen Dauergesellschaften führen wird.

6.1 **Bedeutung aus der Sicht der Forstwirtschaft**

Die Veränderung des Bodenfeuchteregimes ist entsprechend der hiervon ausgehenden Wirkungen aus forstwirtschaftlicher Sicht unterschiedlich zu beurteilen.

Im Ostteil des Mäanderbogens, dem ehemaligen Flußbett der Donau wurde eine ca. 2 ha große Fläche, die ursprünglich von der Silberweidenau, der Brennesselflur und dem Rohrglanzgrasröhricht eingenommen wurde, dauerhaft überstaut. Die auf den relativ jungen und nährstoffreichen Sedimenten stockenden Bestände autochthoner Silberweide (*Salix alba*) bzw. künstlich eingebracht, aber wüchsiger Bastardpappel (*Populus canadensis*) starben infolge der behinderten Wurzelatmung weitgehend ab und mußten so vorzeitig genutzt werden. Der sich ergebende Schaden setzt sich zusammen aus einem Hiebsunreifeverlust, Verlust aus unzeitgemäßer Nutzung, Mehraufwand infolge erschwelter Erntebedingungen sowie in der Hauptsache aus dem Verlust von 2 ha Holzproduktionsfläche.

In einem nach Osten und Süden anschließenden Übergangsbereich ermöglicht hoch anstehendes Grundwasser (30 – 50 cm unter Flur) zusammen mit dem günstigen kapillaren Aufstieg in der lehmig-tonigen Deckschicht eine fortwährend günstige Wasserversorgung. Die Bastardpappel (*Populus canadensis*) bildet auf diesen Standorten, wohl in der Wurzelatmung in diesem grobporigen Substrat behindert, überwiegend flache Wurzelsteller aus. In einem sehr niederschlagsreichen Jahr, wie es 1980 der Fall war, wird diese oberflächennahe Bodenschicht stark aufgeweicht und damit hochplastisch, so daß bereits bei mittleren Windstärken Bäume ausgehebelt werden. Die genannten hohen Niederschläge, die geringe Dränleistung des sehr feinkörnigen Oberbodens sowie fehlende oberflächliche Abflußmöglichkeiten bewirkten im Sommer 1980, daß in dieser Zone weitere Pappeln nach einer kürzeren Überstaunungsphase zum Teil flächig abstarben.

An verschiedenen Stellen im Untersuchungsgebiet (z. B. Wiederholungsaufnahmeflächen Nr. 196 und 309) fielen dem Bearbeiter auch einzelne abgestorbene und rückgängige Feldulmen auf. Das Absterben von Bäu-

men nach der Veränderung des Standortfaktors Grundwasser hat man bisher vornehmlich im fortgeschrittenen Alter festgestellt (SEIBERT, 1975); nahe ihrer physiologischen Altersgrenze ist das Wurzelsystem der Bäume dieser Streifensituation nicht mehr gewachsen und kann sich auf die veränderten Verhältnisse auch nicht mehr umstellen. Die vorhandenen Grundwasserbrunnen sind leider zu weit entfernt postiert, um deren Werte zur Klärung der Ursache heranziehen zu können. In den letzten Jahren hat im Auwald das Ulmensterben stark um sich gegriffen. Die Tatsache, daß es sich bei den abgestorbenen Bäumen in gleichem Maße um alte, mittelalte und jüngere Individuen handelt, läßt uns die genannte Krankheit als Ursache dafür erscheinen, was aber in einer phytopathologischen Untersuchung endgültig zu klären wäre.

Anders zu beurteilen ist die Grundwasserspiegelanhebung für die Teile des Auwaldes, für die ursprünglich kein Grundwasseranschluß mehr – bedingt durch die Eintiefung der Donau infolge der Korrektionsmaßnahmen des 19. Jahrhunderts – gegeben war, nach dem hydrologischen Eingriff von 1971 aber wenigstens der Kapillarsaum bis in den Hauptwurzelraum (bis 1 m Tiefe) gehoben wurde. Denn in einem so niederschlagsarmen Gebiet (Ingolstadt: 659 mm; Bundesrepublik Deutschland: 825 mm) ist eine zusätzliche Wasserversorgung des Waldes aus dem Grundwasser grundsätzlich als positiv anzusehen. Die Verbesserung des standortsbedingten Ertragspotentials ist dabei umso höher, je geringer die Bodenentwicklung und damit je geringer die natürliche Speicherleistung des betreffenden Bodens ist. Nachfolgend sind für die verschiedenen Bodenarten die Größenordnungen des kapillaren Aufstiegs wiedergegeben (KITTLNER et al., 1967, zit. n. MARCINEK, 1976):

Bodenart	Steighöhe (cm)
Kies	< 3
Mittelsand	20 – 40
Feinsand	40 – 80
Lehm, Löß	100 – 400
Ton	> 400

Die Wassernachlieferung aus dem Grundwasser ist in erster Linie abhängig von der Wasserleitfähigkeit des Bodens im ungesättigten Zustand, damit der Porengrößenverteilung und Bodenart. Speziell für die Flußauen ist die Schichtung der Böden als weiteres wichtiges Merkmal bei der Beurteilung zu berücksichtigen.

