Ber. Int. Gewässerschutzkomm. Bodensee: 27,1981

Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee

Bericht Nr. 27

DIE VERAENDERUNGEN DER SUBMERSEN VEGETATION DES BODENSEES IN AUSGEWAEHLTEN TESTFLAECHEN IN DEN JAHREN 1967 BIS 1978

Bearbeiter: R. Schröder

Vorwort

Die Reinhaltung des Bodensees erfordert es, dass die limnologische Entwicklung laufend beobachtet wird. Zu diesem Zweck werden seit etwa zwei Jahrzehnten nach Programmen, welche die Anliegerstaaten in der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee vereinbart haben, auf den verschiedenen limnologischen Teilbereichen umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Zu diesen Untersuchungen, deren Ergebnisse in der Reihe dieser Berichte laufend veröffentlicht worden sind, gehört auch die Beobachtung der submersen Vegetation in der Uferzone des Bodensees. Die Untersuchung der Makrophytenvegetation in der Uferzone des Jahres 1967 ist im Kommissionsbericht Nr. 12 dargestellt. Einen Vergleich mit den diesbezüglichen Untersuchungsergebnissen des Jahres 1978 enthält der Kommissionsbericht Nr. 25.

Im vorliegenden Bericht werden die laufenden Veränderungen der submersen Vegetation des Bodensees in den Jahren 1967 bis 1978 an 28 ausgewählten Testflächen untersucht.

Diese über mehr als ein Jahrzehnt sich erstreckenden Arbeiten wurden im Auftrag der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee von folgenden Institutionen ausgeführt:

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft in München,
Umweltschutzanstalt des Landes Vorarlberg in Bregenz,
Finanzdepartement des Kantons St. Gallen, Jagd- und Fischereiverwaltung - Biologie, in St. Gallen,
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut
für Seenforschung und Fischereiwesen in Langenargen,
Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft des Kantons Thurgau,
Laboratorium Romanshorn.

Wetterwarte Konstanz: Ueberlassung von meteorologischen Daten,

Schiffahrtsamt Konstanz: Ueberlassung von Daten von Wassertemperaturen und Seeständen.

Inhalt

	Vorwort	I
1	Einleitung	1
2	Methoden	4
3	Ergebnisse	7
3.1	Eigenschaften der Testfläche und der Vegeta-	
	tionsbildung	8
3.1.1	Streuung der edaphischen Parameter	8
3.1.2	Beziehung zwischen Standortfaktoren und der	
	Artfrequenz	11
3.1.3	Häufigkeitsverteilung der Arten	13
3.1.4	Beziehung zwischen einem Verbund von Umwelt-	
	faktoren und der Artfrequenz	29
3.2	Veränderungen der Vegetation in der Zeit	35
3.2.1	Fluktuationen der Testvegetationen	35
3.2.2	Trend in den Testvegetationen	42
3.2.3	Der Standardfehler der Testvegetationen und	
	ihre Indikatorarten	45
3.2.4	Die Beziehung zwischen einem Verbund von Um-	
	weltfaktoren und der Artfrequenz	48
3.2.5	Aussenfaktoren und ihre mögliche Einflussten-	
	denz auf die häufigeren Arten	67
4	Zusammenfassung	68
5	Literatur	69
6	Anhang	71

1. Einleitung

Lange Zeit wurde der Indikatorwert der submersen Makrophyten für die Beurteilung der Qualität von Flüssen und Seen nicht sehr hoch eingeschätzt. In den klassischen Systemen von KOLKWITZ und MARSON (1908,1909) und von LIEBMANN (1951) besitzen Wasserpflanzen nur untergeordnete oder überhaupt keine Bedeutung. Erst in den letzten Jahren, vor allem durch die Arbeiten von KOHLER (1974) und seinen Schülern, wurde ihnen grössere Bedeutung beigemessen, nachdem wiederholt beobachtet wurde, wie sich auf Selbstreinigungsstrecken von Flüssen bestimmte Arten ihren trophischen Ansprüchen gemäss, räumlich aufgegliedert ansiedeln. In Seen schritt die Eutrophierung teilweise so rasant voran, dass auch da kontinuierliche Veränderungen der Vegetation offensichtlich wurden, die parallel zur trophischen Entwicklung des Gewässers verlaufen.

