

MARTIN WORBES

Vegetation und Lebensbedingungen in der Fulda

Abstract

At the epipotamon of the River Fulda (Hesse) from Eichenzell down to Hannoversch-Münden, a complete record of the macrophyte vegetation was carried out. On the basis of dominance and distribution of several species the run of the river was divided in seven zones. In the upper part (zone A), rhithral elements of the flora are quite important (*Ranunculus peltatus*, *Callitriche hamulata*). In zone B, rhithral species are living as well as potamal species (*Sparganium emersum*). The *Sparganium emersum*-group is predominating in zone C₁. In zone C₂, species of this group are diminishing, whereas at the *Ranunculus fluitans*-group *Myriophyllum spicatum* and *Potamogeton pectinatus* become more frequent. The *Ranunculus fluitans*-group is characterizing zone D. In zone F, only *Sparganium emersum* and *Potamogeton pectinatus* are dominant. The impact of ecological factors influencing the structure of the vegetation was investigated randomly. Down the river to Kassel light conditions, speed of flow, and water depth determine the combination of plants. Near the town and downstream, vegetation is disturbed by human influence.

1. Einleitung

Schon früh suchte man nach Beziehungen zwischen der Verbreitung von Wasserpflanzen und den Faktoren, die diese Verbreitung beeinflussen (vgl. KOCH 1926). Vor allem in Skandinavien wurden Beiträge hierzu geleistet (IVERSEN 1926, MARISTO 1941, SUOMINEN 1968 u. a.). In Norddeutschland arbeiteten an diesen Fragen unter anderen ROLL (1938), WEBER-OLDECOP (1969) und WIEGLEB (1977a), wobei zunächst noch die soziologische Analyse der Pflanzengesellschaften im Vordergrund stand. Unter mehr ökologischen Fragestellungen befaßte sich KOHLER mit den Wasserpflanzen süddeutscher Fließgewässer (KOHLER et al. 1971, KOHLER et al. 1974, KOHLER und ZELTNER 1974). Vor allem wegen der seit einigen Jahrzehnten stark zunehmenden anthropogenen Beeinflussung des Biotops Fließgewässer scheint es bedeutsam zu erfahren, ob diese Eingriffe einen Einfluß auf die Vegetation haben (vgl. auch KNAPP und STOFFERS 1962). Als Grundlage für die Bewertung der Zusammenhänge zwischen Lebensbedingungen und Pflanzenverbreitung muß zunächst eine genaue Kartierung der Vegetation erfolgen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es deshalb, eine solche räumliche Dokumentation durchzuführen und die Veränderung der Vegetation in der Längsrichtung eines Flusses aufzuzeigen. Darüber hinaus konnten durch chemische und physikalische Untersuchungen einige Standortbedingungen für die Makrophyten erfaßt werden. In den meisten Arbeiten, die sich mit der Verteilung von Makrophyten in Gewässersystemen beschäftigen, wurden nur wenige Faktoren berücksichtigt. Für IVERSEN und OLSEN (1943) sind in dänischen und schwedischen Gewässern pH-Wert und PO_4^{3-} -Gehalt des Wassers wesentlich für die Verteilung der Pflanzen. PIETSCH (1972) findet Beziehungen zwischen der Ionenkombination und dem Vorkommen von Makrophyten. In Fließgewässern untersuchte KOHLER (Zusammenfassung KOHLER 1978 b), wie sich die Makrophyten bei verschiedenen Trophiegraden und Konzen-

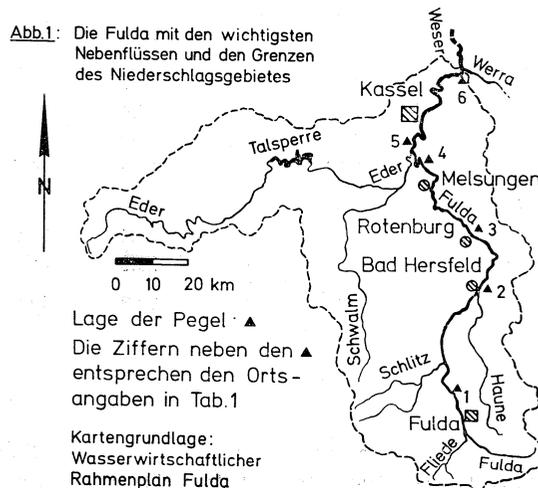
trationen der „Verschmutzungsindikatoren“ NH_4^+ und PO_4^{3-} verhalten. AMBÜHL (1962) dagegen legt bei seinen Beobachtungen über Wasserpflanzen größtes Gewicht auf die Bedeutung der Strömung.

WESTLAKE (1973) gehört zu den wenigen, die den gesamten Faktorenkomplex zu berücksichtigen versuchen, der die Pflanzenverteilung in Fließgewässern beeinflusst. Mit Hilfe eines sehr kleinräumigen Rasters und statistischer Methoden erfaßte BERTHOLD (1977) für den Rasebach bei Göttingen solche Faktorenkomplexe. Wegen der geringen zur Verfügung stehenden Zeit und der Größe des Untersuchungsgebietes könnten in der vorliegenden Arbeit keine durch Faktorenvergleiche auswertbaren Messungen vorgenommen werden. Doch können in allen Fällen Tendenzen aufgezeigt werden, in welcher Weise Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe, Lichtverhältnisse und Wasserchemismus das Makrophytenwachstum beeinflussen. In zukünftigen Untersuchungen sollen weitere chemische Parameter sowie die Temperatur und die genaue Beschaffenheit des Untergrundes berücksichtigt werden.

2. Beschreibung des Untersuchungsgebietes

2.1 Geographie und Geologie der Fulda

Die Fulda ist eines der bedeutendsten Fließgewässer Nordhessens. Sie entspringt in der Rhön an der Wasserkuppe in 859 m Höhe. Nach 220 km Lauflänge vereinigt sie sich in Hannoversch-Münden mit der Werra zur Weser. An der Mündung beträgt die Fläche ihres Niederschlagsgebietes 6 947 km². Die wichtigsten Nebengewässer sind Fliede, Schlitz, Haune und Eder, von denen die Eder das meiste Wasser führt. Die geographische Lage dieser Gewässer und ihres Niederschlagsgebietes ist aus Abb. 1 ersichtlich. Die Angaben sind dem Wasserwirtschaftlichen Rahmenplan Fulda (1964) entnommen.



Die mittlere Wasserführung am Pegel Bonaforth in der Nähe des Zusammenflusses beträgt nach der Jahresreihe 1936/1955 56,2 m³/sec. Weitere Daten zu den Abflußverhältnissen der Fulda, insbesondere des hydrologischen Jahres 1978, sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die Angaben wurden den Wasserstandslisten des Wasserwirtschaftsamts Fulda, des Wasser- und Schiffsamts Hannoversch-Münden und dem Wasserwirtschaftlichen Rahmenplan Fulda (1964) entnommen. Reguliert wird der Fuldalauf durch zahlreiche Wehre. Bis zur Flie-demündung sind dies einige kleine festeingebaute Stufen, von der Flie-demündung bis Kassel 19 größere Wehranlagen. Unterhalb von Kassel sind noch neun Staustufen, davon sieben Nadelwehre, vorhanden, die in Zukunft z. T. durch größere Anlagen ersetzt werden sollen. Die stärkste Regulierung der Abflußmenge erfolgt im Unterlauf durch unterschiedliche Abgabemengen der Edertalsperre.

Tab. 1: Mittlere Abflußmengen der Fulda in m³/sec.

		Kämmerzell (1)	Bad Hersfeld (2)	Rotenburg (3)	Grebenau (4)	Guntershausen (5)	Bonaforth (6)
Mittlerer Jahresabfluß		6.4	17.4	19.2	22.4	52.6	56.2
Juni	NQ	—	—	11.6	12.1	24.9	25.2
1978	MQ	3.6	13.9	15.2	15.6	34.2	35.5
	HQ	8.4	28.3	31.4	23.8	94.2	82.0
Juli	NQ	—	—	8.7	10.1	23.3	28.4
1978	MQ	3.5	—	13.8	14.7	38.1	40.3
	HQ	10.6	—	30.9	28.5	85.6	75.0
Aug.	NQ	—	—	7.4	7.8	—	31.8
1978	MQ	3.0	—	9.3	9.8	—	40.8
	HQ	9.5	—	16.9	14.5	—	73.0
Sept.	NQ	—	—	8.3	9.6	—	33.4
1978	MQ	3.4	—	11.4	11.8	—	40.0
	HQ	10.9	—	26.6	21.6	—	74.0
15. 6.	MQ	3.4	12.1	13.3	13.8	—	—
1978							
20. 6.	MQ	—	—	—	—	34.8	36.8
1978							

Anmerkung: Die Nummern hinter den Ortsnamen entsprechen den Nummern der Pegel in Abbildung 1. Der mittlere Jahresabfluß entspricht der Jahresreihe 1936/55.

Bedeutende geologische Formationen im Niederschlagsgebiet der Fulda sind Unterer und Mittlerer Buntsandstein, tertiäre magmatische Bildungen, quartäre Ablagerungen, devonische und karbonische Gesteine, Zechstein und Muschelkalk (BREHM 1975). Die Fulda selbst hat sich auf weiten Strecken in den Buntsandstein der umgebenden Höhenzüge eingeschnitten und bildet sowohl zwischen Melsungen und der Edermündung als auch zwischen Kassel und Hannoversch-Münden enge Durchbruchstäler. Die Breite des Tales wechselt ständig. Von 250 m bei Gersfeld steigt sie auf 1000–1200 m bei Bad Hersfeld an. Danach wird das Tal wieder enger, erreicht bei Kassel 2–3 km Breite, um sich bis kurz vor Hannoversch-Münden wieder stark zu verengen.

2.2 Zonierung der Fulda

Bis zur Fliedemündung (Höhe über NN = 241 m; 34 km von der amtlichen Fuldaquelle) hat die Fulda das Hauptgefälle ihres Laufes bereits überwunden (BREHM 1975). Oberhalb der Fliedemündung beträgt das Gefälle auf einer 3 km langen Teilstrecke 1,41‰, unterhalb auf ebenfalls 3 km 0,95‰ (ILLIES 1950). Nach ILLIES (1950) wird die Fliedemündung außerdem als Grenze angesehen zwischen Quellbach und Oberlauf, Fulda-Talbach und Fulda-Berglandfluß, Äsche- und Barbenregion, Geröll- und Flußkrautgesellschaft. Zur weiteren Untergliederung der Fulda liegen für den Lauf bis zur Fliedemündung einige Arbeiten vor (MÜLLER 1950, STAVE 1953). Den weiteren Lauf aber untergliedert nur MÜLLER (1950) in Barbenregion bis kurz oberhalb Kassel und Brassenregion bis zum Zusammenfluß mit der Werra. ILLIES (1981) zählt den gesamten Streckenabschnitt zwischen der Fliedemündung und Hannoversch-Münden zum Epipotamon.

3. Methoden

3.1 Vegetationsaufnahme

Die Aufnahme der Vegetation erfolgte in der Zeit vom 12. 6. bis 21. 8. 1978. Untersucht wurde die Fulda auf einer Strecke von rd. 190 km zwischen Eichenzell bei Fulda und dem Zusammenfluß von Fulda und Werra in Hann. Münden. Eine ergänzende Untersuchung über die gesamte Strecke wurde im September desselben Jahres durchgeführt, mit Ausnahme der Aufn. 9–13 in der Stadt Fulda, da dieser Teil des Betriebsgrabens infolge einer Verrohrung im September bereits zugeschüttet worden war.

Als Hilfsmittel bei der Vegetationsaufnahme diente ein 1er Canadier. Eine genaue Untersuchung sämtlicher vom Ufer aus nicht erreichbarer Flußbereiche war dadurch gewährleistet. Bei breiteren Abschnitten wurde darauf geachtet, daß während der zweiten Befahrung im September beide Flußhälften untersucht wurden.

Der Flußlauf wurde in Abschnitte unterteilt, deren Länge zwischen 50 m und mehreren km schwanken konnte. Die Abgrenzung der Abschnitte wurde möglichst so gewählt, daß ein Wiederauffinden für spätere Untersuchungen an Hand markanter Geländepunkte wie Brücken, Flußbiegungen, Hochspannungsleitungen etc. erleichtert ist. Größerer Wert wurde jedoch auf die Homogenität eines Abschnittes gelegt. So sollten innerhalb eines Abschnittes Fließgeschwindigkeit, Breite und Tiefe des Flusses keine allzu großen Schwankungen aufweisen. Ebenso sollte ein relativ einheitliches Vegetationsbild vorhanden sein.

Die Aufnahmetechnik folgte der Methode, wie sie bei KOHLER et al. (1971, S. 35 und 1978a) ausführlich beschrieben ist.

Die Mengenschätzung beruht auf einer Kombination aus der Zahl der Einzelfunde pro Abschnitt und der Pflanzenmenge pro Fundort und wird in einer Skala notiert:

- 1 = sehr selten;
- 2 = selten;
- 3 = verbreitet;
- 4 = häufig;
- 5 = sehr häufig/massenhaft.

