

# Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Kiel 1977 (1978):

## Korrelationsmodell eines natürlichen Fließgewässers aus der Sicht des Naturschutzes

Friedhelm Küster

To state a system of running water types one needs a correlation model. Knowledge about lawful connections between parameters which determine a running water is transposed in a figure.

The correlation model comprises the whole area which is influenced by the water i.e. also the wetlands which are regularly flooded. There are discussed only a few of the important parameters.

### 1. Einleitung

Von der Quelle bis zur Mündung wechselt ein Fließgewässer je nach Länge meist öfter seinen Charakter. Es verändern sich die Gefälleverhältnisse - verbunden damit die Strömungsgeschwindigkeiten - die Wasserführung, die Morphologie, das Klima - und damit verbunden eine Veränderung der Vegetation und der Fauna - die Gesteinsbeschaffenheit u.a.m. Jedes Fließgewässer kann als ein niemals wiederkehrender individueller Typus bezeichnet werden. Neben der natürlichen ist noch die anthropogene Veränderung durch Siedlung, Gewerbe und Industrie zu nennen, die nicht als Parameter eingehen soll (sie ist eher dem Faktor Belastung zuzuordnen). Neben dem geographischen Faktor soll dann in einer Typisierung, die jedoch nicht Gegenstand dieser Betrachtung ist, auch die landschaftliche Differenziertheit Berücksichtigung finden, die sich u.a. im Vorkommen bestimmter Pflanzen und Tiere ausdrückt. Trotz der Vielfalt der anstehenden Faktoren soll später versucht werden, aufgrund bestimmter Erscheinungsformen (typologischer Kriterien) und mit Hilfe dieses Korrelationsmodells, verschiedene Fließgewässer zu einem bestimmten Typ zusammenzufassen.

### 2. Methodik

Um aus dem schwer zu überblickenden Netzwerk von eigenständigen, sich gegenseitig beeinflussenden und zumeist eng zusammenhängenden Ursachen, Wirkungen und Wirkungsmechanismen gewisse Abhängigkeiten erkennen zu können, werden die in humiden Regionen an Fließgewässern zu beobachtenden physiographischen Gesetzmäßigkeiten in eine Matrix übertragen (Tab. 1). Für eine Verflechtungsmatrix und ein Korrelationsmodell werden folgende Parameter berücksichtigt:

- |                                    |                              |                    |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------|
| - Morphologische Parameter         | - Gefälle                    | - Profilform       |
|                                    | - Strömung                   | - Profilgröße      |
|                                    | - Wasserführung              | - Abtrag           |
|                                    | - Querprofil                 | - Umlagerung       |
|                                    | - Längsprofil                | - Anlandung        |
|                                    |                              | - Grundriß         |
| - Physikalisch-chemische Parameter | - Jahrestemperatur-Amplitude |                    |
|                                    | - Sauerstoffgehalt           |                    |
|                                    | - Primäreutrophierung        |                    |
| - Vegetationsparameter             | - Zonation                   | - Wasservegetation |
|                                    |                              | - Ufervegetation   |
|                                    |                              | - Auenvegetation   |
| - Tierweltparameter                | - Fische (Nekton)            |                    |
|                                    | - Vögel (Avifauna)           |                    |

Die Matrix erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Außer den genannten Parametern gibt es noch andere, die entweder aufgrund fehlenden Datenmaterials unberücksichtigt bleiben müssen und deshalb nicht in die Matrix aufgenommen werden können, oder solche, die eine Typisierung zu fein gliedern würden. In die aufgegliederte Matrix werden Symbole dann eingesetzt, wenn eine Verflechtung vorhanden ist (●) und wenn eine Verflechtung möglich ist (○); sie sagen jedoch nichts über die Art und Intensität der Verflechtung aus.

Überträgt man die aus der Verflechtungsmatrix gewonnenen Erkenntnisse auf ein Koordinatensystem, so erhält man ein Bild von mehreren gegenläufigen, voneinander abhängigen, sich kontinuierlich ändernden und sich entwickelnden Kurven der einzelnen Faktoren (Parameter). In der Summe der ökologischen Faktoren verbergen sich weitaus mehr Faktoren als die in diesem Modell angegebenen. Für die praktische Arbeit im Gelände jedoch seien nur diese genannt, die ohne kostspielige Instrumente, also meist visuell angesprochen bzw. dem vorhandenen Datenmaterial entnommen werden können.



### 3. Diskussion

#### 3.1 Gefälle

Zur topographisch-morphologischen Einteilung ist der Faktor Gefälle von Bedeutung. Allgemein ist unter idealen Bedingungen stetes Gefälle von der Quelle bis zur Mündung zu beobachten (Abb. 1). Das Längsprofil eines Fließgewässers korreliert mit der Reliefenergie des Einzugsgebietes. Die hohe Reliefenergie des hochmontanen oder montanen Bereiches bedingt einen rascheren Abfluß des Wassers als im collinen oder planaren Bereich. Weil das Wasser rascher dort abfließt, steht im montanen und hochmontanen Bereich relativ weniger zur Verdunstung zur Verfügung als bei gleichen Niederschlagshöhen im planaren Bereich. Bei gleichen Niederschlagshöhen und zunehmender Reliefenergie werden somit auch die Hochwässer extremer, da bei zunehmender Neigung der Hänge sich die Speichermöglichkeit des Bodens verringert. Die Niedrigwasserführung ist im montanen Bereich dann auch entsprechend kleiner als im grundwasserreichen planaren Bereich (KELLER 1961, MORISAWA 1968, WILHELMY 1974, 1975a, 1975b, u.a.).