Mit ein Grund, weshalb die Makrophyten zur Gewässercharakterisierung so wenig herangezogen wurden, ist die Tatsache, dass einige im einzelnen noch nicht näher bekannte Umweltgrössen teils synergistisch, teils antagonistisch mit den trophischen Parametern zusammenzuwirken scheinen. Sie verschieben gewissermassen die trophische Skala in der einen oder anderen Richtung. Dazu gehört mit grosser Wahrscheinlichkeit die Wasserbewegung, die Temperatur, doch auch der Calciumund Bikarbonatgehalt des Wassers und sein pH-Bereich. Es ist deshalb nur bedingt möglich, aus der Zusammensetzung der Vegetation die trophische Situation unterschiedlicher Gewässertypen zu beurteilen. Innerhalb eines Sees jedoch oder eine Flussstrecke eignen sich submerse Makrophyten sehr gut zur Gewässerbeschreibung.

Bei Seen, deren limnologische Entwicklung wie beim Bodensee ständig untersucht wird, stellt sich die Frage nach der kontinuierlichen Veränderung der submersen Vegetation ganz allgemein, doch insbesondere dort, wo örtlich spezielle Verhältnisse vorliegen, wie z.B. direkte Abwassereinleitungen, belastete Zuflüsse oder durchgeführte Sanierungsmassnahmen. Die kontinuierliche Veränderung des trophischen Seezustandes lässt eine parallel dazu verlaufende Aenderung des Artenspektrums erwarten, die sich vor allem in den artspezifischen Anteilen bemerkbar macht, eventuell auch das Erlöschen bestimmter Arten erwarten lässt, wie auch das neue Auftreten anderer. Dieser Gedanke lag einer nunmehr 12-jährigen Beobachtungsreihe zu Grunde, über die hier berichtet wird.

Grundsätzlich stehen alle Gewässer im Stoff- und Energieaustausch mit ihrer Umgebung. Sie sind somit offene
Systeme, die sich lediglich in der Geschwindigkeit ihres Umsatzes unterscheiden. Diese ist wiederum - liegen die nötigen Nährstoffe einmal vor - weitgehend
durch den Einfluss physikalischer Bedingungen gesteuert,
vor allem durch die Einstrahlung, die Temperatur und
der Wasseraustausch zu bestimmten Zeiten.

Die Uferzone des Bodensees zeichnet sich fast überall durch eine Uferbank aus, einen zwischen der Uferlinie des Sees und der eigentlichen Seewanne gelegenen Flachwasserbereich.

Diese Flächen stehen zwar unter dem Einfluss des Seegeschehenes, wobei der Wasserchemismus an den Pflanzen standorten jenem der Freiwasserregion im Jahresdurchschnitt fast gleich ist. Er ist indessen starken, oft kurzfristigen Fluktuationen unterworfen, die teilweise witterungsbedingt sind teilweise auf Einflüsse vom

Land herrühren:

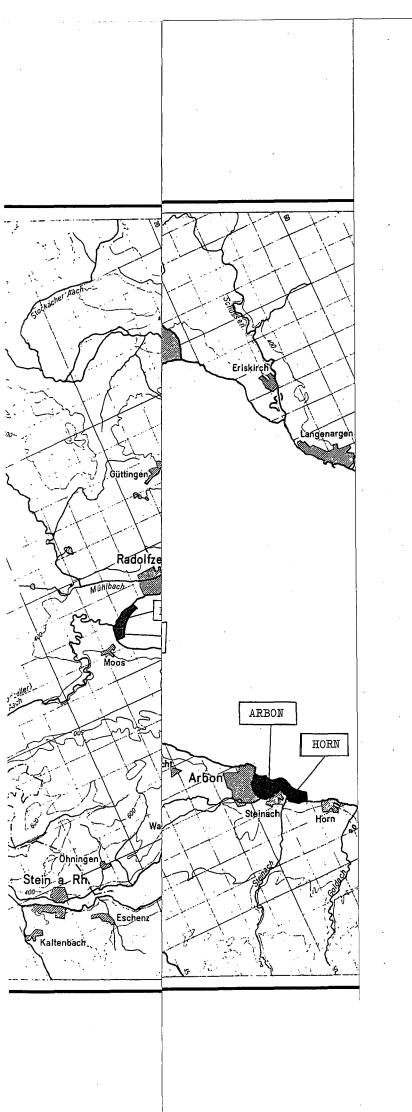
Der Stoffhaushalt wird vorwiegend durch den direkten Zustrom düngender Stoffe vom Land beeinflusst. Ist die Nährstoffversorgung einmal gewährleistet, können sich andere Faktoren auf das Entwicklungsgeschehen auf der Uferbank voll auswirken. Meteorologische und hydrologische Grössen übernehmen die Steuerung bzw. entscheiden über Konkurrenzverhältnisse. So führt z.B. der Faktor Licht nicht nur zu einer Energieversorgung über den ganzen Tiefenbereich der Flachwasserzone, sondern führt auch zur Erwärmung des Seebodens bis zu 2°C über der Wassertemperatur. Temperaturen sind beträchtlichen Schwankungen ausgesetzt und können Extremwerte nach oben wie nach unten erreichen, die in der Freiwasserregion des Sees nicht auftreten. Aehnlich extreme Situationen ergeben sich durch Wasserbewegungen, wenn Sedimente transportiert und umgelagert werden, oder durch Wasserstandsschwankungen die Vegetationsflächen trocken fallen oder ausfrieren können. Die Vegetation auf der Uferbank unterliegt also Bedingungen von eingeschränkter Konstanz, die eine gewisse Kontinuität in der Artenzusammensetzung und Biomasse bewirken, wie auch den stark fluktuierenden Faktoren. Unter diesem Aspekt sind die Ergebnisse der Kartierungen zu sehen.

Die vorliegenden Untersuchungen stellen örtlich begrenzte Beobachtungen über eine Jahresreihe dar, an deren Anfangs- und Endpunkt je eine Bestandesaufnahme der gesamten submersen Vegetation des Bodensees der Jahre 1967 und 1978 steht, und deren Ergebnisse im Bericht Nr. 25 (LANG) näher beschrieben sind.

2. Methoden

In den Jahren 1967 bis 1978 wurden auf festgelegten Testflächen die submersen Wasserpflanzen einschliesslich der Fadenalgen auf Luftbildern kartiert (Abb. 1).
Eine Testfläche sollte ökologisch gesehen möglichst einheitlich sein, d.h. im gleichen Strömungsbereich liegen, eine einheitliche Windexposition und gleichartige Tiefenverhältnisse und Sedimentbeschaffenheit besitzen. Die insgesamt 28 Testflächen sollten sich untereinander darin möglichst unterscheiden, um gemeinsam oder zu Gruppen zusammengefasst einen möglichst repräsentativen Ueberblick über die Makrophytenvegetation des Sees bzw. des Seeteils zu vermitteln.

Als Kartierungsunterlagen dienten senkrechte Luftaufnahmen im ungefähren Masstab 1:5'000. Auf die transparente Deckfolie der Luftbilder werden die gefundenen Arten ortsgerecht und grob quantitativ eingetragen. Die Auswertung der Kartierungen erfolgt nach der
Häufigkeit des Auftretens der Art in der Gesamtvegetation der Testfläche (Frequenz). Die Anteile der
Arten ergeben gemeinsam somit stets 100 %. Die Art
wird auf diese Weise unabhängig von der aufgebauten
Biomasse oder der bedeckten Fläche in ihrer Funktion
als Umweltindikator bewertet.





3. Ergebnisse

Von den 28 Testflächen (siehe Karte, Abb. 1) liegen 16 im Bodensee-Obersee, davon 7 im östlichen Teil (St. Gallen, Vorarlberg und Bayern), 6 im südlichen Teil (Thurgau) und 3 im westlichen Teil des Ueber-linger Sees. 12 Testflächen liegen im Untersee.