Spezielle Bodenuntersuchungen wurden, abgesehen von im Rahmen der Vegetationsaufnahmen festgehaltenen Geländebeobachtungen nicht durchgeführt; auch liegen entsprechende Veröffentlichungen und Karten für dieses Gebiet nicht vor. Andererseits ist das Netz der Grundwasserbeobachtungsbrunnen nicht eng genug, um durch Interpolieren hinreichend genaue Isolinien gleichen Grundwasserstandes konstruieren zu können. Wir müssen also einen indirekten Weg wählen, wenn wir zu einer Vorstellung kommen wollen, wo und in welchem Umfang der erhöhte Grundwasserspiegel sich positiv auf das Ertragspotential des Standorts auswirken könnte. Die im vorstehenden Kapitel (Abschnitt 5.2.3) beschriebene Wasserstufe 4 rangiert etwa in der Mitte der achtteiligen Bewertungsskala. Ihr sind Pflanzengesellschaften zugeordnet, deren Zeigerarten und Lage im Gelände einen Grundwassereinfluß möglich erscheinen lassen; sie stehen gewissermaßen an der Scheide zwi-

schen Standorten mit und solchen ohne Grundwasseranschluß. Wir dürfen daher annehmen, daß alle Standorte, die noch 1971 von Pflanzengesellschaften der Wasserstufe 4 eingenommen wurden, durch die Grundwasseranhebung eine Beeinflussung erfahren haben. Dies dürfte in begrenztem Umfang auch für die Pflanzengesellschaften der Wasserstufe 3, die als frei von Grundwassereinfluß eingestuft wurde, zutreffen und zwar auf tiefergelegenen Standorten, wo der Grundwasserspiegel bis über einen Meter angehoben wurde oder wo der neue Grundwasserspiegel bei tiefgründig entwickelten Böden bis an die feinerere Deckschicht heranreicht, so daß größere kapillare Aufstieghöhen ermöglicht werden.

Der rechtsseitig der Donau angelegte, vom Wehr Ingolstadt flußaufwärts verlaufende Staudamm trennt etwa die Hälfte des Untersuchungsgebietes von der naturgegebenen Auendynamik ab. Das bedeutet zukünftig das Ausbleiben der erodierenden und akkumulierenden Wirkung von Hochwässern, damit der Verjüngung und »Düngung« der Böden aus der mitgeführten mineralischen und organischen Schwebfracht. Die mit der Reifung der Böden parallel ablaufende Sukzession in der Vegetation wird ungestört weiterer Standortsüberlagerungen den Charakter terrestrischer Dynamik verstärken; dies müßte sich langfristig in der waldbaulichen Behandlung und in der Baumartenwahl niederschlagen. Auf der Wasserseite des Damms werden die Auswirkungen der Hochwässer verstärkt, da durch den Damm die Ausbreitungsflächen der Wassermassen reduziert wurden.

6.2 Bedeutung aus der Sicht von Jagd und Fischerei

Wir haben in Kapitel 4 herausgestellt, daß nach dem Einstau der Donau die offenen Wasserflächen im alten Mäanderbogen um die »Ziegelschütt« auf das Dreifache angestiegen sind. Die Überstauung weiterer Flächen und die Ansiedlung verschiedener Röhrichtgesellschaften in der Folge haben den Lebensraum für Sumpf- und Wasservögel sowohl quantitativ wie qualitativ verbessert. Besonders die Stockente, unser häufigstes und bedeutendstes Wasserwild, hat diese Biotopveränderung genutzt und ist hier sehr zahlreich geworden. Allein im Ostteil des ehemaligen Mäanderbogens halten sich im Spätsommer, wenn die Jungen beflogen sind, mehrere hundert Enten auf; sie werden hier einmal jährlich intensiv bejagt.

Die durch den Prallhang gegen Süden abgegrenzte Wasserfläche im unteren Teil des Mäanderbogens wurde schon vor dem hydrologischen Eingriff zur Sportfischerei genutzt. Die Ausweitung der Wasserfläche und die Tiefenzunahme haben meines Erachtens zu einer deutlichen Wertsteigerung unter diesem Nutzungsaspekt geführt. In enger Beziehung dazu ist die

6.3 Bedeutung aus der Sicht des Naturschutzes

zu sehen. Der alarmierende Rückgang von Feuchtgebieten, insbesondere in den Niederungen und an den Mündungen der Flußläufe hat in den letzten Jahrzehnten deren Schutz und Erhaltung zu einem der größten Naturschutzanliegen werden lassen. Entwässerungsmaßnahmen zur Intensivierung der Landwirtschaft, Grundwasserabsenkungen für die Ausbeutung unterirdischer Lagerstätten und Flußbaumaßnahmen zu Zwecken der Hochwasserfreilegung und Schiffbarmachung, verbunden mit dem Absinken des Grundwasserspiegels, seien nur als besonders augenscheinliche Beispiele einer Vielzahl von Ursachen aufgezeigt.

Umso erfreulicher müssen die geschilderten Veränderungen aus dem Blickwinkel des Naturschutzes beurteilt werden. Wie die Vegetationskarte von 1980 zeigt, haben sich im alten Flußbett der Donau unregelmäßig verteilt, unterschiedlich große Bodenhohlformen, alte Gräben und Flutrinnen mit Druckwasser gefüllt. Gemäß den spezifischen Standortseigenschaften hat sich auf engem Raum ein buntes Mosaik von Vegetationstypen entwickelt. Die hohe räumliche und strukturelle Diversität machen diesen Lebensraum so wertvoll.

Die Behemattung und Neuansiedlung so seltener Vogelarten wie Schwarzer Milan, Eisvogel, Rohrweihe, Wiesenweihe, Fischreiher, verschiedene Rohrsänger, Pirol und Große Rohrdommel mögen dies unterstreichen.