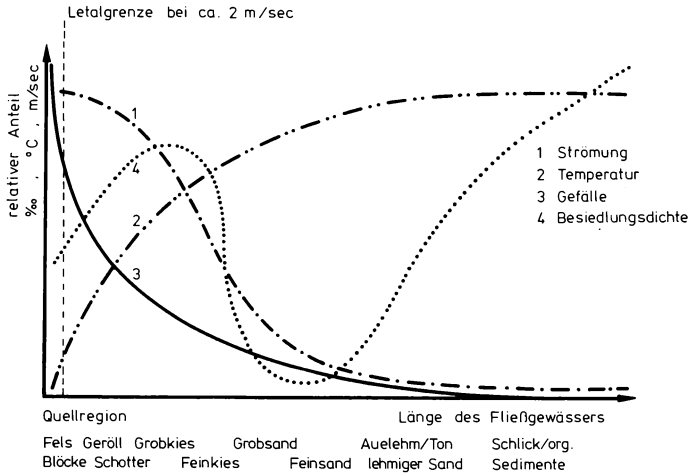


Abb. 1: Verflechtung zwischen Strömung, Temperatur, Gefälle, Besiedlungsdichte, Bodenstruktur und der Länge des Fließgewässers. Die Letalgrenze für tierische und pflanzliche Besiedlung im Wasser liegt bei ca. 2 m/sec.

#### 3.2 Strömung

Das wichtigste Kennzeichen eines Fließgewässers ist die (turbulente) Strömung. Gefälle, Wasserführung und Untergrund sind in gleichem Maße am Zustandekommen der Strömung beteiligt. Die ökologische Bedeutung des Faktors Strömung ist als sehr hoch zu bewerten, hat doch diese wiederum großen Einfluß auf Besiedlungsdichte, Temperatur und Bodenstruktur (Abb. 1) (RUTTNER 1940, PLESKOT 1949, 1951, 1962, GESSNER 1950, AMBÜHL 1959, 1961, 1962, EINSELE 1960, ILLIES 1961, 1962, 1965, SCHMITZ 1961, MORETTI u. GIANOTTI 1962, ZIMMERMANN 1962, RADLER 1964, WACHS 1968 u.a.).

Die Besiedlungsdichte in Bächen und Flüssen ist an Stellen mit unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten recht verschieden. Dabei spielt die Strömung sowohl auf tierisches als auch auf pflanzliches Leben eine "negativ selektive" Rolle (Abb. 1). Ökologische Bedeutung hat die durch Geschwindigkeitsverminderung gekennzeichnete Grenzschicht, die im fast laminaren Bereich erheblich dicker ist. Je nach Fließgeschwindigkeit siedeln sich bestimmte tierische und pflanzliche Lebensgemeinschaften an. Hohe Fließgeschwindigkeiten begünstigen Organismen niedrigerer Art, geringe Fließgeschwindigkeiten dagegen höherer Art (Tab. 3). ZIMMERMANN (1962) gibt als Ursache für die biozönoseformende Wirkung der Strömung u.a. folgende Umstände an:

- die unter den wasserbewohnenden Organismen unterschiedlich ausgeprägte Anpassung der Reaktionsbereitschaft gegenüber der Strömung;
- die unterschiedliche Fähigkeit der Organismen, sich in der Strömung anzusiedeln, ihr Widerstand zu leisten oder ihr aktiv entgegenzuarbeiten und sich in ihr fortzupflanzen und auszubreiten;
- die für manche spezialisierten Arten lebensnotwendige Funktion der Strömung als Zubringer von Sauerstoff, Nährstoffen und Nahrungspartikelchen und als Ableiter der Stoffwechselprodukte;
- das durch die Strömung geformte und bestimmte Substrat, der Gewässergrund;
- der direkte Einfluß der Fließgeschwindigkeit auf die physiographischen Eigenschaften der Totwässer.

### 3.3 Profilformen

Gefälle, Strömung und Wasserführung üben ihrerseits wiederum auch Einfluß auf die Bodenstruktur aus. Bei entsprechend großem Abfluß, entsprechendem Gefälle und der dabei auftretenden Strömungsgeschwindigkeit findet man eine charakteristische Bodenstruktur vor (Abb. 1, Tab. 2). Demnach sind auch die einzelnen Profile verschieden gestaltet. Je nach Gefälle ändert sich der Grundriß eines Fließgewässers, ändern sich auch seine Aktivitäten. Im Gegensatz zu den Profilformen und Profilgrößen, bei denen eine sehr hohe Formenvielfalt möglich ist, sind bei dem Längsprofil die Möglichkeiten doch eng begrenzt: Abtrag (Erosion) - Umlagerung (Gleichgewichtszustand) - Anlandung (Akkumulation). Diese Reihenfolge wird in der Natur allerdings nicht immer starr eingehalten. Ob ein Fließgewässer im ganzen gesehen erodiert, sich im zeitlichen Gleichgewicht befindet oder aber akkumuliert, hängt im wesentlichen davon ab, wie sich bestimmte Vorgänge summieren (Abb. 2 und 3).