Es hat sich im Laufe der 12-jährigen Untersuchungen gezeigt, dass zwei Testflächen durch bauliche Eingriffe (z.B. Baggerungen zur Leitungsverlegung) stark verändert oder doch erheblich gestört wurden, so dass deren Ergebnisse nur von eingeschränkter Aussagekraft sein können. Es gilt dies für die bayerischen Flächen Nonnenhorn-Wasserburg und Lindau.

Die hier wiedergegebenen Kartierungsergebnisse können in vielfältiger Hinsicht ausgewertet werden. Es muss deshalb eine Auswahl getroffen werden, da sonst der Rahmen eines Berichtes gesprengt würde. Deshalb werden neben der tabellarischen und graphischen Darstellung der Gunddaten im Anhang nur einige statistische Wege beschritten, die über das Verhältnis der Uferzonenvegetation zu ihrer Umgebung Aufschluss geben sollen. Dieses Verfahren kann freilich ausschliesslich Parallelitäten zweier oder mehrerer Vorgänge in örtlichen Koinzidenz oder im zeitlichen Ablauf aufzeigen. Kausale Verknüpfungen werden dadurch wahrscheinlich und es können vertiefende Arbeiten daran anknüpfen. Aus der Vielfalt möglicher Einflüsse auf die Vegetationsentwicklung kann somit eine Vorauswahl getroffen und die kausalen Verbindungen experimentell erarbeitet werden.

3.1 Eigenschaften der Testfläche und die Vegetationsausbildung

Zur Kennzeichnung der bodenkundlichen (edaphischen)
Standortbedingungen der Testflächen wurden Sedimentproben der obersten 6 cm entnommen. Die Entnahmen erfolgten in den Sommermonaten 1977 und 1978. Folgende
Parameter wurden bestimmt: Korngrössenverteilung in
acht Klassen, Wassergehalt, Karbongehalt (nach Scheibler), organischer Kohlenstoff (Dichromatoxidation),
Gesamteisen und Gesamt-phosphor (heisser Salzsäure extrakt), Gesamtstickstoff (Kjeldahl-Aufschluss). Die
Konzentrationen wurden als Anteile des Trockensediments
angegeben. Die Auswertung in Anteilen des Frischgewichtes brachte beim Vergleich mit den biologischen
Daten weniger zufriedenstellende Ergebnisse. Näheres
über die Analytik ist in einem internen Bericht der
Arbeitsgruppe Uferzonenvegetation enthalten.

Die edaphischen Daten einer Testfläche wurden zu einem Mittelwert zusammengefasst. Zusätzlich wurde ein Mittelwert für die Wassertiefe errechnet, sowie ein Schätzwert für den Wasseraustausch erstellt. Dieser ist ein vierstufiger Erfahrungswert (sehr gering = 1, sehr stark = 4), der Gesichtspunkt der Windexposition und der Strömungsverhältnisse, z.B. der Rheinströmung im Untersee, berücksichtigt. Die biologischen Daten stammen aus den Vegetationskartierungen der Jahre 1975 bis 1978, ausgedrückt als Mittelwerte der Artfrequenz. Diese Basisdaten sind in Tabelle 8 (siehe Anhang) zusammengestellt.

3.1.1 Streuung der edaphischen Parameter

Die 26 Testflächen haben sehr unterschiedliche Eigenschaften. Doch auch in sich sind sie teilweise ziemlich inhomogen. Eine "ideale" Testfläche würde eine Standardabweichung vom arithmetischen Mittelwert von Null haben. Unter diesen Umständen wären die edaphischen Bedingungen und die biologischen Werte (Artfrequenz) wirklich aufeinander beziehbar. Durch die Inhomogenität in der Sedimentqualität kommen Unsicherheiten in die statistische Aussage, die schwer beherrschbar sind. Zur Bewertung der Testflächen ist indessen die Kenntnis der Standardabweichung (Tabelle 1) wertvoll.