Aus botanischer Sicht ist die Gesellschaft der Wasserfeder (*Hottonietum palustris* Tx. 37) erwähnenswert. Die Verbreitung der namegebenden Charakterart, *Hottonia palustris*, hat ZAHLHEIMER (1979) für den Raum der Donauauen zwischen Regensburg und Straubing aufgezeigt. Für den behandelten Auenabschnitt zwischen Neuburg und Ingolstadt wird sie hier zum erstenmal beschrieben.

Wir können zusammenfassend feststellen, daß der Bau der Donaustaufe Ingolstadt und die infolge der Grundwasserspiegelanhebung im angrenzenden Auwald eingetretenen Veränderungen nach heutigen Wertmaßstäben gesamtökologisch positiv zu beurteilen sind.

Wirtschaftlich gesehen bleibt ein dauerhafter Standortschaden durch Verlust von 2 ha Holzbodenfläche sowie ein einmaliger Bestandesschaden aus der vorzeitigen Nutzung des Pappel- und Silberweidenbestandes. Gleichzeitig haben gewisse Standorte durch eine zusätzliche Wasserversorgung aus dem Grundwasser eine Aufwertung ihres Ertragspotentials erfahren.

Die ökologische Verbesserung besteht in der Ausbreitung eines landesweit großflächig rückgängigen Lebensraumes, dem wir aufgrund des Vorkommens der oben genannten, in ihrem Bestand bedrohten Arten Bedeutung als Rückzugsgebiet und eventuell Wiederausbreitungszentrum zumessen wollen.

6.4 Die unterschiedliche Ausbreitungstendenz von Schilf- und Wasserschwadentrüchricht und seine Beurteilung aus vegetationskundlicher Sicht

ELLENBERG (1978) schreibt: »Die äußerste Grenze der Schilfherden ist fast immer absolut, d. h. physiologisch bedingt und nicht durch Konkurrenten erzwungen; denn *Phragmites* ist die kampfkraftigste Art unter allen mitteleuropäischen Wasserpflanzen, gewissermaßen das, was die Rotbuche unter den Landpflanzen darstellt.« Nach PHILIPPI (in OBERDORFER, 1977) herrscht diese Gesellschaft von der Mittelwasserlinie bis zu Wassertiefen von 20–40 cm, nach ELLENBERG (1978) rückt das Schilf sogar bis zu Wassertiefen von 1,2–2 m vor.

Wenn wir die Standortbedingungen, speziell den Bodenwasserhaushalt der Röhrichtgesellschaften im Ostteil des Mäanderbogens analysieren und sie mit denen vergleichen, unter welchen das Schilfröhricht wenigstens dem Augenschein nach sein Optimum erreicht, so erkennen wir, daß auf der überwiegenden Fläche ein mehr oder weniger geschlossener Schilfbestand zu erwarten wäre. Ausgenommen blieben freilich Flächen, die schon wegen der gegebenen Wassertiefe für eine Besiedlung mit Höheren Pflanzen (außer Vertretern der Klasse *Lemnetae* und *Potamogetonetae*) ausscheiden, solche die aus jagdlichen Gründen vegetationsfrei gehalten

werden und auch einige seichtere, dem häufigen Wechsel von Überstauung und Austrocknung unterworfenen Uferpartien.

Die Vegetationskarte von 1980 zeigt uns aber, daß ein Großteil potentieller Standorte des Schilfröhrichts, wie sie sich nach der Grundwasseranhebung entwickelt haben, heute vom Wasserschwadentrüchricht eingenommen werden. Das Schilfröhricht konnte sich vergleichsweise nur wenig ausdehnen. *Glyceria maxima* durchdringt auch mit Ausnahme der Reinen Ausbildung alle Einheiten des Schilfröhrichts mehr oder weniger intensiv und ist ihm nicht selten als grüne flutende Borte wasserwärts vorgelagert.

Welche Faktoren sind maßgebend, ob das Schilf oder der Wasserschwadentrüchricht zur Dominanz gelangt?

Nach PHILIPPI (in OBERDORFER, 1977) ersetzt das *Glycerietum maximae* das *Phragmitetum* an Stellen mit stark schwankendem Wasserstand. LANG (in ELLENBERG, 1978) kam zur Erkenntnis, daß bei starker Eutrophierung der Wasserschwadentrüchricht begünstigt wird, obwohl er eine vergleichsweise geringere Höhe erreicht. Daß sich der Wasserschwadentrüchricht gegen das dichter- und höherwüchsige Schilf durchsetzen kann, führen BUTTERY und LAMBERT (zit. n. WILMANN, 1973) überzeugend auf den früheren Austrieb von *Glyceria maxima* zurück; er beschattet nämlich schon Anfang Mai den Boden so stark, daß andere Arten, so auch die später austreibenden Schilfsprosse nicht mehr konkurrenzfähig sind. Das erstgenannte Argument können wir in unserem Fall als unzutreffend betrachten, wenn wir uns ins Gedächtnis zurückrufen, daß die Jahresschwankung des Grundwasserstandes nach dem hydrologischen Eingriff stark eingengt wurde. Dies finden wir auch bei ZAHLHEIMER (1979) bestätigt. Die beiden anderen Argumente erscheinen uns hier schon zutreffender, wobei die übermäßige Eutrophierung speziell in diesem Bereich von einigen hundert Enten, die hier ihre Brut- und Überwinterungsreviere haben, ausgehen könnte. Der entscheidende Punkt scheint jedoch die Tatsache zu sein, daß das Schilf wohl überhaupt nur schwer in der Lage ist, sich generativ zu vermehren (BITTMANN, 1953). Der Wasserschwadentrüchricht war demnach flexibler und konnte die neu geschaffenen, von seinen Standortsansprüchen her ihm zusagenden Stellen rasch besiedeln, das Schilf dagegen konnte sich nur von den vorhandenen Zentren über Rhizome weiter ausdehnen.