Tab. 2: Gegenüberstellung Längsprofil, Grundriß, Querprofil, Gefälle, Schleppkraft und Last.

Längsprofil	Grundriß	Querprofil	Gefälle	Schleppkraft/ Last
Abtrags- Erosions- zone	meist gestreckt, teilweise kleine Bögen	teilweise Felssohle m. Strudellöchern, teilweise Geröldecke, viele Kolke vorwiegend i.d. Mitte, weniger am Rand. Tendenz zur Seitenerosion gering	sehr hoch bis hoch	sehr groß bis groß, abhängig vom Gefälle und der Wasserführung, geringe Last
Umlagerungs-, Gleichgewichtszone	kleine Bögen u. Schlingen, geringe Veränderlichkeit der Lauflänge	einzelne Stufen (Köpfe) mit z.T. großen Kolken, Aufspaltungserscheinungen, dazwischen flache, ausgeglichene Sohle, mittlere Tendenz zur Seitenerosion, unregelmäßige Ufer, teilw. übergroße Breiten, Landzungen, Inseln etc. festliegende Sohle	mittel bis teilweise gering	mittelgroß, mittelgroße Last
Anlandungs-, Akkumulationszone	Bögen u. Schlingen, Altarme	Aufspaltungen, teilweise verwilderte Streckenabschnitte, Kolke untergeordnet bis fehlend, starke Tendenz zur Seitenerosion, bei reiner Akkumulation Delta-bildung	gering bis sehr gering	gering bis sehr gering, groß bis überlastet

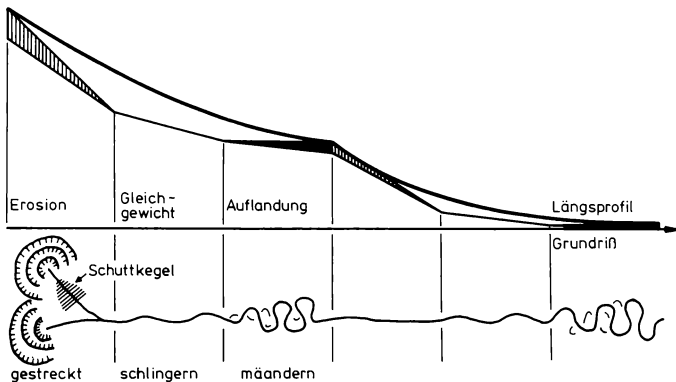


Abb. 2: Erscheinungsbild eines Fließgewässers in Abhängigkeit vom Längsprofil.

Tab. 3: Gegenüberstellung Fließgeschwindigkeit, Fließgewässerabschnitt, Sedimente und Besiedlung.

	Fließgeschwindigkeit	Fließgewässer	Sedimente	Besiedlung
S C H W A C H	0 - 0,5	Grundwasserströme abgeschnittene Altarme im Auebereich	Feinstsedimente grautonig bis schlammig	Reich an Plankton, Verlandungsvegetation
	0,5 - 5	Altarme, Stillwasserbereiche	Feinsedimente, Schlick	Grenzbereich Krebsplankton, Hauptbereich Zooplanktonverdriftung, Verlandungsvegetation
	5 - 20	Mündungsgebiet der Niederungsflüsse, Niederungsbäche, Mühlbäche, Altarme mit Durchfluß	Schlickzone, Sedimentation grosser Mengen org. Detritus	reiche Bodentierwelt in Mengen bis zu einigen tausend kg/ha, artenreich ausgebildete Wasser- und Ufervegetation
ca. 20 Grenze der Schlick- und Tonsedimentation				
M Ä S S I G	20 - 40	Niederungsbäche, auch in größeren Flüssen, Abgrenzung schwierig	Sand	artenarme Pflanzen- und Tierwelt im Wasser
	40 - 60	Überwiegend Barben- gewässer, Oberläufe der Heidebäche	Grobsand bis Feinkies	Zunahme an Fischnährtieren (Insektenlarven etc.)
S T A R K	60 - 120	- Bäche im collinen bis hochmontanen Bereich, Salmonidengewässer	Feinkies bis Grobkies	spezifische Tierwelt, Eintagsköcher- u. Steinfliegenlarven vorherrschend
		- Flüsse mit geringem Gefälle, jedoch großem Querschnitt, Barben- gewässer		Ufervegetation entsprechend der Höhenlage
R E I S S E N D	120 - 200	- Bäche in montanem u. hochmontanem Bereich	Schotter bis Blöcke	strömungsliebende Insektenlarven
		- "Mittellauf großer Flüsse	Grobkies bis größere Steine	Insektenlarven, hauptsächlich Aufwuchs auf Steinen
		- im Tidebereich (zeitweise)	Sand bis Kies	artenarme Pflanzen- u. Tierwelt im Wasser
ca. 200 Letalgrenze für Pflanzen- und Tieraufwuchs				
E X T R E M	200 - ca. 300	Gebirgsbäche und große Ströme bei Extremhochwasser	Grobschotter und Blöcke werden mitgerissen, Uferzerstörung und Sohleneintiefungen unvermeidbar	Bei Dauerzustand nicht möglich
	Über 300	- Wasserfälle - evtl. Katastrophenhochwässer		Ufervegetation entsprechend der Höhenlage