Es ist auffallend, dass die Anteile der Kornklassen, generell sehr starken Schwankungen unterworfen sind, und dass fast jede Probe der gleichen Fläche eine andere Korngrössenverteilung besitzt. Dies gilt vor allem für die Verteilung der gröberen Materialien (Sand, Kies), die im allgemeinen die geringeren Anteile stellen. Für die Mittelwertsbildung der Standardabweichung (x) sind deshalb nur die Klassen der feineren Materialien (5 - 8) herangezogen, die Aufschluss über Inhomogenitäten der Substrate geben. In den Standardabweichungen der Tiefe ist die Neigung der Uferbank enthalten, eine Grösse die oft zu einer Zonierung der submersen Vegetation führen kann. Der Anteil an Inhaltsstoffen der Sedimente schwankt relativ geringfügig. Am geringsten schwankt der Wassergehalt, am stärksten der Gehalt an oxidierbaren Substanzen, ein Indiz für die lokale Anreicherung von organischem Material allochthonen und/oder autochthonen Ursprungs. Die überschlägige Abschätzung der örtlichen Belastung bestätigen diesen Befund.

Tabelle 1: Standardabweichungen (%) von edaphischen Testflächendaten (Wurzel aus dem Mittelwert der quadratischen Abweichungen)

Kornklassen						1 x	11										
	1 1	2	3 .	4	5	6	7	8	5–8	Tiefe	H ₂ 0	COD	P	N	Fe	^{CO} 2	<u> </u>
1 Lochau				100	61	36	83	75	64	13	4	40	10	13	10	7	1
2 Gaissau		333		100	138	122	50	66	94	67	19	52	25	38	20	7	3
3 Entenbad	-	_	333	100	100	74	26	71	68	33	8	32	8	22	10	4	1
4 Alter Rhein	333	333	333	100	55	26	79	147	77	29	6	43	11	19	40	15	2
5 Staud	_	-	-	100	55	16	123	63	64	36	9	19	10	22	33	23	2
6 Horn	175	100	333	200	58	41	60	69	57	35	21	65	15	50	43	17	3
7 Arbon	-	333	200	300	83	81	79	97	85	25	23	46	26	58	18	18	3
8 Luxburg	250	100	200	150	83	100	75	53	78	62	12	28	9	26	52	20	3
9 Münsterlingen Ost	333	-	-	-	100	68	144	60	93	25	13	26	23	38	18	17	2
10 Münsterlingen West	-	-	-	333	100	33	100	71	76	17	19	39	12	40	13	13	2
11 Kreuzlingen	267	100	100	300	125	57	125	79	97	15	20	58	41	58	41	34	3
12 Bodman	333	100	150	100	53	46	48	58	51	25	15	46	26	42	24	35	3
13 Stockacher Bucht	333	100	100	60	57	52	45	62	54	62	21	62	66	62	67	58	5
14 Ludwigshafen	-	100	50	63	36	32	47	94	52	64	24	67	23	64	28	80	5
15 E.B. Schlauch	100	100		33	40	24	25	51	35	100	. 9	11	53	8	21	28	3
16 E.B. Dreieck	133	25	50	33	40	12	62	50	41	67	5	11	14	11	5	15	1
17 E.B. Insel	150	100	75	67	33	58	22	40	38	50	8	38	20	14	23	19	2
18 E.B. Ried	333	100	-	100	67	44	18	50	45	33	6	16	5	15	21	3	1
19 E.B. Damm	100	100	100	133	110	72	30	51	66	33	20	50	20	50	20	23	3
20 E.B. Feld Ost	_		100	150	120	39	32	47	60	50	8	21	16	23	28	18	2
21 E.B. Feld West	333	200	200	100	91	70	48	49	65	36	11	29	27	31	29	16	2
22 Triboltingen	200	200	100	100	75	58	44	52	57	56	13	36	21	42	17	25	3
23 Westerfeld	200	200	100	67	63	69	79	80	73	38	25	54	71	54	49	38	4
24 Hörnt	50	67	67	25	40	43	58	56	49	38	8	17	39	23	15	14	2
25 Moos	-	100	100	60	76	42	50	64	58	56	22	59	49	56	29	38	4
26 Radolfzell	200	100	133	43	45	47	35	34	40	19	4	15	46	16	37	9	2
Mittelwerte aller Flächen	_	_	-	-	73	52	61	65	63	42	14	38	26	34	27	23	2