Wir können annehmen, daß in diesem Bereich die Entwicklung zu einem stabilen Endzustand noch in vollem Gange ist, so daß dieser wohl erst zu einem späteren Zeitpunkt richtig beurteilt werden kann.

7. Zusammenfassung

Durch den Bau der Staustufe Ingolstadt im Jahr 1971 wurde die Donau bei Flußkilometer 128,8 auf ein Niveau von 369,50 m über NN eingestaut. In der Folgezeit erhöhte sich der Grundwasserspiegel in den angrenzenden Auwäldern oberhalb des Wehres unterschiedlich stark.

Es galt, die Auswirkungen der Veränderung des Standortfaktors Grundwasser auf die Zusammensetzung und Verteilung der im Gebiet verbreiteten Vegetationseinheiten qualitativ wie quantitativ zu erfassen. Wir konnten diese belegen durch eine pflanzensoziologische Kartierung und durch die Wiederholung der Vegetationsaufnahmen auf Probeflächen, die vor und nach dem hydrologischen Eingriff durchgeführt wurden. Die Gegenüberstellung der Vegetationsaufnahmen (1) und -karten (2) zeigt folgende Ergebnisse:

1a) Die Krautschicht der verschiedenen Waldgesellschaften der Hartholzau (Querc-Ulmetum minoris) zeigt bei diesem Verfahren nach der Grundwasserspiegelaufhebung keine oder nur geringfügige Verschiebungen in der Artengarnitur.

b) Deutliche Veränderungen dagegen finden wir bei den Vegetationseinheiten, die zu ihrem Gedeihen auf ständig hoch anstehendes Grundwasser angewiesen sind und demnach schon vor 1971 feuchte bis nasse Standorte besiedelten, nämlich die Weidenau, Großseggenriede, Still- und Fließwasserröhrichte.

2) Nach dem hydrologischen Eingriff haben sich im ehemaligen Flußbett der Donau, dem Mäanderbogen um die »Ziegelschütt«, die von Höheren Pflanzen nicht mehr besiedelten, offenen Wasserflächen verdreifacht. Die veränderte Standorts- und Konkurrenzsituation führte ferner zu einer starken Ausdehnung der Großseggen- und Röhrichtgesellschaften, namentlich des Wasserschwaden- und Schilfröhrichts. Vertreter dieser Gesellschaften griffen z. T. in die angrenzenden jüngeren Einheiten der Hartholzau, die Grauerlen-Eschenau über und führten vor allem auf den flach gegen südwest bis südost geneigten Gleitufern des Mäanderfeldes zu einer Ausdehnung der feuchteren Ausbildungen. Diese Bereiche wurden mangels entsprechender Probeflächen bei dem der Aussage in Abschnitt 1a zugrundeliegenden Verfahren nicht erfaßt.

3) Um die Veränderung des Wasserhaushalts am Standort quantifizieren zu können, wurde allen in den Karten von 1971 und 1980 vertretenen Vegetationseinheiten eine relative Feuchtezahl einer steiligen Wasserstufenskala zugeordnet. Diese setzten wir statt der den Gesellschaften entsprechenden Farben und Signaturen in die Vegetationskarten ein und erhielten durch parzellenweisen Vergleich eine Karte der graduellen Veränderung des Bodenfeuchteregimes nach dem Einstau der Donau: »Die Wasserstufenveränderungskarte«.

Es genügten also neun Jahre zu einer mehr oder minder tiefgreifenden, jedoch deutlich faßbaren Verschiebung innerhalb der qualitativen Zusammensetzung von Pflanzenbeständen wie in der räumlichen Verteilung der Pflanzengesellschaften.

Aus forstwirtschaftlicher Sicht verursachte die Grundwasseranhebung durch Überstauung einen Verlust von 2 ha Holzproduktionsfläche, durch das vorzeitige Absterben des aufstockenden Pappelbestandes zusätzlich einen einmaligen Bestandesschaden. Einer Minderung des Ertragspotentials auf gewissen Flächen infolge des höherliegenden Grundwasserspiegels dürfte flächenmäßig eine wenigstens ebenso große Verbesserung gegenüberstehen; denn in diesem niederschlagsarmen Gebiet (659 mm/Jahr) ist die Wasserversorgung der Vegetation, hier der Bäume, in erster Linie abhängig von der Speicherkapazität des Bodens. Je flachgründiger und grobkörniger das Substrat ist, desto positiver wirkt sich eine zusätzliche Wasserversorgung aus dem Grundwasser auf die Leistungsfähigkeit des Standorts aus.

Die Ausdehnung der Wasser- und Feuchtflecken haben im Untersuchungsgebiet durch eine Erweiterung des Lebensraumes für Wasserwild und Fische die jagdliche Situation verbessert.

Die Erhöhung der Biotopvielfalt und die Ausweitung eines in unserer Kulturlandschaft bedrohten und immer stärker rückläufigen Lebensraumes bestandsgefährdeter Tier- und Pflanzenarten sind unter dem Aspekt des Naturschutzes zu begrüßen.

Die Untersuchung hat gezeigt, daß die Vegetationskarte von 1971 (SEIBERT) auch nach der Errichtung der Staustufe Ingolstadt noch Gültigkeit besitzt mit Ausnahme des Bereiches des Mäanderbogens um die »Ziegelschütt«, der in dieser Arbeit pflanzensoziologisch neu aufgenommen und kartiert wurde.