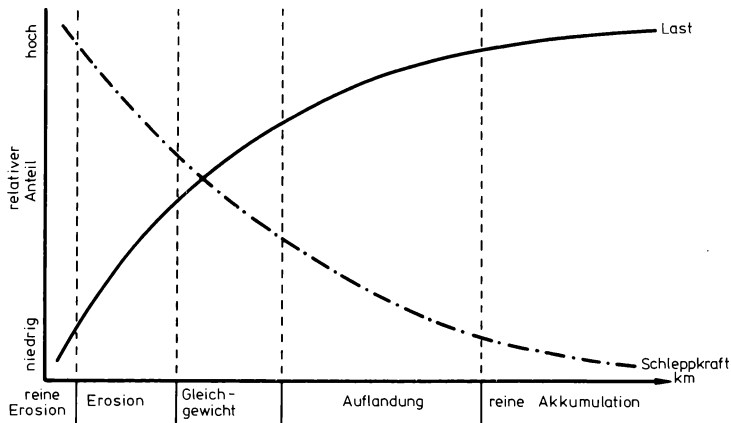


Abb. 3: Korrelation zwischen Last und Schleppkraft und deren Einfluß auf Erosion, Gleichgewicht und Akkumulation.

### 3.4 Temperatur

Die Wassertemperatur korreliert ihrerseits auch sehr stark mit dem Faktor Strömung. Während stehende Gewässer einen charakteristischen Temperaturaufbau zeigen, ist dieser bei Fließgewässern bedingt durch die Strömung nicht zu beobachten. Die Art der Fließgeschwindigkeit (schwach bis reißend) bedingt nicht nur die Intensität des Stoffaustausches, sondern auch die Temperaturamplitude (Abb. 1). Im Gegensatz zum Grundwasser ist das oberirdisch fließende Wasser direkt den atmosphärischen Bedingungen ausgesetzt. Die Wassertemperaturen werden von den Temperatur- und Strahlungsverhältnissen, die in dem den Wasserkörper umgebenden Luftraum vorherrschen, mitbestimmt. Von Bedeutung ist hierbei auch die natürliche Beschattung der Wasserfläche durch Gehölze etc. Die vorherrschenden Temperaturunterschiede zwischen Wasser und Atmosphäre werden mit zunehmender Fließstrecke bzw. -dauer entsprechend ausgeglichen. Dabei treten die größten Temperaturunterschiede in den Quellgebieten, die niedrigsten in den Mündungsgebieten auf (NIETZKE 1937, ALBRECHT 1953, DITTMAR 1955, SCHMITZ 1955, BREHM 1973, 1975 u.a.). Mit fallender Strömungsgeschwindigkeit steigt die Verweildauer des Wasserkörpers bei gleicher Gewässerstrecke. KÜHLMANN (1961) nennt für Kleingewässer verschiedene Umweltfaktoren wie Wald, Uferbewuchs, Wasserpflanzen, Ufergestalt und Gewässergrund als Mitbeeinflusser des Temperaturhaushaltes. Diese treffen ebenso gut auch für Fließgewässer zu. Sie beschleunigen bzw. verzögern bei direkter Sonneneinstrahlung den Wärmeaustausch. In Altarmen oder bei sehr geringer Fließgeschwindigkeit kann sich der Wasserkörper sogar teilweise thermisch schichten. Daraus läßt sich folgern, daß die Temperatur des Fließgewässers von der Quelle bis zur Mündung einen kontinuierlichen Anstieg erfährt, der wiederum abhängig ist von dem Faktor Strömung und dem Faktor Gefälle (Abb. 1).