Um die gesamte Vegetation auf dem Höhepunkt ihrer Entwicklung zu erfassen, wurde bei der Nachuntersuchung die Mengenschätzung nur in Richtung auf höhere Bedeckungsgrade verändert. Da sich unterhalb von Kassel die Vegetation meist nur auf einen Streifen von 5–10 m Breite an jedem Ufer erstreckte, erfolgten hier die Schätzungen auch nur für diese Flächen. Die vegetationslose Fahrrinne wurde vernachlässigt, da sonst keine Art eine höhere Bonitierung als 2 erhalten hätte und ein Vergleich mit anderen Flußabschnitten erschwert worden wäre.

Für einige der wichtigsten Makrophytenarten wurden aufgrund der Vegetationsaufnahmen Verbreitungskarten gezeichnet, die im Anhang beigefügt sind.

Alle höheren Pflanzen, sowie das Wassermoos *Fontinalis antipyretica*, wurden erfaßt, sofern sie sich zwischen den beiden Mittelwasserlinien befanden und ihre Wurzelstöcke im Untersuchungszeitraum bei Mittelwasser vom Wasser bedeckt waren. Nicht berücksichtigt wurden Pflanzen, die offensichtlich von abbrechenden Uferböschungen ins Wasser gefallen waren, wie es z. B. bei *Lythrum salicaria* häufig der Fall war.

Bei *Polygonum amphibium* wurde nur die forma *natans* erfaßt. Bei *Sparganium erectum*, *Schoenoplectus lacustris* und *Butomus umbellatus* wurde nicht zwischen der jeweiligen Flutform und den emersen Formen unterschieden. *S. lacustris* f. *fluitans* wurde nie allein, sondern immer nur in Verbindung mit f. *terrestris* vorgefunden. Bei *B. umbellatus* kamen je nach Wasserstand alle Übergangsformen zwischen f. *terrestris* und f. *submersus* vor, so daß eine Unterscheidung willkürlich gewesen wäre. Bei *S. erectum* wurde, da die Bestimmungsmethode im blütenlosen Zustand sehr schwierig ist (WEBER 1976), ebenfalls davon ausgegangen, daß die Submersformen nicht ohne die emersen auftreten.

Flutformen und emerse Formen von *Phalaris arundinacea* wurden getrennt aufgenommen. Nur submerse Formen wurden bei *Glyceria maxima* und *Agrostis stolonifera* notiert. In der Gattung *Callitriche* mußten die Art *C. platycarpa* und der Bastard *C. platycarpa* x *cophocarpa* zu *C. platycarpa* agg. zusammengefaßt werden. Für eine cytologische Untersuchung des Bastards an vier Exemplaren danke ich Herrn Dr. Dersch, Göttingen. Im Felde ist aber eine Unterscheidung blütenloser *C. platycarpa*-Exemplare von Exemplaren des Bastards unmöglich. *Elodea nuttallii* ist laut Dr. Ludwig, Marburg, ohne Blüten nicht von *E. ernstae* zu unterscheiden (mdl. Ausk. Dr. Dersch). Da aber im norddeutschen Raum einschließlich Südniedersachsens erstgenannte Art schon häufiger beobachtet wurde und die Art in der Fulda der von HAEUPLER (1974) beschriebenen *E. nuttallii* gleicht, wurde dieser Name gewählt.

Die Nomenklatur der Pflanzennamen folgt EHRENDORFER (1973), die unterschiedlichen Wuchsformen wurden nach GLÜCK (1936) benannt. Eine Liste sämtlicher aufgenommenen

Arten mit Fundortangaben liegt in der Zentralstelle für die floristische Kartierung Westdeutschlands vor.

3.2 Physikalische Untersuchungen

Zusätzlich zu den Vegetationsaufnahmen wurden in den einzelnen Abschnitten noch einige physikalische Parameter bestimmt. Die **Beschattung** des Flußbettes wurde geschätzt und dabei wurde berücksichtigt, daß bei zunehmender Flußbreite und bei gleichbleibendem Baumbestand am Ufer die Beschattung, auf den ganzen Fluß bezogen, geringer wird. Ebenfalls nur geschätzt wurde die **Flußbreite**; die Schätzungen ließen sich hin und wieder an Brücken überprüfen.

Die Beschaffenheit des **Untergrundes** wurde notiert.

Die **Wassertiefe** wurde mit Hilfe einer Einteilung am Stechpaddel gemessen.

Die **Fließgeschwindigkeit** wurde ermittelt, indem die Zeit gestoppt wurde, in der ein schwimmender Gegenstand am stillliegenden Boot (Länge = 4,2 m) vorbeigetrieben war.

Die beiden letzten Parameter hängen stark von der Wasserführung ab. Es handelt sich daher um Werte, wie sie zur Zeit der jeweiligen Vegetationsaufnahme vorgefunden wurden. Gemessen wurden nach Möglichkeit die Extremwerte. So wurde z. B. nicht berücksichtigt, daß in schnellströmenden Abschnitten am Rand in Teichrosenbeständen oder in Kleinröhrichten die Fließgeschwindigkeit herabgesetzt ist. Aus diesem Grunde wurden in Tab. 2 nur Wertebereiche angegeben.

Die Einteilung der Wertebereiche sowie die Umsetzung in Symbolzahlen sind den Fußnoten in Tabelle 2 zu entnehmen. Dabei sind die Symbolzahlen insgesamt so gewählt, daß die für die Pflanzen als ungünstig angenommenen Bedingungen, wie hoher Schlammanteil im Untergrund, starke Beschattung, große Tiefe und niedrige Fließgeschwindigkeit, hohe Zahlenwerte erhielten.

Außerdem wurde noch mit Hilfe einer Secchischeibe die **Sichttiefe** ermittelt. Wegen der beträchtlichen Schwankungen dieser Werte sind zur Sichttiefe in Kap. 4.2 nur einige allgemeine Angaben gemacht worden.

3.3 Chemische Wasseruntersuchungen

Im Rahmen dieser Arbeit war es nicht möglich, eingehende chemische Wasseruntersuchungen durchzuführen. Unter Mitwirkung von Herrn Dr. Boneß von der Hessischen Landesanstalt für Umwelt – Außenstelle Kassel – konnten jedoch am 15. 6. und 20. 6. 78 Meßfahrten unternommen werden. Hierbei wurden in fortlaufender Reihe am 15. 6. von Bronnzell bei Fulda bis Guxhagen und am 20. 6. von Guxhagen bis Bonaforth insgesamt 22 Wasserproben entnommen. Die ungefähre Lage der Meßpunkte, die örtliche Zuordnung zu den Vegetationsaufnahmen, sowie die Analysenwerte sind mit Erläuterungen im Anhang zu finden. (Kap. 10.1; Tab. 5). Aus Tab. 1 ist ersichtlich, daß die Wasserführungen an den Probenahmetagen in etwa dem Monatsmittel entsprachen und somit keine außergewöhnlichen Bedingungen vorlagen.

Am Standort wurden folgende Parameter gemessen:

- pH-Wert (Knick Portatest 907)
- O₂-Normalgehalt in mg/l
- O₂-Sofortgehalt in mg/l
- Der O₂-Fehlbetrag in ‰ berechnet sich aus der Differenz der letzten beiden Werte.

(WTW Gold-Silberelektrode)

Im Labor der Hess. Landesanstalt für Umwelt wurden nach den Deutschen Einheitsverfahren (1960) analysiert:

Cl⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻ und BSB₅ in mg/l., O₂-Zehrung in ‰, Oxidierbarkeit in mg KMnO₄/l und Gesamthärte in °dH.

4. Vegetation und Standortfaktoren

4.1 Einteilung der Artengruppen

Die Vegetationsaufnahmen sind in Tab. 2 zusammengestellt. Darin sind alle aufgenommenen Arten mitgeteilt, sowie sämtliche Aufnahmen in geographischer Ordnung vom Oberlauf (Aufn. 1) bis zum Zusammenfluß der Fulda mit der Werra (Aufn. 154) aufgeführt.

Eine erste Gruppierung der Pflanzen erfolgt durch Abtrennung der submersen Makrophyten (Gruppe I–VI) von den nur als Helophyten vorkommenden Arten (Gruppe VII).

Die Ordnung zur Gruppe der submersen Makrophyten I–VI richtet sich nach dem Standortcharakter und ist unabhängig davon, ob es sich bei Vertretern dieser Gruppe um echte Hydrophyten oder Flut- oder Submersformen von Epigeophyten, Helophyten oder Amphiphyten handelt (Unterscheidungen nach WEBER 1976). Da *Sparganium erectum*, *Polygonum amphibium*, *Butomus umbellatus* und *Schoenoplectus lacustris* eindeutige Flutformen ausbilden und somit in ihrer Ökologie hauptsächlich vom fließenden Wasser beeinflusst waren, wurden diese Arten zur Gruppe der submersen Makrophyten gestellt.

Die Arten der Gruppe VII sind Röhrichte, die meist mit dem ganzen Wurzelstock im Wasser stehen. Zu dieser Gruppe gehören *Alisma plantago-aquatica* und *Berula erecta*, die an der Fulda nur helophytisch auftraten. Die Arten wurden den Gruppen I–VII nach folgenden Ordnungsprinzipien zugeteilt:

Gruppe I:

Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt eindeutig im Flußoberlauf haben.

Zu den Arten dieser Gruppe gehören *Ranunculus peltatus* und *R. aquatilis*, die hauptsächlich bis zur Stadt Fulda vorkommen. *Elodea canadensis* tritt unterhalb der Schlitzmündung im Oberlauf das letzte Mal auf und ist nur in der Gegend von Kassel noch zweimal nachgewiesen. Die häufigste Art dieser Gruppe ist *Callitriche hamulata*, die auch die höchsten Mengenanteile erreicht. Insgesamt sind jedoch die Mengenanteile dieser Gruppe in den einzelnen Aufnahmen recht gering.

Gruppe II:

Arten, die über den ganzen Flußlauf verstreut auftreten, aber ihre Massenentwicklung in der oberen Flußhälfte haben.

Innerhalb dieser Gruppe erreicht *Polygonum hydropiper* geringe bis mittlere Mengen, während *Callitriche platycarpa* agg. und *Potamogeton natans* in etlichen Aufnahmen der oberen Flußhälfte dominieren.

Gruppe III:

Über den ganzen Flußlauf verbreitete Arten; deren Schwerpunkt im Mittellauf liegt, sowie Arten, die nur hier vorkommen.

In dieser Gruppe bestimmen über weite Strecken im oberen Flußlauf *Sparganium emersum* und *Nuphar lutea* das Vegetationsbild; später kommt noch *Sagittaria sagittifolia* mit mittleren Mengenanteilen dazu. Etwa ab Bad Hersfeld nehmen diese Arten deutlich ab; unterhalb von Kassel sind sie wieder etwas häufiger vertreten. Ein ähnliches Verbreitungsbild haben die beiden Wasserlinsen *Lemna minor* und *Spirodela polyrrhyza*. *S. polyrrhyza* war nur in Vergesellschaftung mit *L. minor* anzutreffen. Auffällig ist, daß *Elodea canadensis* unterhalb der Schlitzmündung von *E. nutallii* so gut wie vollständig abgelöst wird.

Gruppe IV:

Arten, die entweder nur oder mit ihrem Verbreitungsschwerpunkt im Unterlauf vorkommen. Etwa ab dem Mittellauf tritt von den Arten der Gruppe IV *Ranunculus fluitans* mit großen Mengen hervor. Diese Art ist zwar schon im Oberlauf zu finden, dort aber nur in geringen Mengen und nicht überall.

Nacheinander treten dann *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus*, *P. nodosus* und *P. perfoliatus* auf. Besonders die *Potamogeton*-Arten zeigen ein plötzliches Erscheinen, das mit einer großen Massenentwicklung verbunden ist. Unterhalb von Kassel ist von dieser Gruppe nur noch *P. pectinatus* in größeren Mengen vertreten.

Gruppe V:

Arten ohne eindeutigen Verbreitungsschwerpunkt.

Gruppe VI:

Arten mit unterschiedlicher Verbreitung, deren Abtrennung von den übrigen Gruppen morphologische Gründe hat. Diese Arten haben im Untersuchungsgebiet sowohl emerse als auch submerse Formen (s. o.).

Die Arten der Gruppe VI sind mehr oder weniger über den ganzen Flußlauf verstreut, ein geringer Schwerpunkt läßt sich im Mittellauf erkennen.

Gruppe VII:

Die Abtrennung der Röhrichtpflanzen von den submersen Makrophyten wurde bereits oben begründet. Die Arten dieser Gruppe sind ohne eindeutigen Verbreitungsschwerpunkt, mit Ausnahme von *Glyceria maxima*, der im Unterlauf gehäuft vorkommt.

Innerhalb der Gruppen wurden die Arten so geordnet, daß mit den Arten begonnen wird, die im Fluß zuerst im Oberlauf auftreten oder ihren Verbreitungsschwerpunkt mehr zum Oberlauf hin haben.

Nicht in Tab. 2 genannt sind die Uferpflanzen, die von sommerlichem Mittelwasser nicht direkt beeinflußt werden.

4.2. Vegetationskundliche Abgrenzung und ökologische Beschreibung der Flußzonen

In diesen und den folgenden Abschnitten werden aus den in Kap. 4.1 genannten Gründen nur die Arten der Gruppen I–VI (submerse Makrophyten) besprochen.