7. Summary

The barrier built in Ingolstadt in 1971 at kilometer 128.8 dammed the Danube at an altitude of 369.50 meters above sea level. The ground water level in the nearby swamp forests rose thereafter to different levels at various regions above the dam.

The goal was to register the qualitative and quantitative effects of the changes of the factor ground water on the composition and distribution of the local vegetation. We were able to document these changes using an inventory of plant categories and by structuring vegetation analyses made after the hydrological intervention to compare with areas sampled before. The comparison of the vegetation analyses (1) and the maps (2) revealed the following:

1a) The herbaceous layer of the various forest communities of the hardwood forests (Querc-Ulmetum minoris) shows little or no shift in the palette of species after the ground water level was raised.

1b) Distinct changes were observed, on the other hand, in the plant communities which require constant high-level standing water, and were thus found even before 1971 in damp to wet locations, namely the willow swamp and several others.

2) After the hydrological intervention, the areas of open water in the former river bed of the Danube, (the meandering arms around the »Ziegelschütt«), those areas no longer colonized by higher plants, increased threefold. The altered location and competitive situation led further to a significant extension of several reed communities. Representatives of these communities encroached on the bordering, younger units of the hardwood swamps, the grey alder and ash marshes, and led to an extension of the damper formations, especially in the flat banks of the meandering areas with southwesterly to southeasterly exposition. These regions were not included in the results obtained by the procedure used in 1a, since there were no sampled areas here.

3) In order to quantify the changes in the local water supply, all the plant communities represented in maps from 1971 and 1980 were assigned a Dampness Index Number, on a scale of one to eight. We substituted these values in place of the colors and symbols in the vegetation maps, and obtained then, by means of a cell by cell comparison, the gradual alteration in the pattern of dampness after the damming of the Danube: »The map of water level changes.«

Thus it is apparent that nine years are sufficient for a more or less radical shift to occur in the qualitative composition of the plant communities as well as in their special distribution, a shift which is clearly demonstrable.

From the point of view of forestry, the increase in the level of the ground water as a result of the damming caused a loss of 2 hectares of lumber producing area, through the premature death of the existing poplar stands as well as one-time damage done to the forest. A decrease in the potential yield on certain areas as a result of the higher ground water level is balanced by at least as large an increase in value on others. Very little precipitation (659 mm/year) falls in this area, and the supply of water to the

vegetation, in this case the trees, is primarily a function of the storage capacity of the ground. The flatter and coarser the substrate, the more positive is the effect of additional water reserves from the ground water on the productive potential of the region.

The extension of water and damp areas improved the study area in terms of hunting and fishing by expanding the biotop available for water game and fish.

The increase in biotop variety and the extension of habitat for endangered plants and animals is certainly welcome from the point of view of nature protection. These areas are steadily decreasing in size and number in our cultivated landscapes.

The study showed that the vegetation map made in 1971 (SEIBERT) continues to be valid even after the erection of the barrier at Ingolstadt, with the exception of the region of meandering arms around the »Ziegelschütt«, which was newly and catalogued according to plant sociological criteria in the course of this study.

8. Literatur

- ARMBRÜSTER, J., HUPPMANN, O., STRAYLE, G. (1977):
Die Auswirkungen einer Staustufe auf den Grundwasserhaushalt. Das Gas- und Wasserfach 118 (11): 511-520.
- BAUER, F. (1965):
Der Geschiebehaushalt der bayerischen Donau im Wandel wasserbaulicher Maßnahmen. Sonderdruck aus: »Die Wasserwirtschaft« 55 (4 u. 5).
- BITTMANN, E. (1953):
Das Schilf (*Phragmites communis* Trin.) und seine Verwendung im Wasserbau. Angew. Pflanzensoziologie 7. Stolzenau/Weser.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951):
Pflanzensoziologie (2. Aufl.). Wien: 631 S.
- ELLENBERG, H. (1952):
Auswirkungen der Grundwassersenkung auf die Wiesen am Seitenkanal westlich Braunschweig. Angew. Pflanzensoziologie 6. Stolzenau/Weser.
- ELLENBERG, H. (1974):
Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica 9: 97 S.
- ELLENBERG, H. (1978):
Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht (2. Aufl.). Stuttgart: Ulmer. 981 S.
- KERN-KERNRIED v. R. (1974):
Die Korrektur der Donau im Regierungsbezirk Schwaben & Neuburg. Dillingen.
- KRELL, H. (1977):
Die Besiedlung des Donaumooses. Kultivierung und Besiedlungsgeschichte. Nachtrag. Sonderdruck aus: »Neuburger Kollektaneenblatt« 130: 42-141.
- LANG, R. (1977):
Die Entstehung des Donaumooses. Sonderdruck aus: »Neuburger Kollektaneenblatt« 130: 7-28.
- MARCINEK, J. (1976):
Das Wasser des Festlandes (2. Aufl.). Gotha/Leipzig: 215 S.
- MEISEL, K. (1954):
Wasserstufenkarte des Emstales zwischen Dalum und Kl. Hesepe, Maßstab 1:5000. In: Pflanzensoziologie als Brücke zwischen Land- und Wasserwirtschaft. Angew. Pflanzensoziologie 8. Stolzenau/Weser.
- MEISEL, K. (1960):
Die Auswirkung der Grundwasserabsenkung auf die Pflanzengesellschaften im Gebiete um Moers (Niederrhein). Arb. Bundesanst. Vegetationskartierung (Stolzenau/Weser) 1960: 105 S.
- OBERDORFER, E., (Hrsg.) (1977):
Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I (2. Aufl.). Stuttgart: Fischer. 311 S.
- OBERDORFER, E. (1979):
Pflanzensoziologische Exkursionsflora (4. Aufl.). Stuttgart: Ulmer. 997 S.
- RÖSSLER, R. (1976):
Grundlagen der Wasserwirtschaft und Gewässerkunde (2. Aufl.). München – Wien: Oldenburg. 290 S.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1979):
Lehrbuch der Bodenkunde (10. Aufl.). Stuttgart: Enke. 394 S.
- SEIBERT, P. (1958):
Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet »Pupplinger Au«. Landschaftspflege und Vegetationskunde 2: 79 S.
- SEIBERT, P. (1962):
Die Auenvegetation an der Isar nördlich von München und ihre Beeinflussung durch den Menschen. Landschaftspflege und Vegetationskunde 3: 123 S.
- SEIBERT, P. (1971):
Pflanzensoziologisches Gutachten über die Donauauen des Wittelsbacher Ausgleichsfonds. Manuskript, München: 48 S.
- SEIBERT, P. (1974):
Die Rolle des Maßstabs bei der Abgrenzung von Vegetationseinheiten. Sonderdruck aus: TÜXEN, R. (ed.): Bericht über das internationale Symposium der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde in Rinteln 8. – 11. April 1968. Lehre: 103-118.
- SEIBERT, P. (1975):
Veränderung der Auenvegetation nach Anhebung des Grundwasserspiegels in den Donauauen bei Offingen. Beitr. naturk. Forsch. Südw. – Dtl. 34: 329-343.
- SEIBERT, P. (1978):
Vegetation. In: BUCHWALD, K. und ENGELHARDT, W., (Hrsg.): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt. Band 2. München – Basel – Wien: BLV. 432 S.
- SEIBERT, P.; ZIELONKOWSKI, W. (1975):
Landschaftsplan »Pupplinger und Ascholdingener Au«. Schriftenr. Naturschutz und Landschaftspflege 2. München.