### 3.5 Sauerstoffgehalt

Über die Temperatur wird der Sauerstoffhaushalt eines Fließgewässers einschneidend beeinflusst, da zwischen der Löslichkeit von Gasen in Wasser und der Wassertemperatur ein umgekehrtes Verhältnis besteht (Abb. 4) (THIENEMANN 1928, MORTIMER 1956, SCHWOERBEL 1966, BAUMERT u. BAUER 1976). Der Sauerstoff hat eine selektierende Bedeutung, insbesondere dann, wenn  $O_2$ -Defizite auftreten. Über den Sauerstoffgehalt (bzw. den Sättigungswert) kann somit wohl auch eine Aussage über die Natürlichkeit eines Fließgewässers gemacht werden. Nach BENNIN (1931/32) ist die Kurve der absoluten  $O_2$ -Werte im Jahresgang unterschiedlich. In natürlichen Fließgewässern sind die Werte - stark verallgemeinert - im Frühjahr am höchsten, fallen im Laufe des Sommers bis Oktober und steigen im Winter wieder an (SCHULZ 1961, GARMS 1961). Zum Tiefland hin, also mit Zunahme der Jahrestemperatur-Amplitude, Abnahme der Fließgeschwindigkeit und Zunahme der Eutrophierung (Abb. 5) ist ein im Längsprofil - wenn auch stark verallgemeinert - sichtbar werdendes Fallen des Sättigungswertes zu verzeichnen. Diese Verminderung des Sauerstoffangebotes in den langsam fließenden Tieflandgewässern macht sich u.a. auch in der Zusammensetzung der Fischfauna bemerkbar. Im Mischbereich Flußwasser - Meerwasser ist infolge niedrigerer Temperaturen des Meerwassers ein leichtes Ansteigen des Sauerstoffgehaltes zu verzeichnen (LUCHT 1964). Allerdings beträgt die Löslichkeit des Sauerstoffes in Salzwasser nur etwa 4/5 derjenigen des Süßwassers bei gleicher Temperatur. Das bedeutet, daß das Salzwasser bei 100%iger Sättigung geringere absolute Mengen Sauerstoff als das entsprechende Süßwasser enthält (KÜHL u. MANN 1961). Ferner wird bei den im Mischwasserbereich stattfindenden Abbauprozessen sehr viel Sauerstoff verbraucht, was ein weiteres Absinken des Sättigungswertes zur Folge hat. Dieser Wert steigt zur offenen See hin später wieder an (Abb. 6).

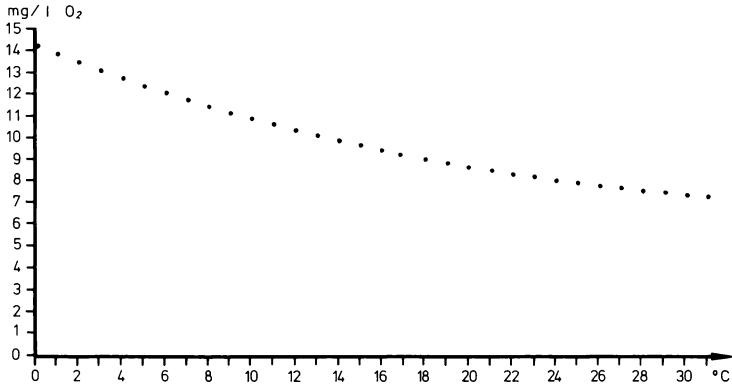


Abb. 4: Korrelation zwischen Wassertemperatur und der Sauerstoffsättigungskonzentration, bezogen auf 760 Torr = NN.

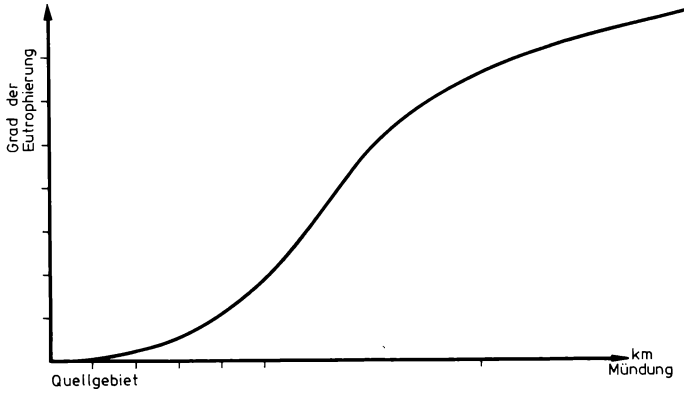


Abb. 5: Trophie-Index-Kurve. Mit zunehmender Entfernung von der Quelle in Richtung planarem Bereich erhöht sich der Grad der Eutrophierung (relativer Anteil).

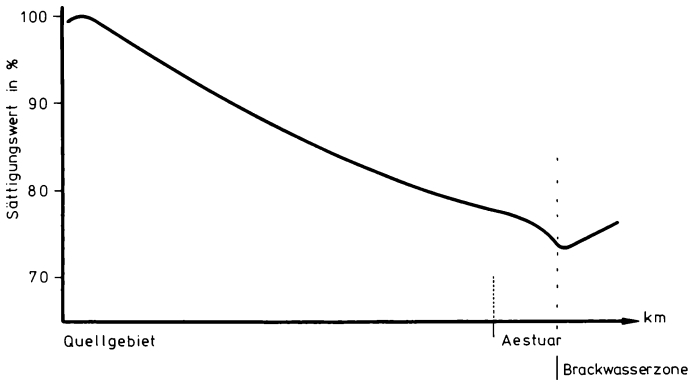


Abb. 6: Sauerstoffsättigungskurve in Abhängigkeit von der Fließgewässerlänge in Richtung planarem Bereich.