Die für die floristische Bestandsaufnahme benutzte Methode von KOHLER (1978 a) unterscheidet sich wesentlich von der üblichen pflanzensoziologischen. Deshalb wurde der Fluß lediglich nach floristischen Gesichtspunkten gegliedert und nicht versucht, die Gemeinschaften in vorhandene Vegetationssysteme mit Kenn- und Trennarten einzufügen. Ein Vergleich mit der pflanzensoziologischen Literatur ist somit nur bedingt möglich.

Die Gruppierung im vorigen Abschnitt war geeignet, die Abfolge der Arten im gesamten Verlauf des Flusses aufzuzeigen. Diese Artengruppen stellten in den einzelnen Flußabschnitten gewisse Schwerpunkte dar. Doch reichen sie noch nicht aus, die Abschnitte genau zu beschreiben, da häufig Arten aus mehreren Gruppen in einer Aufnahme gemeinsam vorkommen.

Das dominante Auftreten bzw. das Nichtauftreten verschiedener Einzelarten, ohne Rücksicht auf ihre Gruppenzugehörigkeit, wurde zur Abgrenzung von sieben Flußzonen herangezogen. Für jede derselben werden die Faktoren genannt, die das Wachstum der Pflanzen wesentlich beeinflussen.

Zone A von *Sparganium emersum* und *Ranunculus peltatus*

Diese Zone erstreckt sich von Eichenzell bei Fulda bis zum Wehr bei Hemmen (Aufn. 1–33). Die häufigste Art ist in dieser Zone *Sparganium emersum*. Von den Arten der Gruppe I ist nur *Ranunculus peltatus* in einigen Aufnahmen nennenswert vertreten; dazu kommen aus anderen Gruppen *Callitriche platycarpa* agg., *Fontinalis antipyretica* und *R. fluitans*. Insgesamt ist das Bild in dieser Zone recht uneinheitlich. Es sind sowohl rhitrale als auch potamale Vegetationselemente vertreten. Vergleichbar in der Artenzusammensetzung wäre diese Zone mit einem *Callitriche-Myriophylletum alterniflori* s. l. in dessen Subassoziation ohne *Myriophyllum alterniflorum* (vgl. WIEGLEB 1977 b).

Sicherlich von starkem Einfluß auf das Pflanzenwachstum ist hier die Beschattung. Bis zur Fließmündung (Aufn. Nr. 5), wo die Fulda eher Bach- als Flußcharakter hat (s. a. Kap. 2.4), beträgt sie über 80%, bis zur Lüdermündung (Aufn. Nr. 32) noch häufig über 40% (s. Tab. 2). Wesentlich für die Artenkombination sind die starken rhitralen Elemente im Flußcharakter. Häufig sind flache Stellen mit hoher Fließgeschwindigkeit anzutreffen, die flachsten Stromschnellen können im Hochsommer teilweise trockenfallen.

Inwieweit die Abwasserbelastung in dieser Zone einen Einfluß hat, ist nach den wenigen Analysendaten nicht zu sagen. Sicherlich ist dieser Gewässerabschnitt weder oberhalb noch unterhalb der Stadt Fulda unbelastet (s. Anh. Kap. 10.1). Seit dem Bau der Kläranlage Gläserzell (bei Fulda) hat sich zwar die Wasserqualität erheblich verbessert (MEIJERING 1977), doch bestehen noch Einleitungen ungeklärter gewerblicher Abwässer. Die Größenordnungen der Einleitungen lassen sich nur schwer abschätzen, da sie z. T. schubweise vorgenommen werden. Immerhin reichen sie aus, um bereits oberhalb der Fließmündung Fischsterben zu verursachen (mdl. Auskunft Dr. Boneß, Kassel).

Zone B von *Callitriche platycarpa* agg. und *Sparganium emersum*

Die Zone B von Hemmen bis Richthof (Aufn. 34–59). Neben *Sparganium emersum* und *Nuphar lutea* sind in größerer Menge noch *Callitriche platycarpa* agg. und *Potamogeton natans* vertreten. Ebenfalls eine Rolle spielen *P. berchtoldii* und *P. crispus*. Die Artenkombination dieser Flußzone ähnelt zwar der typischen Variante einer *S. emersum*-Gesellschaft, unterscheidet sich von dieser aber durch das häufige Vorkommen der *Callitriche*-Arten, die hier ihren Verbreitungsschwerpunkt haben. In Zone B verliert die Beschattung an Einfluß. Da der Fluß allmählich breiter wird, reicht ein Baumbestand am Ufer selten aus, um die ganze Flußbreite zu beschatten.

Zieht man eine Grenze zwischen schnellfließenden, flachen und langsamfließenden, tiefen Flußabschnitten bei 80 cm Tiefe und 0,4 m/sec. Fließgeschwindigkeit, so ist das Verhältnis dieser beiden Gewässertypen in der Zone B ausgeglichen. Das gemeinsame Auftreten von Arten der „Oberlaufgruppen“ (I und II) und der *Sparganium*-Gruppe (III) läßt sich so erklären. Die Wasserqualität ist mit Güteklasse II als mäßig belastet zu bezeichnen.

Zone C:

Die nächste Zone stellt einen Übergang dar zwischen *Sparganium emersum*-reichem und *Ranunculus fluitans*-reichem Flußteil. In gleichem Maße wie die Dominanz von *S. emersum* abnimmt, nimmt die von *R. fluitans* zu.

Der Übergangsbereich wurde untergliedert in Zone C₁ von Richthof bis vor das Wehr Bad Hersfeld (Aufn. 60–77), und Zone C₂ vom Wehr Bad Hersfeld bis hinter Mecklar (Aufn. 78–91).

Zone C₁ von *Sparganium emersum*

In dieser Zone dominieren eindeutig die Arten der *Sparganium*-Gruppe (III), in deren Begleitung die Pleustophyten und *E. nuttallii* auftreten. Die Rolle von *R. fluitans* und *Myriophyllum spicatum* ist noch gering. Eine Tendenz zur Abnahme ist bei den *Callitriche*-Arten und sämtlichen Arten der Gruppe I zu verzeichnen. Die Artenkombination kommt einem *Sparganio-Elodeetum* (vgl. WEBER-OLDECOP 1977) am nächsten. In Zone C₁ sind sehr viele Abschnitte mit geringer Fließgeschwindigkeit und großer Tiefe zu finden. Das gehäufte Auftreten von Arten der *Sparganium*-Gruppe hat hierin sicherlich seine Hauptursache.

Gegenüber dem vorigen Abschnitt ist eine geringere Gewässerbelastung zu verzeichnen.

Zone C₂ von *Ranunculus fluitans* und *Sparganium emersum*

S. emersum ist hier mit geringeren Mengenanteilen vertreten, dazu tritt die gesamte *Sparganium*-Gruppe einschließlich *Ceratophyllum demersum*. Es dominieren jedoch *R. fluitans*, *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton pectinatus*. Arten der Gruppe I kommen nicht mehr vor. Die Artenkombination ist sehr heterogen. Ähnliche Artenzusammensetzungen fand nur HILBIG (1971), und zwar in den Flüssen des Thüringer Raumes.

Im Vergleich mit der Zone C₁ sind hier mehr Abschnitte mit hoher Fließgeschwindigkeit und geringerer Tiefe vorhanden. Das verstärkte Auftreten von Arten der *R. fluitans*-Gruppe läßt sich dadurch erklären.

Zone D von *Ranunculus fluitans*

Die Zone D erstreckt sich vom Ortsausgang Mecklar bis Dennhausen (Aufn. 92–139). Während die Arten der *Sparganium*-Gruppe und die der Gruppe II deutlich zurücktreten, kommen zu den schon in Zone C₂ vorhandenen Arten der *R. fluitans*-Gruppe noch die Großblaukräuter *Potamogeton nodosus* und *P. perfoliatus* hinzu. Die Vertreter der Gruppe IV zeigen in vielen Aufnahmen dominantes Auftreten. Die Artenzusammensetzung ähnelt der großblaukrautreichen *R. fluitans*-Gesellschaft bei WIEGLEB (1977 b), die auch dort durch *P. perfoliatus* und *P. nodosus* charakterisiert ist.

In Zone D ist bei inzwischen meist großen Tiefen die doppelte Anzahl an Abschnitten mit großer Fließgeschwindigkeit gegenüber Abschnitten mit geringer Fließgeschwindigkeit vorhanden.

Das Wasser ist in dieser Zone relativ sauber. Hier wurden die geringsten NH₄⁺- und PO₄³⁻-Werte gemessen.

Ein weiteres Charakteristikum ist ein auffälliger Wechsel im Flußboden von kiesig/steinig zu größeren Felsplatten und -blöcken. Inwieweit das Substrat (hier mineralischer Untergrund) für eine Verteilung der Pflanzenarten von Bedeutung ist, läßt sich schwer entscheiden, doch spielt es sicherlich eine gewisse Rolle.

Ab der Edermündung hat wahrscheinlich auch die höhere Sichttiefe einen Einfluß auf das Wachstum der Makrophyten. Während oberhalb der Edermündung in der Fulda selten eine größere Sichttiefe als 80–120 cm gemessen wurde, stieg diese unterhalb auf über 2 m an, was auf das klare Ederwasser zurückzuführen ist. Auffällig ist, daß *Potamogeton perfoliatus* oberhalb der Edermündung nur an zwei Fundorten vorkommt, unterhalb jedoch in größeren Mengen auftritt.

Insgesamt begünstigen diese Bedingungen die Arten der *Ranunculus fluitans*-Gruppe, besonders die der Großblaukräuter.

Zone E: Verödungszone

Diese Zone umfaßt den weiteren Bereich der Stadt Kassel von Dennhausen bis Wolfsanger (Aufn. 139–145). Sie nimmt gegenüber allen anderen Zonen eine Sonderstellung ein, da sie durch eine ungewöhnliche Artenarmut auffällt. Aus sämtlichen Gruppen sind, wenn überhaupt, nur wenige Exemplare zu finden und diese meist in kümmerlichem Zustand. Die meisten Arten im Stadtgebiet siedeln unterhalb des Wehres „Neue Mühle“. Der Bereich zwischen Drahtbrücke und Walzenwehr wurde nicht näher studiert, da hier kaum Makrophytenwachstum festgestellt werden konnte.

In Zone E ist der anthropogene Einfluß am stärksten. Neben wasserbaulichen Maßnahmen wie Stauhaltungen, Ausbaggern des Flußbodens im Kasseler Stadtbereich und Uferbefestigungen, beeinträchtigt wahrscheinlich noch der starke Motorbootsverkehr das Pflanzenwachstum.

Zone F von *Sparganium emersum* und *Potamogeton pectinatus*

Die unterste Zone reicht von Wolfsanger bis zum Zusammenfluß von Fulda und Werra in Hann. Münden (Aufn. 146–154). Die Arten dieser Zone kommen alle auch oberhalb von Kassel vor, doch mit anderen Schwerpunkten. So tritt *Ranunculus fluitans* deutlich zurück, der

nur noch am Rand an flachen Stellen in wenigen Exemplaren kümmernd und wohl kaum zur Blüte gelangt; das gleiche gilt für *M. spicatum*. Dominierend sind in dem ganzen Flußabschnitt *Sparganium emersum*, der stellenweise mit *Sagittaria sagittifolia* Kleinröhrichte bildet, und *Potamogeton pectinatus*. Diese Kombination ähnelt damit einem Vegetationstyp, der nach WIEGLEB stärker belastete Flußabschnitte besiedelt (WIEGLEB 1977 b S. 18: *Potamogeton pectinatus*-reiche *Sparganium*-Gewässer, WEBER-OLDECOP 1969, HAUSFELD 1978). Durch die vielen Stauhaltungen ist auf der gesamten Strecke die Fließgeschwindigkeit sehr gering, die Tiefe der Fahrrinne beträgt meist etwa 2 m.

Über weite Strecken sind die Ufer beidseitig verbaut. Das Makrophytenwachstum beschränkt sich auf einen 10–15 m breiten Streifen an beiden Ufern, die Fahrrinne ist meist vegetationslos.

Den stärksten Einfluß auf die Vegetation hat aber sicherlich die Abwasserbelastung, die in Zone F am stärksten ist, wie auch ältere Analysen der Hess. Landesanstalt für Umwelt belegen. Zu den Einleitungen der überlasteten Kläranlage Kassel kommen noch die Abwässer einer chemischen Fabrik.

Gerade dieser Abschnitt fällt neben der Zone E am meisten aus dem sonstigen Vegetationsbild heraus. Während sonst im gesamten Flußverlauf eine kontinuierliche Abfolge der Vegetation zu beobachten ist, hat Zone F mit den übrigen wenig Gemeinsamkeiten.

Verantwortlich sind dafür sicherlich z. T. auch die natürlichen Standortverhältnisse, doch weisen die Staubereiche oberhalb von Kassel ein anderes Artengefüge auf. So ist das gemeinsame Dominieren der Abwasser ertragenden Arten *Sparganium emersum* und *Potamogeton pectinatus* sicherlich auf die Abwasserbelastung zurückzuführen. Die gegenüber Verschmutzung etwas empfindlicheren Arten, wie *Myriophyllum spicatum* und *P. perfoliatus*, sind hier teilweise nur in kümmernden Exemplaren vorhanden. Beide Arten und das recht seltene *P. nodosus* sind aber in den weniger belasteten Abschnitten oberhalb von Kassel recht häufig.