SPATZ, G.; PLETL, L.; MANGSTL, A. (1978):

Programm OEKSYN zur ökologischen und syntaxonomischen Auswertung von Pflanzenbestandsaufnahmen (12. Aufl.). Scripta Geobotanica 9: 97 S.

TÜXEN, R. (1954a):

Die Wasserstufenkarte und ihre Bedeutung für die nachträgliche Feststellung von Änderungen im Wasserhaushalt einer Landschaft. In: Pflanzensoziologie als Brücke zwischen Land- und Wasserwirtschaft. Angew. Pflanzensoziologie 8: 7-44.

TÜXEN, R. (1954b):

Pflanzengesellschaften und Grundwasserganglinien. In: Pflanzensoziologie als Brücke zwischen Land- und Wasserwirtschaft. Angew. Pflanzensoziologie 8: 64-98.

UNBEHAUEN, W. (1971):

Die Hochwasserabflußverhältnisse der bayerischen Donau. Hochwasser der Jahresreihe 1845/1965. München.

WALTHER, K. (1950):

Die Pflanzengesellschaften im Grundwasserschadensgebiet Lathen-Dörpen am Dortmund-Ems-Seitenkanal. Schriftenr. der Thüring. Landesarbeitsgem. für Heilpflanzenkunde und Heilpflanzenbeschaffung in Weimar 3 und Mitt. der Thüring. Bot. Ges. 2.

WILMANN, O. (1973):

Ökologische Pflanzensoziologie. UTB 269. Heidelberg: 288 S.

ZAHLHEIMER, W. (1979):

Vegetationsstudien in den Donauauen zwischen Regensburg und Straubing als Grundlage für den Naturschutz. Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 38: 404 S.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Forstwirt Johann Kiener
Alletshof -1-
8475 Wernberg-Köblitz

9. Anhang

Tabelle 1

Übersicht über die Pflanzengesellschaften im Untersuchungsgebiet Mäanderbogen um die »Ziegelschütt« (absolute Steigung in %)