### 3.6 Vegetation

Die morphologischen und physikalisch-chemischen Parameter als Umweltfaktoren betrachtet prägen in mehr oder weniger starkem Maße die Zonation an einem Fließgewässer, wenn man wie WICKLER (1959) davon ausgeht, daß Umweltfaktoren bei der Entwicklung physiologischer und morphologischer Strukturen eine entscheidende Rolle spielen. Vom offenen Wasser des Flußbettes her über die bei Niedrigwasser trockenfallenden Flächen des Flußbettes hin zur unteren, mittleren und oberen Auenstufe nehmen die Überschwemmungsdauer und -häufigkeit in bestimmtem Maße ab. Nach MOOR (1969) entsprechen dann auch die Pflanzengesellschaften am Flußufer den verschiedenen häufigen und langen Überflutungen. So entspricht die Zusammensetzung der einzelnen Pflanzengesellschaften den örtlichen geographischen und klimatischen (Gebirge - Mittelgebirge - Hügelland - Tiefland) ebenso wie den örtlichen geologischen und sedimentologischen Verhältnissen (Bodenverhältnisse: kalkreich - kalkarm; steinig - kiesig - sandig - lehmig - schlickig). Charakteristisch für ein Fließgewässer ist, daß im Gegensatz zu einem Stillgewässer eine reine genetische Entwicklung der Vegetation, eine Sukzession (also ein zeitliches Nacheinander) praktisch nicht stattfindet, es sei denn, durch anthropogene Einflüsse werden Überflutungen verhindert, so daß ein Bodenreifeprozess stattfinden kann und die dann einsetzende Sukzession nicht mehr unterbrochen wird (Abb. 7). Veränderungen der Pflanzengesellschaften sind durch Standortsüberlagerungen (z.B. Sandaufspülungen, Uferabbrüche etc.) hervorgerufen und sind somit als eine Anpassung der Vegetation an neue Standortverhältnisse zu verstehen, denn nach MOOR (1969) entsteht bei gleichbleibenden Standortbedingungen selbst im Verlaufe langer Zeit kein Weidenbusch oder Weidenwald. Wird hingegen einem Röhrichtstandort kräftig Sand aufgespült, so gerät dieser Standort auf die Höhe des Weidenbusches oder gar des Weidenwaldes, wird also nicht mehr so oft überflutet und wird von diesen rasch neu besiedelt werden (SEIBERT 1962).

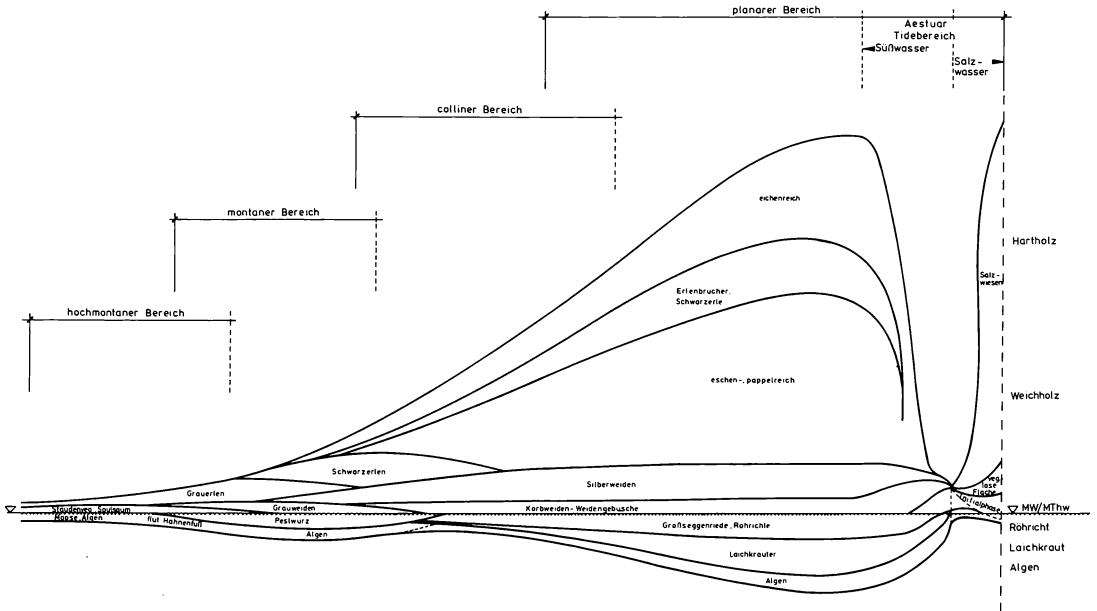


Abb. 7: Schematischer Längsschnitt durch die Vegetationsabfolge in Bach- bzw. Flußauen. Die einzelnen Bereiche sind oben ablesbar (nach ELLENBERG 1963, verändert und erweitert).



### 3.7 Korrelationsmodell

Die Erkenntnisse über die gesetzmäßigen Zusammenhänge der ein natürliches Fließgewässer bestimmenden zuvor genannten Parameter - die hier allerdings nicht alle angesprochen werden konnten - werden in eine graphische Darstellung umgesetzt, dem Korrelationsmodell (Abb. 8). Das Korrelationsmodell gilt für den gesamten vom Wasserlauf beeinflussten Bereich einschließlich des durch Hochwässer geprägten Auebereiches. Aus diesem lassen sich dann später bestimmte Fließgewässertypen und Funktionen ableiten (KÜSTER 1977, n.p.).