5. Ökologische Auswertungen

5.1 Die mittlere Artenzahl in den Flußzonen

Für die sieben verschiedenen Flußzonen wurden die mittleren Artenzahlen der aufgenommenen Flußabschnitte berechnet:

Zone A:	~ 7 (von 1 bis 11)
Zone B:	~ 13 (von 8 bis 19)
Zone C ₁ :	~ 12 (von 8 bis 19)
Zone C ₂ :	~ 14 (von 9 bis 16)
Zone D:	~ 11 (von 3 bis 23)
Zone E:	~ 5 (von 3 bis 7)
Zone F:	~ 11 (von 6 bis 15)

Ein Vergleich der mittleren Artenzahlen muß sich auf die Angabe von Tendenzen beschränken, da die Aufnahmeflächen unterschiedlich groß gewählt wurden.

Deutlich sind die Zonen A und E mit niedrigen mittleren Artenzahlen von den übrigen Zonen abgesetzt. Die Ursachen für die Artenarmut sind sicher verschieden.

Zone E liegt oberhalb und unterhalb der Großstadt Kassel. Bei allen Aufnahmen handelt es sich um Abschnitte mit niedriger Fließgeschwindigkeit im Staubereich der drei Wehre „Neue

Mühle“, Walzenwehr und Wolfsanger. Das ist aber gerade der Bereich des stärksten Motorbootverkehrs. Besonders am Wochenende ist daher das Wasser sehr bewegt und durch die aufgewühlten Schwebeteilchen sehr trübe. Allein dadurch sind gerade während der Vegetationsperiode an zwei bis drei Tagen pro Woche die Lichtverhältnisse stark eingeschränkt. Hinzu kommen noch Schlammablagerungen auf den Pflanzen und eventuell durch den Wellengang verursachte Schäden mechanischer Art.

Darüberhinaus wird im engeren Stadtbereich von Kassel hin und wieder das Flußbett ausgebaggert. In jüngerer Zeit wurden Uferbefestigungen angelegt, die weit in das Flußbett hineinreichen. Insgesamt schränken diese Faktoren die Lebensbedingungen sämtlicher Makrophytenarten erheblich ein.

Anders liegen die Verhältnisse in der Zone A. Bei der geringen Breite des Flusses wirkt sich ein Baumbewuchs am Ufer sehr stark durch Beschattung des Flusses aus. Vor allem in den Abschnitten 1–4 war ein Makrophytenwachstum vornehmlich an den wenigen unbeschatteten Stellen zu beobachten. Da der Fluß auch im weiteren Verlauf stark beschattet wird, dürfte der Faktor Licht auch hier eine gewisse Rolle spielen.

Die geringe Wasserführung im Hochsommer könnte dazu beitragen, daß sich in Zone A nur wenige Arten halten (vgl. WEBER-OLDECOP 1969 S. 59).

5.2 Mittlere Artenzahl und Fließgeschwindigkeit

Ein wichtiger Faktor für das Wachstum der Makrophyten ist sicherlich die Fließgeschwindigkeit (AMBÜHL 1959). Besonders in Staubereichen, wo die Strömungsgeschwindigkeit weniger als 0,2 m/sec. beträgt, konnten deutlich geringere Artenzahl und Pflanzenmengen festgestellt werden als in Bereichen mit höheren Fließgeschwindigkeiten. Die Geschwindigkeiten zwischen 0,6 m/sec. und 1,5 m/sec. wurden zu einem Block zusammengefaßt, da nur in wenigen Fällen mehr als 1 m/sec. erreicht wurde.

Die genauen Werte sind:

		Mittlere Artenzahl
Block 1	0–0,2 m/sec.	~ 8 (von 2 bis 13)
Block 2	0,2–0,4 m/sec.	~ 11 (von 1 bis 19)
Block 3	0,4–0,6 m/sec.	~ 11 (von 4 bis 19)
Block 4	0,6–1,5 m/sec.	~ 11 (von 4 bis 23)

Der Zusammenhang zwischen geringen mittleren Artenzahlen und niedriger Fließgeschwindigkeit könnte folgender sein:

Abschnitte mit großer Strömung enthalten stets auch solche Stellen, an denen die Strömung gering ist. Deshalb kommen in ihnen Fließ- und Stillwasserarten vor. In Abschnitten mit geringer Strömung sind aber in einem Fließgewässer vor allem lichtbedürftige Fließwasserarten starken Belastungen ausgesetzt. Die Belastungen resultieren hauptsächlich aus dem hohen Anteil von Schwebstoffen, die ein Fließgewässer mit sich führt. Besonders nach starken Regenfällen führte die Fulda im Sommer 1978 so viel von den Äckern abgeschwemmtes Feinmaterial, daß die Sichttiefen für zwei bis drei Tage auf 20–50 cm zurückgingen. Die Schwebstoffe werden aber vornehmlich in den Abschnitten geringer Fließgeschwindigkeit sowohl auf dem Flußboden als auch auf den Pflanzen abgelagert. Submersen Makrophyten wird damit das Licht für die Photosynthese genommen. Tatsächlich gab es in solchen Gewässerabschnitten nur total verschmutzte Kümmerexemplare der verschiedensten Makrophytenarten. Die gleichen Beobachtungen machte WEBER (1976) in der Hase.

Ebenfalls von Einfluß könnten die bei geringer Fließgeschwindigkeit durchweg hohen Schlammablagerungen auf dem Flußgrund sein, die mit ihren ungünstigen O₂-Verhältnissen Neuansiedlungen von Pflanzen wahrscheinlich erschweren.

5.3 Einfluß von Fließgeschwindigkeit und Tiefe auf die Verteilung der Vegetation

Neben der Fließgeschwindigkeit hat die Wassertiefe einen wesentlichen Einfluß auf das Wachstum der Makrophyten. Daher wurde untersucht, wie sich verschiedene Kombinationen dieser beiden Faktoren auf die Verteilung der Pflanzen auswirken. Die besten Ergebnisse erzielte ein Vergleich der unterschiedlichen Standorte innerhalb der Flußzonen, da diese in sich einen einigermaßen homogenen Artenbesatz haben. Außer acht gelassen wurden die Zonen E und F, wo die Standortbedingungen wenig variieren. Die Darstellung der Ergebnisse ist in Tab. 3 zu finden. Zur besseren Kennzeichnung der Mengenschätzungen sind die Ziffern aus Tab. 2¹⁾ durch Symbole ersetzt, deren Bedeutung Kap. 3.2 zu entnehmen ist. Innerhalb der einzelnen Zonen wurde das folgende Ordnungsprinzip angewandt:

Aus den in Tab. 2 angegebenen Ziffern für die Fließgeschwindigkeit und für die Tiefe wurden jeweils die Produkte gebildet. Aufnahmen mit niedrigen Produkten, also zugleich hoher Fließgeschwindigkeit und geringer Tiefe wurden in den linken Teil der Tabelle gestellt. Innerhalb der Zonen A bis D nimmt in Tab. 3 von links nach rechts mit steigendem Produkt die Wassertiefe zu und die Strömungsgeschwindigkeit ab.

Wie Tab. 3²⁾ zeigt, sind in jeder der Gruppen I–V Arten vertreten, die gegenüber Fließgeschwindigkeit und Tiefe ein indifferentes Verhalten zeigen. Es sind dies: *Glyceria fluitans*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton berchtoldii*, *P. natans*, *Polydonum hydropiper*, *P. pectinatus*, *Arostis stolonifera* f. subm. und *Phalaris arundinacea* f. subm. Außerdem sind alle Arten der Gruppe V indifferent. Für *Ceratophyllum demersum* und *P. perfoliatus* liegen zu wenig Aufnahmen vor, um gesicherte Aussagen treffen zu können.

In rhitralen Flußabschnitten haben einen deutlichen Schwerpunkt *Ranunculus fluitans* und *Fontinalis antipyretica*, einen schwachen Schwerpunkt *Callitriche hamulata* (Zonen A und C₁), *C. platycarpa* agg. (Zonen B und C₁) und *Myriophyllum spicatum* (Zonen C₁ und C₂).

Hierbei zeigt sich, daß in den rhitralen Flußabschnitten im Oberlauf *R. peltatus* und die *Callitriche*-Arten dominieren, im Unterlauf in der Hauptsache *R. fluitans*.

In Bereichen geringer Fließgeschwindigkeit und größerer Wassertiefe sind neben *Potamogeton nodosus* vor allem die Arten der *Sparganium emersum*-Gruppe zu finden. Besonders ist das in den Zonen B, C₁ und C₂ zu beobachten. In den Zonen A und D ist die Stetigkeit der Arten dieser Gruppe zu gering, um klare Abhängigkeiten erkennen zu lassen.

Das Übergewicht einzelner Artengruppen in bestimmten Flußzonen läßt sich leicht mit dem jeweiligen Anteil an rhitralen und potamalen Abschnitten in diesen Flußzonen erklären. Überwiegend potamale Flußbereiche sind in C₁ zu finden; hier dominieren die Arten der *Sparganium* Gruppe.

Etwa gleiche Anteile an potamalen und rhitralen Abschnitten weisen die Zonen B und C₂ auf; das Verhältnis zwischen potamalen und rhitralen Florenelementen ist ebenfalls ausge-

¹⁾ Tab. 2 befindet sich als Anlage am Ende des Heftes

²⁾ Tab. 3 befindet sich als Anlage am Ende des Heftes

wogen. Mehr Abschnitte mit höheren Fließgeschwindigkeiten sind in Zone D zu finden, was die Dominanz von *R. fluitans* erklärt.

Insgesamt bestätigen die Befunde in der Fulda die Ergebnisse anderer Autoren (GRUBE 1975, WEBER-OLDECOP 1969, WESTLAKE 1973) mit Ausnahme von *P. natans*, das von diesen zu Schwimmblattgesellschaften ruhiger Gewässer gestellt wird. In der Fulda verhält sich diese Art aber eher indifferent. In Zone C₂ und Zone D kommt sie häufiger in Stillbereichen vor. In den Zonen A, B und C₁ läßt sie keine Bevorzugung bestimmter Fließgeschwindigkeiten oder Wassertiefen erkennen.

6. Vergleich der heutigen Befunde mit älteren Floren

Aus verschiedenen Florenwerken Nordhessens wurden, soweit vorhanden, Angaben über das Vorkommen von Makrophyten in der Fulda zusammengestellt. Die Arbeiten folgender Autoren wurden herangezogen: WIGAND (1891), KOHL (1896), GRIMME (1958), DERSCH (1965), LUDWIG (1966 und 1967) und KRAUSE (1979), der sich auf Untersuchungen aus den Jahren 1972 bis 1974 bezieht.

6.1 Zeitliche Veränderungen im Arteninventar

Der Vergleich mit älteren Angaben läßt für die Fulda zwei Neufunde erkennen: *Callitriche platycarpa* x *cophocarpa* und *Elodea nuttallii*.

Der *Callitriche*-Bastard hat die Chromosomenzahl $2n = 15$. Damit käme neben *C. cophocarpa* noch *C. stagnalis* als möglicher Elternteil in Frage, gewisse morphologische Merkmale sprechen jedoch für *C. cophocarpa* (DERSCH 1974). Die Fundorte der 4 cytologisch untersuchten Pflanzen sind in Tab. 2 mit einem kleinen Dreieck gekennzeichnet; sie liegen nahe oder in der Stadt Fulda. Da die Exemplare zufällig herausgegriffen wurden, ist eine weitere Verbreitung in diesem Teil der Fulda wahrscheinlich. Bisher ist der Hybrid in Deutschland nur von drei veröffentlichten Fundorten bekannt. (DERSCH 1974). Ob er sich in letzter Zeit ausgebreitet hat, wie es für *C. obtusangula* von KRAUSE (1971) in der Oberrheinebene nachgewiesen ist, oder ob er früher nur übersehen worden ist, läßt sich nicht entscheiden.

Massenhaft tritt *E. nuttallii* an einigen Orten auf. Besonders in der Gegend um Bad Hersfeld sind entlang beider Flußufer Bestände von mehreren Metern Breite zu finden. Auch WEBER-OLDECOP (1974) führt für Niedersachsen Beispiele für das dominante Auftreten dieses Neubürgers an. Ähnlich wie *E. canadensis* um die Jahrhundertwende scheint sich diese Art als besonders konkurrenzkräftig zu erweisen. Einen Vergleich der älteren und heutigen Fundangaben für die übrigen Arten gestattet Tab. 4.

Unterschiede im Arteninventar bei WIGAND (1891) und KOHL (1896) sind wohl gering zu bewerten; KOHL hat offensichtlich viele Angaben von WIGAND übernommen.

LUDWIG hat nur die *Pandanales* und *Helobiae* (LUDWIG 1966), sowie *Ceratophyllum submersum* (LUDWIG 1967) bearbeitet. In Tab. 4 wurde auf einen Vergleich des Vorkommens der *Callitriche*-Arten verzichtet. Diese Arten werden erst in unserer Zeit cytologisch unterschieden, so daß vor allem Verluste nicht sicher bewiesen werden können. Ebenfalls etwas unsicher ist die Einordnung der Arten *Ranunculus aquatilis* und *R. peltatus*.