Nr. d. Originaltabelle	7	3a	3	4	5	6	2
Anzahl der Aufnahmen	19	8	16	15	18	37	9
Mittlere Artenzahl	28	24	14	10	7	5	5
Mittlerer G.-W.-stand ü. Flur(±m)	--	--	--	10	20	35	50
Ü-Kennarten: <u>Molinietalia:</u>							
Stachys palustris	74	63	75	33	11	16	..
Filipendula ulmaria	68	63	38	13	6	3	..
Lysimachia vulgaris	37	25	31	80	28	19	..
Lythrum salicaria	42	13	19	47	22	19	..
Thalictrum flavum	58	13	56	20	11	3	..
Deschampsia caespitosa	100	38	75	13	6	..	..
Valeriana procurrens	32	50	6	..	6	..	..
Achillea ptarmica	42	13	13	7	..	..	..
Cirsium oleraceum	16	38	6	..	..	..	..
Angelica sylvestris	47	100	..	..	..	..	..
Colchicum autumnale	16	..	6	..	..	..	..
Viola elatior	5	..	..	..	..	..	..
Equisetum palustre	5	..	..	..	..	..	..
Ü-Kennarten: <u>Convolvulalia:</u>							
Convolvulus sepium	..	50	25	7	17	3	..
Urtica dioica	..	100	50	..	17	3	..
Senecio fluviatilis	..	25	13	..	..	..	..
Galium aparine	..	88	..	..	..	..	..
Angelopodium podagraria	..	63	..	..	..	..	..
Lasius maculatum	..	50	..	..	..	..	..
V-Kennarten: <u>Magnocaricion:</u>							
Phalaris arundinacea	100	100	94	47	33	16	..
Carex gracilis	58	25	44	80	44	6	11
Senecio paludosus	..	25	25	20	6	10	..
Scutellaria galericulata	32	25	25	20	17	..	..
Galium palustre	37	..	25	33	6	6	..
Carex acutiformis	16	13	13	40	..	..	..
Carex vesicaria	..	..	6	7	11	..	..
Poa palustris	11	19	..	..	..	..	..
Carex oenensis	..	..	..	..	6	3	..
Carex elata	..	..	..	20	..	..	..
V-Kennarten: <u>Phragmition:</u>							
Phragmites communis	16	50	44	67	100	68	..
Glyceria maxima	..	..	25	13	44	77	33
Carex riparia	..	13	19	7	28	48	..
Rorippa amphibia	..	..	25	..	..	10	..
Sparganium erectum	..	..	..	..	..	10	11
Oenanthe aquatica	..	..	..	..	..	3	33
Rumex hydrolypatherum	..	..	6	..	..	6	..
Equisetum fluviatile	..	..	..	..	..	6	..
Schoenoplectus lacustris	..	..	..	..	..	3	..
Ranunculus lingua	..	..	..	..	..	3	..
Acorus calamus	..	..	..	..	..	3	..
Ü- u. K-Kennarten:							
Iris pseudacorus	95	75	81	93	72	42	33
Lycopus europaeus	..	13	25	7	..	3	..
Alisma plantago-aquatica	..	..	..	7	..	3	..
Masserpfflanzen:							
Utricularia vulgaris	..	..	..	..	11	16	55
Riccia fluitans	..	..	..	..	..	23	22
Lemna minor	..	..	..	..	..	10	33
Hiopuris vulgaris	..	..	..	..	..	..	..
Nuphar lutea	..	..	..	..	..	..	..
Lemna trisulca	..	..	..	..	..	..	55
Nottunja palustris	..	..	..	..	..	..	33
Nymphaea alba	..	..	..	..	..	..	11
Pistocarpus natans	..	..	..	..	..	..	..
Begleiter:							
Fraxinus excelsior	53	75	19	13	..	..	..
Populus canadensis	32	63	44	..	6	6	..
Cornus sanguinea	63	63	31	7	11	6	..
Rhamnus frangula	53	13	6	20	11	..	..
Viburnum opulus	47	13	13	13	6	..	..
Crataegus monogyna	47	13	13	13	6	..	..
Ligustrum vulgare	74	38	13	7	..	..	..
Rhamnus catharticus	42	25	13	7	..	..	..
Syzythium officinale	100	100	75	53	28	19	..
Rubus caesius	100	63	38	33	17	6	..
Mentha aquatica	32	..	75	27	28	29	33
Cirsium arvense	95	50	19	20	6	..	..
Glechoma hederacea	21	88	6	..	..	..	..

Tabelle 2

Die Pflanzengesellschaften des Mäanderbogens um die »Ziegelschütt« und ihre Charakterisierung bezüglich des Standortfaktors Bodenwasserhaushalt.

Lfd. Nr.	Pflanzengesellschaften	Präsenz		geschätzte Wasserstufe		berechnete Feuchtezahl	
		1968/70	1980	1968/70	1980	1968/70	1980
1	Brennessel-Silberweidenau	+	-	4	.	7.2	.
2	Innseggen-Purpurweidenau	+	+	5	7	8,3	.
3	Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung	+	+	6	6	6,3	.
4	Rohrglanzgras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung mit Sumpfsedge	+	+	6	6	6,5	.
5	Reine Grauerlen-Eschenau, Reine Ausbildung	+	+	4	4	6,4	.
6	Reine Grauerlen-Eschenau, Reine Ausbildung mit Springkraut	+	+	4	4	6,6	.
7	Perlgras-Grauerlen-Eschenau, Reine Ausbildung	+	-	3	.	6,2	.
8	Perlgras-Grauerlen-Eschenau, Fiederzwenken-Ausbildung	+	+	2	2	5,5	.
9	Perlgras-Grauerlen-Eschenau, Labkraut-Ausbildung	+	+	3	3	5,9	.
10	Perlgras-Grauerlen-Eschenau, Sumpfsedge-Ausbildung	+	+	4	4	6,2	.
11	Labkraut-Weißseggen-Eschenau, Reine Ausbildung	+	+	3	3	5,7	.
12	Labkraut-Weißseggen-Eschenau, Fiederzwenken-Ausbildung	+	+	2	2	5,5	.
13	Labkraut-Weißseggen-Eschenau, Sumpfsedge-Ausbildung	+	+	4	4	6,1	.
14	Weißseggen-Eschenau, Reine Ausbildung	+	+	34	34	5,8	.
15	Reine Eschenau, Reine Ausbildung	+	+	4	4	6,0	.
16	Reine Eschenau, Reine Ausbildung mit Bärlauch	+	+	4	4	6,1	.
17	Berberitzen-Ligusterbusch	+	+	12	12	5,2	.
18	Pfeifengras-Kiefernwald	+	+	1	1	4,6	.
19	Sanddornbusch	+	+	1	1	4,4	.
20	Schillergras-Trespenrasen	+	+	1	1	3,8	.
21	Rasenschmielenrasen, Fiederzwenken-Ausbildung	+	+	12	12	5,9	.
22	Rasenschmielenrasen, Rohrglanzgras-Ausbildung mit Pappel	+	-	5	.	6,8	.
23	Rasenschmielenrasen, Rohrglanzgras-Ausbildung	+	+	6	6	6,9	6,4
24	Rasenschmielenrasen, Rohrglanzgras-Ausbildung mit Sumpfsedge	-	+	.	56	.	7,1
25	Rasenschmielenrasen, Rohrglanzgras-Ausbildung mit Schlanksegge	-	+	.	6	.	7,3