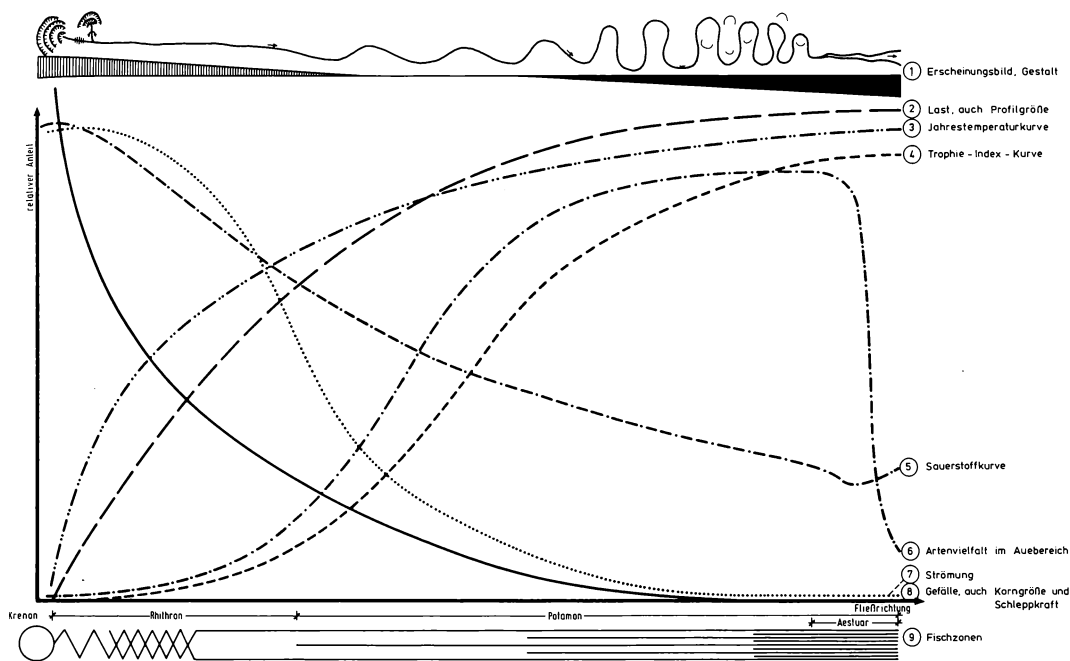


Abb. 8: Graphische Darstellung des Korrelationsmodells; zusammenfassende Darstellung der verschiedenen Parameter.

### 4. Zusammenfassung

Für eine spätere Aufstellung eines Fließgewässertypensystems wird ein Korrelationsmodell benötigt. Erkenntnisse über die gesetzmäßigen Zusammenhänge der ein natürliches Fließgewässer bestimmenden Parameter werden in eine graphische Darstellung umgesetzt. Das Korrelationsmodell umfaßt den gesamten vom Wasserlauf beeinflussten Bereich, also auch den durch regelmäßig auftretende Hochwässer geprägten Auebereich. In dem kurzen Referat können allerdings nicht alle in der Matrix angegebenen Parameter ausführlich behandelt werden.

Durch das Niedersächsische Zahlenlotto wurden diese Arbeiten in dankenswerter Weise gefördert.

### Literatur

ALBRECHT M.-L., 1953: Die Plane und andere Flämingbäche. Z. f. Fischerei N.F. 1: 389-476.  
 AMBÜHL H., 1959: Die Bedeutung der Strömung als ökologischer Faktor. Schweiz. Z. Hydrol. 21: 133-264.  
 - 1961: Die Strömung als physiologischer und ökologischer Faktor - Experimentelle Untersuchungen an Bachtieren. Verh. Internat. Verein. Limnol. 14: 390-395.  
 - 1962: Die Besonderheiten der Wasserströmung in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht. Schweiz. Z. Hydrol. 24: 367-381.  
 BAUMERT H., BAUER K., 1976: Theoretische Untersuchungen der für den Sauerstoffhaushalt in nährstoffreichen, langsam fließenden Gewässern wesentlichen Einflußgrößen. Limnologica 10: 369-377.