Möglicherweise als Verlust kann man das Fehlen von *Potamogeton alpinus* und *P. praelongus* betrachten. *P. alpinus* wurde nur einmal bestätigt in WIGAND: „Fulda: Mühlgraben der

Tab. 4: Vergleich früherer Floren mit heutigen Funden

	1891	1896	1958	1966	1972	1978
	WIGAND	KOHL	GRIMME	LUDWIG	KRAUSE	
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	V		V	V		X
<i>Butomus umbellatus</i>	X	X	X	X		X
<i>Ceratophyllum demersum</i>	X	X	V	V		X
<i>C. submersum</i>	X	X		?		(—)
<i>Elodea canadensis</i>			X		X	X
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>			X	a		(—)
<i>Lemna minor</i>	V	V	V			X
<i>L. trisulca</i>		a				(—)
<i>Myriophyllum spicatum</i>	X	X	X		X	X
<i>M. verticillatum</i>	X	X	a			—
<i>Nuphar lutea</i>	X	X	X		X	X
<i>Polygonum amphibium</i>	X					X
<i>P. hydropiper</i>	V					X
<i>Potamogeton alpinus</i>	X	X		X		—
<i>P. acutifolius</i>					X	(—)
<i>P. berchtoldii</i>	V	V	X	V		X
<i>P. crispus</i>	X	V	X	V	X	X
<i>P. lucens</i>	X	X		X		—
<i>P. natans</i>	V	V	V	V	X	X
<i>P. nodosus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>P. pectinatus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>P. perfoliatum</i>	X	X	X	X	X	X
<i>P. praelongum</i>	X	X		?		(—)
<i>Ranunculus aquatilis</i>	V					X
<i>R. circinatus</i>	X	X				—
<i>R. fluitans</i>	X	X	X		X	X
<i>R. peltatus</i>						X
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	X		X	X		X
<i>Sparganium emersum</i>	V	V	V	V	X	X
<i>S. erectum</i>	V	V	V	V		X
<i>Spirodela polyrhiza</i>	V	V	V			X
<i>Utricularia vulgaris</i>	a	a				(—)

Erläuterungen:

x: sichere Fundgrube

a: im Altwasser der Fulda angetroffen

v: in der Fulda verbreitet

?: Angaben aus älteren Floren, die in jüngster Zeit angezweifelt werden

(—): unsichere Verluste

—: sichere Verluste

Kräatzmühle (DANNENBERG 1875)“, ist im Gebiet aber noch in neuerer Zeit nachgewiesen: In LUDWIG: „Fliede-Altwasser“ (1965, SCHAEFER!).

Die Angabe von WIGAND für *P. praelongus*: „oberhalb Ziegel in der Fulda und der Erweiterung der Fliede“ scheint LUDWIG fraglich zu sein.

KRAUSE hat die Art im Jahre 1972 an einem einzelnen Standort bei Unterschwarz gefunden. Diese Angabe konnte bei der eigenen Untersuchung 1978 nicht bestätigt werden.

Als eindeutige Verluste können jedoch gewertet werden:

Myriophyllum verticillatum, *Potamogeton lucens* und *Ranunculus circinatus*. WIEGLEB (1976) zählt *P. lucens* und *R. circinatus* zu den ammoniumfliehenden Arten. *Myriophyllum verticillatum* und *Potamogeton alpinus* können als Indikatoren für den unbelasteten Gewässerzustand angesehen werden. Seine Befunde lassen die Vermutung zu, daß das Aussterben dieser Arten durch die anthropogene Gewässerverschmutzung bedingt ist.

6.2 Vergleich älterer Verbreitungsangaben mit heutigen Befunden

Die Verbreitung von Makrophytenarten, für die in o. g. Floren nähere Angaben enthalten sind, ist den Karten im Anhang zu entnehmen. Sie sind alphabetisch nach den Pflanzennamen geordnet. Neben den heutigen Fundorten sind dort die Angaben der Floren vor 1966 und die von KRAUSE (1979) dargestellt. Vernachlässigt wurden bei den heutigen Verbreitungsangaben kleinere Lücken, um ihren Genauigkeitsgrad den älteren Angaben anzupassen. Dabei ist auch zu beachten, daß die früheren Funde zum Teil zufälliger Natur waren oder sich auf den Umkreis der größeren Städte beschränkten. Aus dem Fehlen von Arten gerade bei den Auto- ren vor der Jahrhundertwende darf man also keine zu großen Schlüsse ziehen.

Die heutige Verbreitung einiger Arten ist dem Verbreitungsbild vor 1966 überraschend ähnlich. Sowohl bei Arten, die über den ganzen Flußlauf verteilt vorkommen, ist eine Übereinstimmung zu erkennen (*Nuphar lutea*, *Ranunculus fluitans*), als auch bei Arten, die nur bestimmte Flußabschnitte besiedeln (*Potamogeton perfoliatus*, *P. nodosus*).

Größere Unterschiede ergeben sich nur für *Ceratophyllum demersum* und *Elodea canadensis*. Sie sind für *E. canadensis* wohl darauf zurückzuführen, daß man früher eine allgemeine Verbreitung annahm. So könnte *E. canadensis* auch im Oberlauf vorgekommen sein. Das gleiche gilt möglicherweise auch für *C. demersum* im Mittellauf. Das heutige Fehlen dieser Art im Stadtgebiet von Kassel darf man aber wohl als Verlust ansehen.

Im Bereich von Kassel fehlen heute auch noch andere Arten, die dort früher ausdrücklich erwähnt wurden. Neben den vollständig ausgestorbenen Arten *Myriophyllum verticillatum* und *Ranunculus circinatus* sind das unter anderem *N. lutea*, *P. crispus* und *P. perfoliatus* (vgl. Kap. 5.2).

Unterhalb der Stadt Fulda hatte KRAUSE im Jahre 1972 eine Zone starker Verödung festgestellt. Dieser Flußabschnitt war 1978 durch Makrophyten wiederbesiedelt worden. Das Artengefüge der Vegetation unterschied sich nicht auffällig von dem vergleichbarer Abschnitte, die früher nicht verodet gewesen waren. Diese erfreuliche Tatsache ist sicher auf die Inbetriebnahme der Gruppenkläranlage des Abwasserverbandes Fulda im Oktober 1974 zurückzuführen, die eine erhebliche Verbesserung der Wasserqualität in diesem Bereich der Fulda mit sich brachte (vgl. GERSTENBERG 1971 und MEIJERING 1977!).

Abb. 2: Verbreitungskarte 1

Kartengrundlage: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Fulda

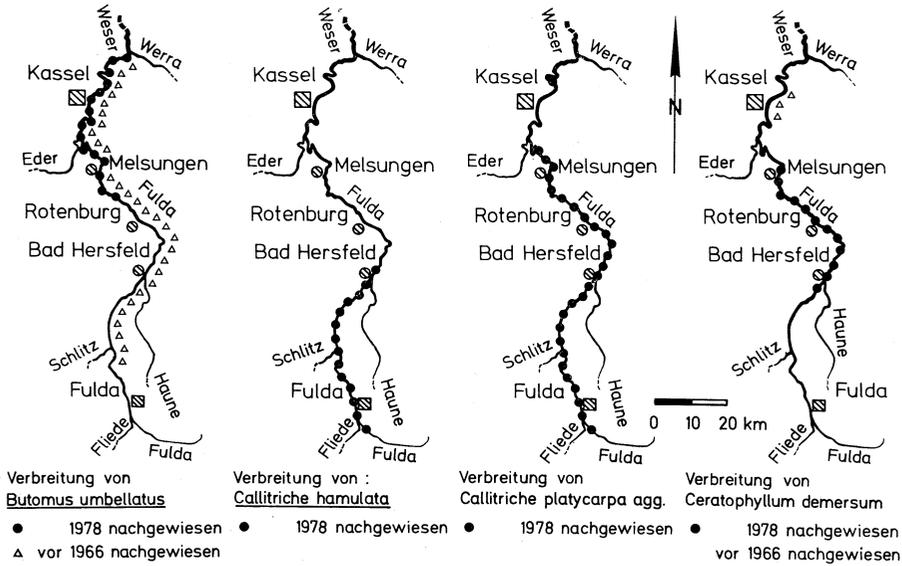


Abb. 3: Verbreitungskarte 2

Kartengrundlage: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Fulda

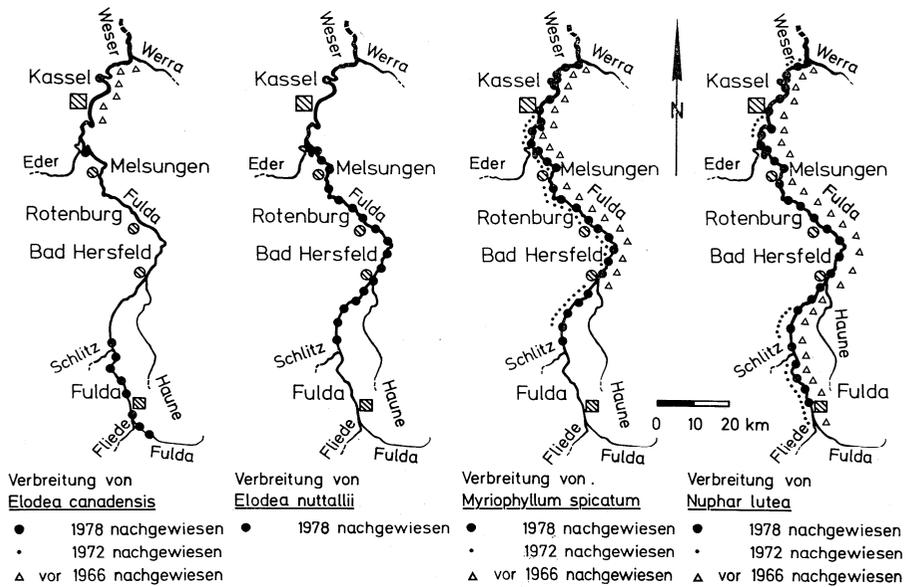


Abb. 4: Verbreitungskarte 3

Kartengrundlage: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Fulda

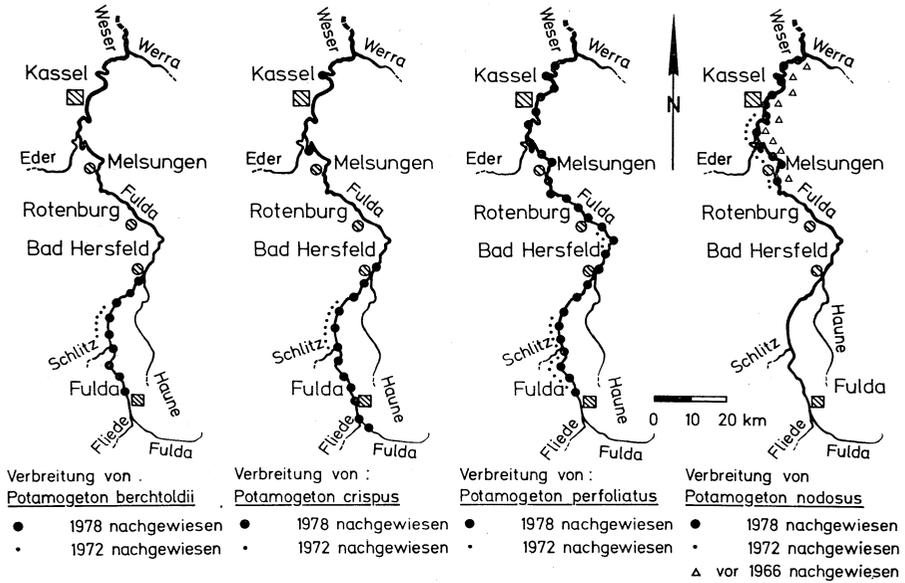
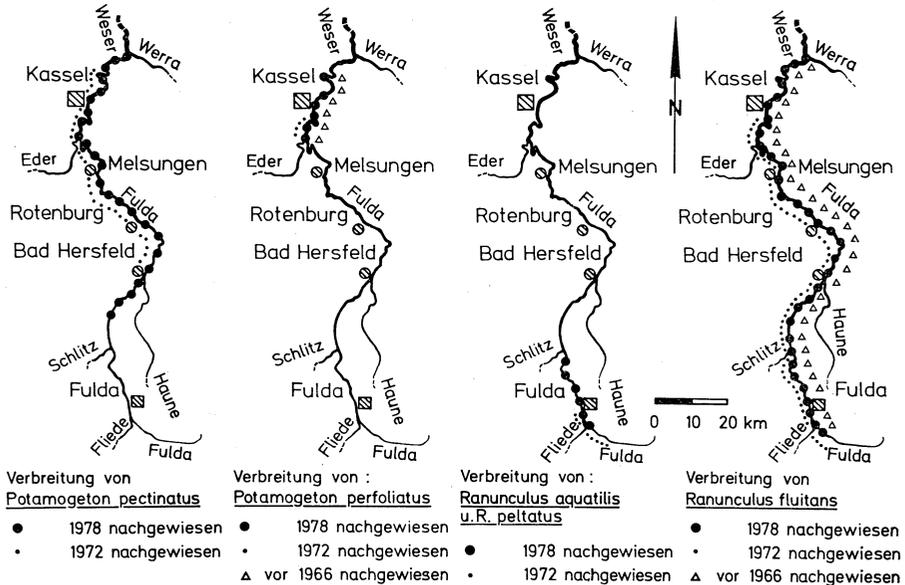


Abb. 5: Verbreitungskarte 4

Kartengrundlage: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Fulda



7. Forderungen für den Naturschutz

Die in Tab. 4 aufgeführten, aus der Fulda verschwundenen Arten sind z. T. auch in Hessen, bzw. der ganzen BRD ausgestorben oder gefährdet. Die „Rote Liste der bestandesgefährdeten Farn- und Blütenpflanzen Hessens“ (HILLESHEIM-KIMMEL et al. 1978) nennt als ausgestorben: *Potamogeton praelongus*, als gefährdet: *P. alpinus* und *Iris pseudacorus*. In Niedersachsen werden *Butomus umbellatus*, *Nuphar lutea*, *P. nodosus*, *Ranunculus fluitans* und *R. peltatus* als im Rückgang befindliche Arten eingestuft (HAEUPLER et al. 1976).