Lfd. Nr.	Pflanzengesellschaften	Präsenz		geschätzte Wasserstufe		berechnete Feuchtezahl	
		1968/70	1980	1968/70	1980	1968/70	1980
26	Rasenschmielenrasen, Rohrglanzgras-Ausbildung mit Rohrschwengel	-	+	.	56	.	6.3
27	Brennselflur, Reine Ausbildung	-	+	.	6	.	7.2
28	Brennselflur, Wasserminzen-Ausbildung	+	-	5	.	7.8	.
29	Rohrglanzgrasröhricht, Reine Ausbildung	+	-	6	.	7.8	.
30	Rohrglanzgrasröhricht, Reine Ausbildung mit Wasserminze	+	-	6	.	8.2	.
31	Rohrglanzgrasröhricht, Reine Ausbildung mit Brennesel	-	+	.	56	.	7.3
32	Rohrglanzgrasröhricht, Brennesel-Ausbildung mit Wasserminze	+	-	6	.	7.9	.
33	Rohrglanzgrasröhricht, Wasserminzen-Ausbildung	.	+	.	6	.	8.0
34	Rohrglanzgrasröhricht, Wasserminzen-Ausbildung mit Sumpfkresse	.	+	.	6	.	8.5
35	Rohrglanzgrasröhricht, Wasserminzen-Ausbildung mit Brennesel	.	+	.	56	.	8.1
36	Rohrglanzgrasröhricht, Sumpfschilf-Ausbildung	.	+	.	6	.	8.0
37	Blasenseggen- und Innseggenried	+	.	7	.	8.5	.
38	Steifseggen-Sumpfschilfried	-	+	.	78	.	8.8
39	Sumpfschilf-Schlankseggenried	+	+	67	67	8.5	7.5
40	Sumpfschilfried	-	+	.	67	.	8.2
41	Schlankseggenried	-	+	.	7	.	9.1
42	Schlankseggenried mit Rohrkolben	-	+	.	7	.	9.0
43	Blasenseggen-Steifseggenried	-	+	.	8	.	9.6
44	Schlankseggen-Steifseggenried	-	+	.	8	.	9.8
45	Schilfröhricht, Reine Ausbildung	+	+	7	8	8.1	10.0
46	Schilfröhricht, Reine Ausbildung mit Wasserfenchel	+	-	78	.	.	.
47	Schilfröhricht, Brennesel-Ausbildung	+	+	67	67	7.7	8.6
48	Schilfröhricht, Brennesel-Ausbildung mit Wasserminze	+	-	6	.	8.2	.
49	Schilfröhricht, Blasenseggen-Ausbildung	+	+	7	7	9.1	8.3
50	Schilfröhricht, Schlankseggen-Ausbildung	+	+	7	7	8.1	9.3
51	Schilfröhricht, Schlankseggen-Ausbildung mit Brennesel	-	+	.	7	.	8.1
52	Schilfröhricht, Rohrglanzgras-Ausbildung	-	+	.	8	.	9.2
53	Schilfröhricht, Uferseggen-Ausbildung	-	+	.	8	.	9.4

Lfd. Nr.	Pflanzengesellschaften	Präsenz		geschätzte Wasserstufe		berechnete Feuchtezahl	
		1968/70	1980	1968/70	1980	1968/70	1980
54	Igelkolben-Flechtbinsenröhricht	+	-	8	.	10,4	.
55	Flechtbinsenröhricht	-	+	.	8	.	11,3
56	Igelkolbenröhricht	-	+	.	8	.	9,8
57	Igelkolben-Uferseggenröhricht	-	+	.	8	.	9,7
58	Uferseggenröhricht	+	+	8	8	9,7	9,0
59	Wasserschwaden-Uferseggenröhricht	-	+	.	8	.	9,7
60	Wasserschwadenröhricht	+	+	78	8	9,5	9,3
61	Wasserfenchelröhricht	+	-	8	.	9,7	.
62	Teichschachtelhalmröhricht	+	-	8	.	10,5	.
63	Kalmusröhricht	-	+	.	8	.	10,3

Tabelle 3

Die wichtigsten Kennwerte der Grundwasserbeobachtungsrohre im »Gesamten Untersuchungsgebiet« (siehe 2.1)

Grundwasser- beob.-Rohr-Nr.	Entfernung zur Donau (m)	Mittlerer Flurabstand des Grundwasserspiegels		jährliche Schwankung des Grundwasserspiegels	
		1965 – 1970 (cm)	1973 – 1980	1965 – 1970 (cm)	1973 – 1980
WeI 4	1200	304	282	139	60
WiA 12	280	300	213	187	97
WiA 13	200	359	252	178	57
WiA 14	980	339	295	144	47
WiA 15	1300	233	199	134	49
WiA 16	250	388	337	142	30
WiA 17	1230	303	279	80	37
WiA 18	380	377	342	148	34
WiA 21	310	312	275	158	32
WiA 22	580	329	298	144	36

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege \(ANL\)](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [8_1984](#)

Autor(en)/Author(s): Kiener Johann

Artikel/Article: [Veränderung der Auen Vegetation durch die Anhebung des Grundwasserspiegels im Bereich der Staustufe Ingolstadt 104-129](#)