- BENNIN E., 1931/32: Sauerstoffuntersuchungen in der Warthe bei Landsberg (Warthe). Jb. Nat.-wiss. Ver. Neumark Landsberg (Warthe) 3: 49-57.
- BREHM J., 1973: Hydrologische und chemische Übersichtsuntersuchungen an den Fließgewässern des Schlitzerlandes. I. Quelltemperaturen. Beitr. Naturk. Osthessen 5/6: 121-139.
- 1975: Hydrologische und chemische Übersichtsuntersuchungen an den Fließgewässern des Schlitzerlandes. III. Die Fulda. Beitr. Naturk. Osthessen 9/10: 37-80.
- DITTMAR H., 1955: Ein Sauerlandbach. Arch. Hydrobiol. 50: 305-552.
- EINSELE W., 1960: Die Strömungsgeschwindigkeit als beherrschender Faktor bei der limnologischen Gestaltung der Gewässer. Österreichs Fischerei, Suppl.-Bd. 1(2).
- ELLENBERG H., 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart.
- GARMS R., 1961: Biozönotische Untersuchungen an Entwässerungsgräben in Flußmarschen des Elbe-Aestuars. Arch. Hydrobiol. Suppl. 26: 344-462.
- GESSNER F., 1950: Die ökologische Bedeutung der Strömungsgeschwindigkeit fließender Gewässer und ihre Messung auf kleinstem Raum. Arch. Hydrobiol. 43: 159-165.
- ILLIES J., 1961: Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. Int. Revue ges. Hydrobiol. 46: 205-213.
- 1962: Die Bedeutung der Strömung für die Biozönose in Rhithron und Potamon. Schweiz. Z. Hydrol. 24: 433-435.
- 1965: Entstehung und Verbreitungsgeschichte einer Wasserinsektenordnung (*Plecoptera*). Limnologica 3: 1-10.
- KELLER R., 1961: Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. Berlin.
- KÜHL H., MANN H., 1961: Vergleichende hydrochemische Untersuchungen an den Mündungen deutscher Flüsse. Verh. Internat. Verein. Limnol. 14: 451-458.
- KÜHLMANN D.H.H., 1961: Thermodynamische Untersuchungen in Kleingewässern verschiedener landschaftlicher Exposition. Verh. Internat. Verein. Limnol. 14: 87-94.
- LUCHT F., 1964: Hydrographie des Elbe-Aestuars. Arch. Hydrobiol. Suppl. 29: 1-96.
- MOOR M., 1969: Zonation und Sukzession am Ufer stehender und fließender Gewässer. Vegetatio 17: 26-32.
- MORETTI G., GIANOTTI F.S., 1962: Der Einfluß der Strömung auf die Verteilung der Trichopteren *Agapetus gr. fuscipes* CURT. und *Silo gr. nigricornis* PICT. Schweiz. Z. Hydrol. 24: 467-484.
- MORISAWA M., 1968: Streams, their dynamics and morphology. New York/London/Sydney.
- MORTIMER C.H., 1911: The oxygen content of air-saturated fresh waters, and aids in calculating percentage saturation. Mitt. int. Ver. Limnol. 6: 1-19.
- NIETZKE G., 1937: Die Kossau. Arch. Hydrobiol. 32: 1-74.
- PLESKOT G. 1949: Der Stand der biologischen Fließwasserforschung. Verh. dt.Zoologen Mainz: 277-288.
- 1951: Wassertemperatur und Leben im Bach. Wasser u. Leben 3: 129-143.
- 1962: Strömung, Bodenstruktur und Besiedlungsdichte. Schweiz. Z. Hydrol. 24: 383-385.
- RADLER S., 1964: Die Berechnung der Abflüsse im natürlichen Gerinne. Mitt. Inst. Wasserwirtsch., Grundbau u. Konstrukt. Wasserbau TH Graz 12.
- SCHMITZ W., 1955: Physiographische Aspekte der limnologischen Fließgewässertypen. Arch. Hydrobiol. Suppl. 22: 510-523.
- 1961: Fließgewässerforschung - Hydrographie und Botanik. Verh. Internat. Verein. Limnol. 14: 541-586.
- SCHULZ H., 1961: Quantitative und qualitative Planktonuntersuchungen im Elbe-Aestuar. Arch. Hydrobiol. Suppl. 26: 5-105.
- SCHWOERBEL J., 1966: Methoden der Hydrobiologie. Stuttgart.
- SEIBERT P., 1962: Die Auenvegetation an der Isar nördlich von München und ihre Beeinflussung durch den Menschen. Landschaftspflege u. Vegetationskunde 3.
- THIENEMANN A., 1928: Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See. Ein Beitrag zur Seetypenlehre. Die Binnengewässer 4.
- WACHS B., 1968: Die Bodenfauna der Fließgewässer in Beziehung zu den bedeutendsten Substrattypen. Wasser- u. Abwasser-Forsch. 1: 124-134.
- WICKLER W., 1959: Die ökologische Anpassung als ethologisches Problem. Naturwiss. 46: 505-509.
- WILHELMI H., 1975a: Geomorphologie in Stichworten. II: Exogene Morphodynamik (2. Aufl.). Kiel.
- 1975b: Geomorphologie in Stichworten. III: Exogene Morphodynamik (2. Aufl.). Kiel.
- ZIMMERMANN P., 1962: Der Einfluß der Strömung auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften im Experiment. Schweiz. Z. Hydrol. 24: 408-411.

#### Adresse

Dipl.-Ing. Friedhelm Küster  
Oberstr. 109  
D-5000 Köln 90

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [7\\_1978](#)

Autor(en)/Author(s): Küster Friedhelm

Artikel/Article: [Korrelationsmodell eines natürlichen Fließgewässers aus der Sicht des Naturschutzes 233-242](#)