In der „Roten Liste BRD“ (SUKOPP 1974) werden von den noch in der Fulda vorkommenden Arten *P. perfoliatus* und *P. nodosus* als gefährdet angesehen.

Die Gründe für das Aussterben bzw. den Rückgang von Pflanzenarten sind allgemein in Biotopveränderungen zu sehen. Nach SUKOPP (1966) sind es gerade die Feuchtbiopte und damit auch die Gewässer, die am stärksten gefährdet sind und deren Artenbesatz damit am stärksten vom Rückgang betroffen ist. Belastet werden diese Biotope vor allem durch anthropogene Einflüsse, so „bietet uns daher der Verlust an Arten eine einfache Maßzahl für die Auswirkungen des menschlichen Einflusses“ (SUKOPP 1966, S. 127).

Nicht immer kann jedoch die geringe Artenzahl eines Biotops gleichgesetzt werden mit schädigendem menschlichen Einfluß bzw. mit der Naturferne eines Biotops (HAEUPLER et al. 1976). Das zeigt auch das Beispiel der Zone A im Oberlauf der Fulda. Wenn jedoch, wie in Zone E, innerhalb einer relativ natürlichen Abfolge der Vegetation eine offensichtliche Störung zu beobachten ist, so wird die schädigende Einwirkung des Menschen deutlich.

Stellt man Forderungen für den Naturschutz gefährdeter Biotope auf, so sollte man beachten, daß eine Verbesserung der Wasserqualität im Falle der Fließgewässer nicht nur Tieren und Pflanzen, sondern auch dem Menschen zugute kommt (Trinkwassergewinnung; Freizeitwert). Der Wert der Wasserpflanzen ist in diesem Zusammenhang nicht nur in ihrer Rolle als Bioindikatoren zu sehen (KÖHLER 1978 c), sondern sie helfen möglicherweise auch bei der Beseitigung von Schmutzstoffen, indem sie z. B. die Ansatzfläche für Mikroorganismen vergrößern (UHLEMANN 1975). Zwar ist umstritten, in welchen Größenordnungen Makrophyten dem Wasser Mineralstoffe entziehen; als sicher gilt jedoch, daß *Schoenoplectus lacustris* und andere Helophyten in großen Mengen organische Stoffe aufnehmen und verarbeiten können. Wegen der Gefährlichkeit mancher organischer Substanzen ist deren Eliminierung ein wesentlicher Beitrag zur Reinigung von Gewässern (KICKUTH 1969 und 1979).

Im krassen Gegensatz zu Forderungen nach Biotopschutz steht ein Bauvorhaben an der unteren Fulda, das auch die dort vorhandenen Wasserpflanzengesellschaften beeinträchtigen wird. In der Gegend von Kragenhof/Wahnhausen ist ein Stauwehr errichtet worden, das die bislang existierenden Nadelwehre zwischen Kassel und Wahnhausen ersetzt. Durch diese Nadelwehre wurde das Fuldawasser mit O₂ angereichert, was besonders bei den großen Abwasserbelastungen durch die Stadt Kassel wichtig ist. In einem Gutachten über die zu erwartende Gewässergüte der unteren Fulda nach der Umkanalisierung (1977) wurde errechnet, daß im entstehenden Stausee bei kritischen Wetterverhältnissen ein Algenmassensterben verbunden mit einem Fischsterben zu erwarten sei. Selbst bei einem Ausbau der bestehenden Kläranlagen wird sich die Wasserqualität durch die neue Stauhaltung erheblich verschlechtern. Gerade in diesem Gewässerabschnitt wurde der unterhalb von Kassel reichste Wasserpflanzenbesatz gefunden (Aufn. 147, 148), mit z. T. gefährdeten Arten wie *Potamogeton perfoliatus* und *P. nodosus*.

Da in der neuen Stauhaltung der Motorbootverkehr wegen der leichten Erreichbarkeit von Kassel aus erheblich sein wird, dürfte zusammen mit der schlechten Wasserqualität und anderen Baumaßnahmen das Schicksal dieser Pflanzen besiegelt sein.

Insbesondere *P. perfoliatus*, das auf relativ klares Wasser angewiesen ist, wird diesen Fundort verlieren, zumal hier inzwischen das Ufer mittels einer naturfeindlichen Stahlspundwand befestigt und das Flußbett ausgebaggert wurde. Eine Ausweitung der Verödungszone von Kassel ist mit Sicherheit zu erwarten, wenn nicht im Falle der Einstauung geeignete Gegenmaßnahmen getroffen werden. Als solche könnte eine Verbesserung der Wasserqualität gelten (Ausbau der Kasseler Kläranlage mit chemischer Endstufe), sowie die Einschränkung des Motorbootverkehrs, um weitere Belastungen gering zu halten.

Am sinnvollsten erscheint jedoch ein vollständiger Verzicht auf die Einstauung, da auf diese Weise – zusammen mit Maßnahmen zur Gewässerreinigung – annähernd naturnahe Bedingungen am ehesten wieder hergestellt werden können.

8. Zusammenfassung

Vornehmlich im Epipotamon der Fulda von Eichenzell bei Fulda bis Hann. Münden wurde eine vollständige Aufnahme der Makrophytenvegetation durchgeführt. Aufgrund der Dominanzverhältnisse und der Verteilung verschiedener Arten wurde eine Einteilung in sieben Flußzonen unternommen.

In Zone A im Oberlauf haben vor allem rithrale Florenelemente eine Bedeutung (*Ranunculus peltatus*, *Callitriche hamulata*). Sowohl rithrale Makrophyten (*Callitriche platycarpa* agg.) als auch potamale (*Sparganium emersum*, *Nuphar lutea*) sind in Zone B vertreten. Zone C₁ wird durch Vorherrschen von Arten der *Sparganium emersum*-Gruppe geprägt. In Zone C₂ werden die Arten der *Sparganium emersum*-Gruppe seltener; in der *Ranunculus fluitans*-Gruppe treten *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton pectinatus* häufiger auf. In Zone D hat die *Ranunculus fluitans*-Gruppe ihren Verbreitungsschwerpunkt. Zone E fällt durch große Artenarmut auf. In Zone F dominieren nur *Sparganium emersum* und *Potamogeton pectinatus*.

Stichprobenweise wurde untersucht, welche ökologischen Faktoren in diesen Zonen die Verteilung der Vegetation beeinflussen. Dabei ergab sich, daß in Zone A die Lichtverhältnisse und der rithrale Charakter des Flusses eine geringe Besiedlungsdichte hervorrufen. In den folgenden Zonen B, C₁, C₂ und D haben vor allem Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe einen Einfluß auf das Artengefüge der Pflanzengesellschaften. Starke anthropogene Belastungen läßt die Vegetation im Bereich der Großstadt Kassel erkennen.

Geringe Fließgeschwindigkeit in Verbindung mit der Ablagerung von Schwebstoffen beeinträchtigt das Pflanzenwachstum stellenweise in allen Zonen.

Ein Vergleich mit früheren Florenwerken zeigt, daß einige empfindliche Arten aus der Fulda verschwunden sind, während mehrere Arten eine ähnliche Verbreitung wie vor 90 Jahren haben.

Zwangsläufig ergibt sich die Forderung nach besonderem Schutz der weniger belasteten Zonen und nach geeigneten Maßnahmen, um die stärker belasteten Zonen vor der Verödung zu bewahren.

Sehr nachteilig wird sich vor allem die Stauhaltung bei Kragenhof/Wahnhausen auswirken.

9. Literaturverzeichnis

- AMBÜHL, H., 1962: Die Besonderheiten der Wasserströmung in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht. Schweiz. Z. Hydrol. **24**: 367—382.
- BERTHOLD, C., 1977: Standortverhältnisse und Makrophytenvegetation am Rasebach bei Göttingen. Staatsexamensarbeit Göttingen.
- BREHM, J., 1975: Hydrologische und chemische Übersichtsuntersuchungen an den Fließgewässern des Schlitzerlandes. III. Die Fulda. Beitr. Naturk. Osthessen **9—10**: 37—80.
- DERSCHE, G., 1965: Notizen über das Vorkommen von Callitriche-Arten in (Nord-) Hessen. Hess. florist. Briefe **164**: 35—44.
- 1974: Über einige Chromosomenzählungen an mitteleuropäischen Blütenpflanzen. Philippia **2**: 75—82.
- EHRENDORFER, F., 1973: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart.
- FACHGRUPPE WASSERCHEMIE DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER, 1960: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Weinheim.
- GERSTENBERG, G., 1971: Der Gewässerzustand der Quellflüsse der Weser. Weser **45**: 77—79.
- GLÜCK, H., 1936: Die Süßwasserflora Mitteleuropas. XV. Pteridophyten und Phanerogamen. Jena.
- GRIMME, A., 1958: Flora von Nordhessen. Abhandl. Ver. Naturk. Kassel **26**: 1—212.
- GRUBE, H. J., 1975: Die Makrophytenvegetation der Fließgewässer in Süd-Niedersachsen und ihre Beziehung zur Gewässerverschmutzung. Suppl. Arch. Hydrobiol. **45 (2)**: 376—456.
- HAEUPLER, H., 1974: Bericht vom Treffen der Regionalstellenleiter in Lathen/Ems am 28. bis 29. 9. 1974. Göttinger florist. Rundbr. **4**: 113—117.
- MONTAG, A. und WÖLDECKE, K., 1976: Verschollene und gefährdete Gefäßpflanzen in Niedersachsen. In: 30 Jahre Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen. Hannover: 48—71.
- HAUSFELD, R., 1978: Vegetationskundlich-ökologische Untersuchungen der Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften der Hunte und einzelner Seitengewässer zwischen Hunte (Wiehengebirge) und Tungen (Landkreis Oldenburg). Staatsexamensarbeit Vechta.
- HESSISCHE LANDESANSTALT UMWELT KASSEL, NIEDERSÄCHSISCHES WASSERUNTERSUCHUNGSAMT HILDESHEIM und BUNDESANSTALT FÜR VEGETATIONSKUNDE KOBLENZ (Herausg.), 1977: Gutachten über die zu erwartende Gewässergüte der unteren Fulda nach der Umkanalisierung. Kassel.
- HESSISCHER MINISTER FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Herausg.), 1964: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Fulda. Wiesbaden.
- HILBIG, W., 1971: Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR. Hercynia, N. F. **8**: 4—33.
- HILLESHEIM-KIMMEL, U., KARAFIAT, H., LEWEJOHANN, K. und LOBIN, W., 1978: Die Naturschutzgebiete in Hessen. Schriftenr. Inst. Natursch. **XI, 3**: 1—395.
- HÖLL, K., 1970: Wasser — Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Biologie. Berlin.
- ILLIES, J., 1950: Zur biozönotischen Gliederung der Fulda. Jahresber. limnol. Flußstat. Freudenthal **2**: 29—34.
- 1961: Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. Int. Rev. Hydrobiol. **46**: 205—213.
- IVERSEN, J., 1929: Studien über die pH-Verhältnisse dänischer Gewässer und ihren Einfluß auf die Hydrophytenvegetation. Bot. Tidskr. **40**: 277—331.

- IVERSEN, J. und OLSEN, S., 1943: Die Verbreitung der Wasserpflanzen in Relation zur Chemie des Wassers. *Bot. Tidskr.* **46**: 136—145.
- KICKUTH, R., 1969: Höhere Wasserpflanzen und Gewässerreinigung. *Schriftenr. Verein deutsch. Gewässersch.* **19**: 1—14.
- 1975: Sind höhere Pflanzen bei der Gewässerreinigung wirksam? *For. Umw. Hyg.* **6**: 165—167.
- KNAPP, R. und STOFFERS, A. L., 1962: Über die Vegetation von Gewässern und Ufern im mittleren Hessen und Untersuchungen über den Einfluß von Pflanzen auf O₂-Gehalt, H-Ionen Konzentrationen und die Lebensmöglichkeiten anderer Gewächse. *Ber. oberhess. Ges. Nat.- u. Heilk., naturwiss. Abt.* **32**: 90—141.
- KOCH, W., 1926: Die Vegetationseinheiten der Linthebene. *Jahrb. St. Gall. naturwiss. Ges.* **1926 (2)**: 1—144.
- KOHL, F. G., 1896: Exkursionsflora von Mitteldeutschland, mit besonderer Angabe der Standorte in Hessen-Nassau, Oberhessen und den angrenzenden Gebieten sowie der Umgebung Marburgs. Leipzig.
- KOHLER, A., 1976: Makrophytische Wasserpflanzen als Bioindikatoren für Belastungen von Fließgewässer-Ökosystemen. *Verh. Ges. Ökol. Wien* 1975: 255—276.
- 1978a: Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landsch. Stadt* **2**: 75—85.
- 1978b: Wasserpflanzen als Bioindikatoren. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspf. Baden-Württemberg* **11**: 259—281.
- BRINKMEIER, R. und VOLLRATH, H., 1974: Verbreitung und Indikatorwert der submersen Makrophyten in den Fließgewässern der Friedberger Au. *Ber. bayer. bot. Ges.* **45**: 5—36.
- VOLLRATH, H. und BEISL, E., 1971: Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie der Gefäßmakrophyten im Fließwassersystem Moosach (Münchener Ebene). *Arch. Hydrobiol.* **69**: 333—365.
- und ZELTNER, G. H., 1974: Verbreitung und Ökologie von Makrophyten in Weichwasserflüssen des Oberpfälzer Waldes. *Hoppea* **33**: 171—232.
- KRAUSE, A., 1979: Zur Kenntnis des Wasserpflanzenbesatzes der westdeutschen Mittelgebirgsflüsse Fulda, Ahr, Sieg und Saar. *Decheniana* **131**: 15—18.
- KRAUSE, W., 1971: Die makrophytische Wasservegetation der südlichen Oberrheinebene. Die Äschenregion. *Suppl. Arch. Hydrobiol.* **37**: 387—465.
- LUDWIG, W., 1966: Neues Fundortsverzeichnis zur Flora von Hessen. *Jahrb. Nassau. Ver. Naturk.* **98**: 63—95.
- 1967: Über *Ceratophyllum-submersum*-Funde, besonders in Nordhessen. *Hess. florist. Briefe* **183**: 9—11.
- MARISTO, L., 1941: Die Seetypen Finnlands auf floristischer und vegetationsphysiognomischer Grundlage. *Ann. bot. Soc. zool. bot. fenn. Vanamo* **15**: 1—314.
- MEIJERING, M. P. D., 1977: Neues Leben in der Fulda? *Umsch. Wiss. Techn.* **77 (14)**: 475—477.
- MÜLLER, K., 1950: Fische und Fischregionen der Fulda. *Jahresber. limnol. Flußstat. Freudenthal* **2**: 18—23.
- PIETSCH, W., 1972: Ausgewählte Beispiele für Indikatoreigenschaften höherer Wasserpflanzen. *Arch. Natursch. Landschaftsforsch.* **12**: 121—151.
- ROLL, H., 1938: Neue Pflanzengesellschaften aus ostholsteinischen Fließgewässern. *Beih. bot. Centralbl., Abt. B*, **28**: 466—475.

- SCHMITZ, W., 1949: Der Wasserchemismus der Fulda unter besonderer Berücksichtigung der geologischen Einflüsse. Jahresber. limnol. Flußstat. Freudenthal **1**: 28—35.
- SUKOPP, H., 1966: Verluste der Berliner Flora während der letzten hundert Jahre. Sitzungsber. Ges. naturforsch. Freunde Berlin, N. F. **6**: 126—136.
- 1974: „Rote Liste“ der in der BRD gefährdeten Arten von Farn- und Blütenpflanzen. Nat. Landsch. **49**: 315—323.
- STAVE, U., 1953: Botanischer Beitrag zur limnologischen Gliederung der oberen Fulda. Freudenthaler Ber. **5**: 27—41.
- SUOMINEN, J., 1968: Changes in the aquatic macroflora of the polluted lake Rautavesi, SW-Finnland. Ann. bot. fenn. **5**: 65—81.
- UHLMANN, D., 1975: Hydrobiologie. Ein Grundriß für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Jena.
- WEBER, H. E., 1976: Beitrag zur Unterscheidung von *Butomus umbellatus* L., *Sparganium emersum* Rehm. und *Sparganium erectum* L. im blütenlosen Zustand. Göttinger florist. Rundbr. **2**: 21—40.
- 1976: Die Vegetation der Hase von der Quelle bis Quakenbrück. Osnabrücker naturwiss. Mitt. **4**: 131—190.
- WEBER-OLDECOP, D. W., 1969: Wasserpflanzengesellschaften im östlichen Niedersachsen. Dissertation Hannover.
- 1974: *Elodea nuttallii* (PLANCH.) ST. JOHN im Maschsee in Hannover. Göttinger florist. Rundbr. **2**: 41—68.
- 1977: Fließgewässertypologie in Niedersachsen auf floristisch-soziologischer Grundlage. Göttinger florist. Rundbr. **4**: 73—80.
- WESTLAKE, D. F., 1973: Aquatic macrophytes in rivers. Pol. Arch. Hydrobiol. **20**: 31—40.
- WIEGLEB, G., 1976: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Chemismus und Makrophytenvegetation stehender Gewässer in Niedersachsen. Dissertation Göttingen.
- 1977: Die Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften der Teiche in den Naturschutzgebieten „Priorteich Sachsenstein“ und „Itelteich“ bei Walkenried im Harz. Mitt. florist.-soziol. Arbeitsgem., N. F. **19—20**: 157—209.
- 1978: Vorläufige Übersicht über die Wasserpflanzengesellschaften der Klasse *Potamogetonetea* im südlichen und östlichen Niedersachsen. Ber. naturhist. Ges. Hannover **121**: 35—50.
- WIGAND, A., 1891: Flora von Hessen und Nassau. II. Schrift. Gesellsch. Beförd. gesamt. Naturwiss. Marburg **12**: 1—565.

10. Anhang

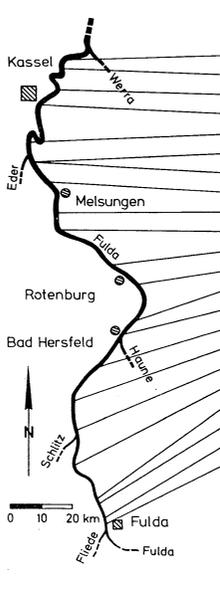
10.1 Chemischer Gütelängsschnitt der Fulda

Erläuterungen zur Tab. 5

Da die Untersuchung wegen der Länge der berücksichtigten Flußstrecke nur an zwei Tagen durchgeführt werden konnte, wurden am Wehr in Guxhagen sowohl am 15. 6. als auch am 20. 6. Proben entnommen. (Aufn. Nr. 130 und 131). Damit war gewährleistet, daß Unterschiede im Wasserchemismus erkannt werden konnten. Obwohl zwischen beiden Terminen keine extremen Witterungsbedingungen geherrscht hatten, die für eine Änderung im Wasserchemismus hätten verantwortlich sein können (starke Regenfälle o. ä.), wichen die Werte einiger Parameter an beiden Meßtagen voneinander ab. Ohne Vergleichswerte aus anderen Messungen könnten diese Unterschiede aber nicht erklärt werden. Bei der Betrachtung der Tab. 5

ist hierauf zu achten. Ebenfalls Schwierigkeiten bereitete die Einordnung der erstaunlich hohen Werte für die „Verschmutzungsindikatoren“ (HÖLL 1970) unterhalb von Hemmen (Aufn. Nr. 37), da in dieser Gegend keine größeren Einleitungen festgestellt werden konnten. Die NH_4^+ -Analysen der Aufn. Nr. 70 bis 97 sind leider vergessen worden.

Tab. 5: Chemischer Gütelängsschnitt der Fulda



Nr. der Aufn.	pH	Cl^- mg/l	NH_4^+ mg/l	NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	O_2 N. mg/l	O_2 S. mg/l	O_2 F. %	O_2 Z. %	BSB_5 mg/l	KMnO_4 V mg/l	G.härte *dH	Zustandsklassen
152	78	53	1.3	21	2.6	9.4	10.7		25	7.4	22	9.6	III
149	77	51	1.0	20	2.8	9.3	10.2		33	5.8	20	9.4	II-III
144	77	48	1.0	20	2.4	9.2	9.8	-	26	4.2	16	8.5	II
142	78	43	0.2	19	1.6	9.4	9.6	-	17	3.4	15	8.5	II
138	80	46	0.2	20	1.5	9.5	10.4	-	13	3.2	15	8.9	II
131	78	44	0.3	23	2.3	9.5	9.2	3	10	3.7	18	12.4	II
130	80	82	0.4	21	1.7	9.6	10.8	-	6	2.1	18	12.3	II
122	77	83	0.3	23	1.4	9.6	10.1	-	15	3.0	19	12.3	II
111	78	80	0.5	23	1.6	9.5	9.1	4	11	1.8	18	12.4	II
109	77	82	0.2	23	2.2	9.4	9.1	3	12	1.9	20	12.4	I-II
97	76	81	-	22	2.5	9.4	8.7	7	13	2.6	17	11.0	II
95	77	81	-	23	2.5	9.4	8.9	5	3	2.1	17	11.0	II
84	76	79	-	24	2.6	9.4	9.0	4	6	1.4	17	11.0	I-II
80	75	39	-	22	2.3	9.6	8.6	10	5	1.5	16	9.1	I-II
70	73	48	-	22	3.2	9.6	7.4	23	18	3.0	17	7.9	II
58	72	53	1.0	20	3.3	9.6	5.7	41	9	3.5	18	8.0	II
51	73	53	0.9	16	3.4	9.6	7.7	18	5	3.3	17	8.0	II
37	72	65	5.7	15	6.1	9.8	4.5	54	73	4.5	28	8.6	II-III
23	73	56	2.7	16	3.8	9.6	7.5	22	24	3.9	24	8.0	II
19	72	52	0.6	17	1.4	9.8	7.5	23	16	2.9	18	7.9	II
8	73	45	0.6	17	1.5	10.6	9.6	9	20	3.4	17	6.7	II
7	71	60	0.7	17	1.8	10.6	8.5	20	24	3.4	15	7.3	II

Abkürzungen

O_2 N. = O_2 - Normalgehalt O_2 Z. = O_2 - Zehrung
 O_2 S. = O_2 - Sofortgehalt KMnO_4 V = KMnO_4 - Verbrauch
 O_2 F. = O_2 - Fehlbetrag G härte = Gesamthärte

Bei der Auswertung der chemischen Daten ließen sich folgende Tendenzen aufzeigen: Die Gesamthärtegrade liegen im mittleren Bereich. Der geringste Wert war oberhalb der Stadt Fulda gemessen worden: 6.7° dH. Bis zur Edermündung ist dann ein allmählicher Anstieg auf 12.4° dH zu verzeichnen, unter anderem durch das härtere Wasser der Haune bedingt. Das Wasser der Eder setzt die Gesamthärte deutlich herab (8.9° dH), bis zur Mündung steigt sie dann wieder etwas an (9.6° dH). Diese Befunde decken sich in etwa mit älteren Angaben (SCHMITZ 1949). Die pH-Werte liegen ebenfalls im mittleren Bereich 7.1 und 8.0, insgesamt ist ein leichter Anstieg bis zum Unterlauf hin zu verzeichnen.

Die Differenzen der NO_3^- -Werte sind so gering, daß sich keine Tendenzen erkennen lassen. Bis auf die Meßlücke zeigen NH_4^+ - und PO_4^{3-} -Werte eine gewisse Übereinstimmung. Geringe Werte oberhalb der Stadt Fulda (min.: NH_4^+ : 0.6 mg/l; PO_4^{3-} : 1.4 mg/l), unterhalb der Stadt ein leichter Anstieg, dem mit gewissen Schwankungen ein Abfall bis zur Stadt Kassel folgt. Unterhalb von Kassel sind die Werte dann wieder erhöht (max.: NH_4^+ : 1.4 mg/l; PO_4^{3-} : 2.8 mg/l). Der O_2 -Gehalt liegt im allgemeinen nahe der Sättigungsgrenze, ein größeres O_2 -Defizit weisen nur einige Meßpunkte unterhalb der Stadt Fulda auf. Die O_2 -Übersättigung im Unterlauf ist wohl auf die O_2 -Produktion von Algen zurückzuführen.

Ein Maß für die Belastung eines Flusses mit organischen Stoffen geben die O_2 -Zehrung, BSB_5 und der $KMnO_4$ -Verbrauch. Die Werte dieser Parameter stimmen im großen und ganzen mit den Daten der „Verschmutzungsindikatoren“ überein: Mittlere bis hohe Werte zwischen Bad Hersfeld und Kassel, und ein starker Anstieg unterhalb von Kassel (BSB_5 max: 7.4 mg/l). Eine ebenfalls grobe Zusammenfassung dieser Befunde geben die Güteklassen, die zwischen I–II und II im Mittellauf und zwischen II und III im Unterlauf schwanken.

Insgesamt muß von der wasserchemischen Seite der Fluß als mäßig bis stark verschmutzt angesehen werden.

10.2 Begrenzung der Fließgewässerabschnitte

Tab. 6: Die untersuchten Fuldaabschnitte

Anmerkung: Die Ortsangaben entsprechen jeweils dem Beginn der Aufnahme und haben die topographischen Karten im Maßstab 1 : 25000 zur Grundlage. Die Nummern der Quadranten bedeuten: Bei nach Norden ausgerichteter Karte ist Quadrant 1 oben links, Quadrant 2 oben rechts, Quadrant 3 unten links und Quadrant 4 unten rechts.

Nr. der Aufnahme	Karten-Nr. und Quadranten	Ortsangaben
1	5524/1	Mühle in Eichenzell
2	5524/1; 5424/3	Altes Wehr nach Eichenzell, Knick nach NO
3	5424/3	Neuer Autobahnzubringer nach Löschenrod
4	„	B 27 Brücke bei Löschenrod
5	„	Mündung der Fliede
6	„	Wehr bei Ziegel
7	„	Brücke bei Bronzell
8	„	Mutterlauf ab Wehr bei Kohlhaus bis ca. 50 m vor der zweiten Straßenbrücke an der Fabrik Betriebsgraben I in Fulda (inzwischen zugeschüttet) Einteilung stromauf:
9	„	Mühle in Fulda
10	„	Speicherhaus 50 m unterhalb B 254 Brücke
11	„	„Alte Mühle“
12	„	B 254 Brücke/Ecke Frankfurter Straße
13	„	Kräz bachmühle bis Fabrik
14	5424/3	Rückkehr des Betriebsgrabens I in den Mutterlauf, alte Steinbrücke
15	5424/3; 5423/2	Mutterlauf ab Wehr nach B 254 Brücke
16	5423/2	Rückkehr des Betriebsgrabens II
17	„	Mutterlauf ab Wehr bei Horas
18	„	Straßenbrücke bei Horas
19	„	Scharfer Knick nach S bei Gläserzell
20	„	Betriebsgraben zwischen Wehr und Mühle Gläserzell
21	„	Mutterlauf ab Wehr Gläserzell bis Rückkehr des Betriebsgrabens
22	„	Mühle bei Gläserzell

Nr. der Aufnahme	Karten-Nr. und Quadranten	Ortsangaben
23	5423/2; 5323/4	Knick nach NNO, 500 m unterhalb Mühle Gläserzell bis Wehr in Kämmerzell
24	5323/4	Stillwasser zwischen Wehr I und Wehr II in Kämmerzell
25	5423/2	Wehr II in Kämmerzell
26	"	Pegel bei Kämmerzell
27	5423/2; 5323/4	Knick nach W Richtung Schieb-Berg
28	5323/4	Stromschnelle in der Mitte der langen Geraden ca. 500 m vor der Furt nach Kämmerzell
29	"	Schleife nach NW unterhalb Rochus-Kapelle
30	"	Betriebsgraben ab Wehr Lüdermünd
31	"	Betriebsgraben ab Mühle Lüdermünd
32	5323/4	Mündung der Lüder
33	"	200 m nach Lüdermündung, Beginn der Staustrecke bis Wehr Hemmen
34	"	Mutterlauf ab Wehr Hemmen
35	"	Stillwasser 50 m unterhalb des Wehres bis Rückkehr des Betriebsgrabens
36	"	Betriebsgraben ab Mühle Hemmen
37	"	ca. 50 m unterhalb Straßenbrücke bei Hemmen
38	"	Beginn der Stillwasserstrecke ca. 500 m nach Knick nach W am Roteberg
39	"	Beginn des Waldes an der Straße hinter Hartershäusen
40	"	Brücke bei Hartershäusen
41	"	Knick nach NW hinter Hartershäusen am Steinbruch
42	5323/3	nach Ortseingang Ullershausen, Hochspannungsleitung
43	5323/3/4	Klärwerksausfluß hinter Ullershausen
44	5323/2/4	Knick nach NO bei Campinganlage bis Mühle Pfordt
45	5323/2	Mutterlauf ab Wehr Pfordt bis Brücke
46	"	Betriebsgraben ab Mühle bis 50 m unterhalb Brücke
47	"	ca. 50 m unterhalb Brücke Pfordt
48	"	Betriebsgraben ab Wehr bei Frauombach
49	"	Betriebsgraben ab Mühle bei Frauombach
50	"	Holzbrücke bei Frauombach
51	5323/2	Mündung der Schlitz
52	"	Wendung nach N 500 m nach Brücke bei Hutzdorf
53	5323/2; 5223/4	Brücke bei Sandlofs
54	5223/4	ca. 200 m nach Brücke bei Queck, Wendung nach NW
55	"	Mutterlauf ab Wehr Rimbach bis Rückkehr des Betriebsgrabens
56	"	Betriebsgraben ab Mühle Rimbach und Hauptlauf
57	"	Knick nach SW vor Unterschwarz
58	5223/1/3/4	Brücke bei Unterschwarz
59	5223/2	Knick nach N vor Richthof
60	5223/1/2	Ende des Waldes, Mündung des Richtgrabens

Nr. der Aufnahme	Karten-Nr. und Quadranten	Ortsangaben
61	5223/2	Mündung der Jossa
62	"	Autobahnbrücke bei Solms
63	"	Wendung nach N bei Engelbach
64	"	Wendung nach NW 500 m hinter Engelbach
65	5223/2; 5123/4	Brücke in Mengshausen
66	5123/4	Wendung nach NO bei Niederaula, gefäßte Bacheinmündung rechts
67	"	Wendung nach NO an der Eisenbahnbrücke hinter Niederaula
68	"	Wendung nach SO an der Eisenbahnbrücke hinter Niederaula
69	"	Wendung nach NO zur geraden Flußstrecke vor Kerspenhausen
70	"	50 m vor Brücke in Kerspenhausen
71	5123/4; 5124/3	Sportplatz Kerspenhausen
72	5124/3	Roßbach
73	5124/3	Brücke bei Kohlhausen
74	"	Wendung nach N hinter Kohlhausen bis Wehr Eichmühle
75	5124/1/3	Eichmühle
76	5124/1	Autobahnbrücke bei Bad Hersfeld
77	"	Neue B 62 Brücke
78	"	Alte Haunemündung ca. 100 m vor Wehr Bad Hersfeld
79	"	Wehr Bad Hersfeld
80	"	Mündung der Haune
81	"	Wendung nach NO hinter Bad Hersfeld, Hochspannungsleitung
82	"	Eisenbahnbrücke
83	"	Wendung nach NO an der Eisenbahnstrecke
84	5124/1; 5024/3	Brücke bei Friedlos
85	5124/2; 5024/4	Wendung nach NO am Spießberg hinter Friedlos
86	5024/4	Bachmündung zwischen Spießberg und Hühnerberg
87	"	Ludwigsau
88	"	Wehr bei Mecklar mit Wehrkrone
89	"	Berührung mit Bahnstrecke vor Mecklar
90	"	Brücke in Mecklar
91	"	Berührung mit Bahnstrecke hinter Mecklar
92	"	Straßenbrücke bei Blankenheim
93	5024/3/4	Hochspannungsleitung hinter Blankenheim
94	5024/3	Alte Brücke bei Breitenbach
95	5024/3	Förderanlage der Kiesgrube hinter Bebra, Kreisgrenze
96	5024/1	Lispenhausen, rechts Bachmündung bis Wehr in Rotenburg
97	5024/1; 4924/3	Neue Straßenbrücke in Rotenburg
98	4924/3	Brücke bei Braach
99	4924/3; 4923/4	Brücke bei Baumbach
100	4923/4	Brücke bei Niederellenbach
101	4923/2/4	Wendung nach NW hinter Niederellenbach
102	4923/2	Wasserhaus hinter Konnefeld
103	4923/1/2	Wehr bei Neumorschen

Nr. der Aufnahme	Karten-Nr. und Quadranten	Ortsangaben
104	4923/1	Tennisplatz bei Neumorschen
105	"	Wendung nach W vor Binsförth
106	"	Brücke bei Binsförth
107	"	Vermessungspunkt 34, Kreisgrenze hinter Binsförth
108	"	Schleife nach N, Bacheinmündung rechts
109	"	Straßenbrücke bei Beiseförth
110	"	Holzbrücke bei Wildbergsquelle
111	4923/1; 4823/3	Straßenbrücke bei Malsfeld
112	4823/3	Eisenbahnbrücke bei Malsfeld
113	"	Mündung der PfiEFFe
114	"	Eisenbahnbrücke bei Obermelsungen
115	"	B 83 Brücke bis Wehr in Melsungen
116	"	Bartenwetterbrücke in Melsungen
117	4823/3	50 m hinter Fußgängerbrücke in Melsungen
118	"	Ausfluß des Klärwerks in Melsungen
119	"	Altwasser links bei Schwarzenberg
120	4823/1/3	Ortsende von Schwarzenberg, Bacheinmündung rechts
121	4823/1	Flußkilometerstein 46
122	"	Brücke bei Röhrenfurth
123	"	Waldende am linken Ufer hinter Röhrenfurth
124	"	Mündung des Mühlmischbaches
125	"	ca. 500 m hinter Mündung des Mühlmischbaches
126	4823/1; 4822/2	Mündung des Freitagsbaches
127	4823/2	ca. 100 m hinter Ortsende von Wagenfurth
128	"	Pegel bei Grebenau
129	"	Brücke in Büchenwerra
130	4822/2; 4722/4	Beginn des Staubereiches in Guxhagen
131	4722/4	Wehr in Guxhagen
132	"	Brücke in Guxhagen
133	"	ca. 500 m hinter Brücke bei Guxhagen
134	"	Mündung der Eder
135	"	Eisenbahnbrücke bei Guntershausen
136	"	Straßenbrücke bei Guntershausen
137	4722/2/4	Wendung nach NO hinter Guntershausen
138	4722/4	Brücke in Dittershausen
139	4722/2/4	Brücke in Dennhausen
140	4722/2; 4723/4	Dritte Hochspannungsleitung nach Dennhausen
141	4722/2	Autobahnbrücke bei Bergshausen
142	4722/2; 4623/3	Wehr Neue Mühle bis Drahtbrücke in Kassel
143	4623/3	Walzenwehr in Kassel
144	"	Mündung der Nieste
145	"	Wehr bei Wolfsanger
146	4623/1/3	Wendung nach N hinter Sandershausen

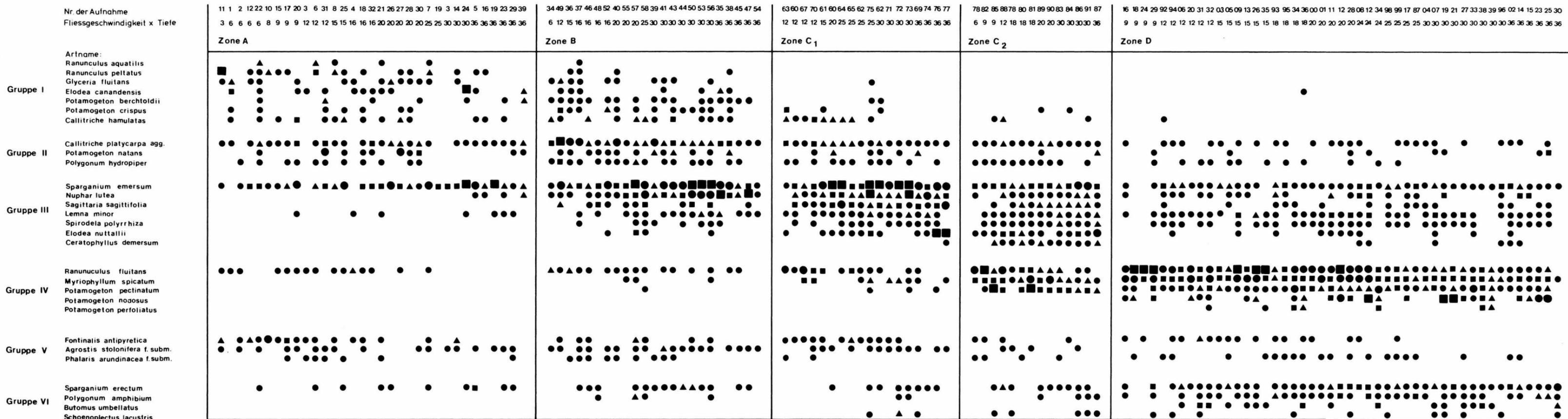
Nr. der Aufnahme	Karten-Nr. und Quadranten	Ortsangaben
147	4623/1	Wehr bei Spiekershausen
148	„	Wehr bei Kragenhof
149	„	Ortsende von Wahnhausen
150	4623/1; 4523/3	Wehr bei Speele
151	4523/3; 4623/2	Wehr bei Wilhelmshausen
152	4523/4	Mündung des Ratt-Baches
153	„	Wehr bei Bonaforth
154	„	Wehr in Hann. Münden linker Fuldaarm bis Weserstein

Manuskript bei der Schriftleitung eingegangen am 2. Juni 1980.

Anschrift des Verfassers:

Martin Worbes
Systematisch-Geobotanisches Institut
Untere Karspüle 2
D-3400 Göttingen

Tab. 3: Beziehung zwischen Artenverteilung und dem Produkt aus Fließgeschwindigkeit und Tiefe des Flusses



Mengenangabe: ● $\hat{=}$ sehr selten $\hat{=}$ 1; ▲ $\hat{=}$ selten $\hat{=}$ 2; ■ $\hat{=}$ verbreitet $\hat{=}$ 3; ● $\hat{=}$ häufig $\hat{=}$ 4; ■ $\hat{=}$ sehr häufig bis massenhaft $\hat{=}$ 5; Die Einteilung der Zonen entspricht der in Tab. 3. Weitere Erläuterungen im Text.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Philippia. Abhandlungen und Berichte aus dem Naturkundemuseum im Ottoneum zu Kassel](#)

Jahr/Year: 1982-1987

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Worbes Martin

Artikel/Article: [Vegetation und Lebensbedingungen in der Fulda 206-235](#)