Korngrössen: 1: > 4mm

m 5: 0.25 -0.5 mm

2: 2 - 4mm

6: 0.125-0.25 mm

3: 1 - 2mm

7: 0.063-0.125mm

4: 0,5 - 1mm

8: < 0.063 mm

3.1.2 Die Beziehung zwischen Standortfaktoren und der Artfrequenz

> Ueber die Beobachtungsstrecke von 26 Testflächen wird die Streuung jeweils einer Umweltgrösse mit der Streuung einer Art statistisch verglichen. Man erhält eine lineare Korrelation. Ihre Matrix (Tabelle 2) zeigt verhältnismässig wenig signifikante Beziehungen, d.h. die Verknüpfung zwischen einem edaphischen Faktor, der Tiefe oder dem Wasseraustausch einerseits und dem Anteil einer Art in der Vegetation anderseits ist gering. Mit hoher Signifikanz korrelieren nur der Wassergehalt (WASGEH) mit Potamogeton pectinatus und die Oxidierbarkeit (COD) mit Zannichellia und wieder mit P. pectinatus. Daraus geht hervor, dass die Beziehungen zwischen edaphischer Grösse und Pflanze entweder sehr locker sind, oder dass meistens mehrere Faktoren für den Anteil der Art in der Vegetation ausschlaggebend sind.

Tab.: 2 Lineare Korrelation der Artfrequenz mit Standortfaktoren

KORN 2

-0,2675

-0,2727

Potamogeton perfoliatus Zannichellia palustris Potamogeton pusillus Fadenalgen	0,0517 -0,1201 0,0493 0,1486	-0,1312 0,3400 0,3509 -0,0517	-0,1090 0,4296 0,3833 -0,0963	-0,1006 0,5705* 0,5861* -0,1034	0,5095* -0,0547 0,2043 -0,2681	0,3212 -0,3232 -0,2604 -0,0891	-0,2990 0,0069 0,1317 -0,0422	-0,4006 0,2650 -0,1104 0,3402
	TIEFE	WASAUST	WASGEH	COD	<u>P</u>	<u>N</u>	FE	CO ₂
Chara asp.:contraria Potamogeton pectinatus Potamogeton perfoliatus Zannichellia palustris	-0,1798 0,3682 0,4244 -0,3495	0,1498 -0,0225 -0,1529 -0,1723	0,3074 -0,6184** -0,3432 0,5363*	0,0235 -0,6908** -0,2171 0,6444**	-0,1351 0,0420 0,0451 0,1040	0,3046 -0,5725* -0,2320 0,5387*	-0,1934 0,5360* 0,0446 -0,2951	0,2433 -0,5563 -0,2594 0,4385
Potamogeton pusillus Fadenalgen	-0,2871 -0,2129	0,3040 -0,1677	0,0786 0,1509	0,1550 0,1879	-0,2723 0,0501	-0,0172 0,2771	-0,4748 -0,0087	0,3038 0,0104

KORN 3

-0,2894

-0,3225

KORN 4

-0,3752

-0.5644*

KORN 5

-0,3746

0,0168

* Signifikanz 0,01

KORN 1

-0,1489

0.1878

Chara asp.:contraria

Potamogeton pectinatus

** Signifikaz 0,001

n = 26

KORN 7

-0,3360

-0.0333

KORN 8

0,4145

-0,3658

Korngrössen: Korn 1:

Korn 2: 2 - 4 mm Korn 3: 1 - 2 mm

Korn 4:0,5 - 1 mm

Korn 5: 0.25 - 0.5Korn 6: 0,125 - 0,25 Korn 7: 0.063 - 0.125 mm

KORN 6

0,2419

0,4290

Korn 8:

0,063 mm

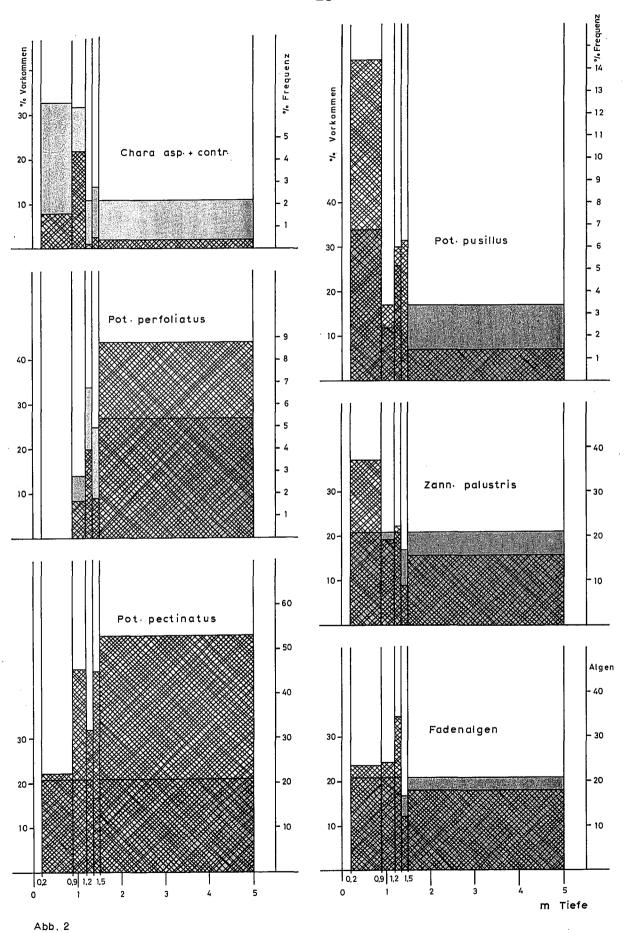
3.1.3 Die Häufigkeitsverteilung der Arten

Lässt sich keine Beziehung zwischen dem Maximal- bzw. Minimalwert einer Umweltgrösse und dem Artanteil aufstellen, muss geprüft werden, ob etwa mittlere Konzentrationen chemischer Grössen oder gemässigte Tiefen-, Austausch- oder Korngrössenverhältnisse koinzidieren. Dazu wurden alle Werte jedes Umweltparameters aus den 26 Testflächen in fünf Häufigkeitsklassen auf der Abszisse angeordnet. Ihre Unterteilung kann nicht in Abschnitte gleicher Grösse erfolgen, da auch die Häufigkeitsverteilung der vorliegenden Daten nicht gleichmässig über den gesamten Messbereich gegeben ist. Die Abschnittsbreiten der einzelnen Parameter werden deshalb so gewählt, dass von den 26 Testflächen auf vier Abschnitte 5, auf einen 6 Daten entfallen. Es ist somit gewährleistet, dass die Aussagefähigkeit für jeden Abschnitt gleich gross ist. die Aussage selbst ist durch die Höhe der Säulen ausgedrückt und betrifft die Häufigkeit der Art (Abbildungen 2 bis 15).

Die Häufigkeit der Art ist in zweifacher Hinsicht ermittelt: In grauer Schraffur ist das Vorkommen der Art über das gesamte Untersuchungsgebiet verzeichnet (Abundanz), d.h. 100 % sind sämtliche Testflächen. In grober Kreuzschraffur ist der Anteil der Art in der untersuchten Pflanzengesellschaft (Frequenz) vermerkt. So ist beispielsweise Potamogeton pectinatus auf allen Flächen unabhängig von der Konzentration des Phosphors vertreten, mit Ausnahme der absolut vegetationslosen Fläche Nr. 21 (graue Schraffur in Abb. 5). Sein Anteil an der Vegetation ist indessen am grössten in der Konzentrationsklasse 0,034 bis 0,039 %. Im Hin-

blick auf das Nährstoffangebot im Boden könnte diese Konzentration in der Nähe des Optimums liegen, wobei freilich Konkurrenzverhältnisse eine modifizierende Rolle spielen können. Dieser Gesichtspunkt dürfte bei den für seine hohen Nährstoffansprüche bekannten Potamogeton pusillus wesentlich sein, da seine Häufigkeit in Abundanz wie Frequenz am grössten bei den niederen P-Konzentrationen ist (Abb. 6). Wie später gezeigt wird, geht eine den Anteil steuernde Wirkung vom Phosphor des Wassers aus. Ziemlich unabhängig von der Phophorkonzentration im Sediment scheint Zannichellia palustris zu sein, ebenso wie die Fadenalgen, die Nährstoffe ausschliesslich aus dem Wasser beziehen.

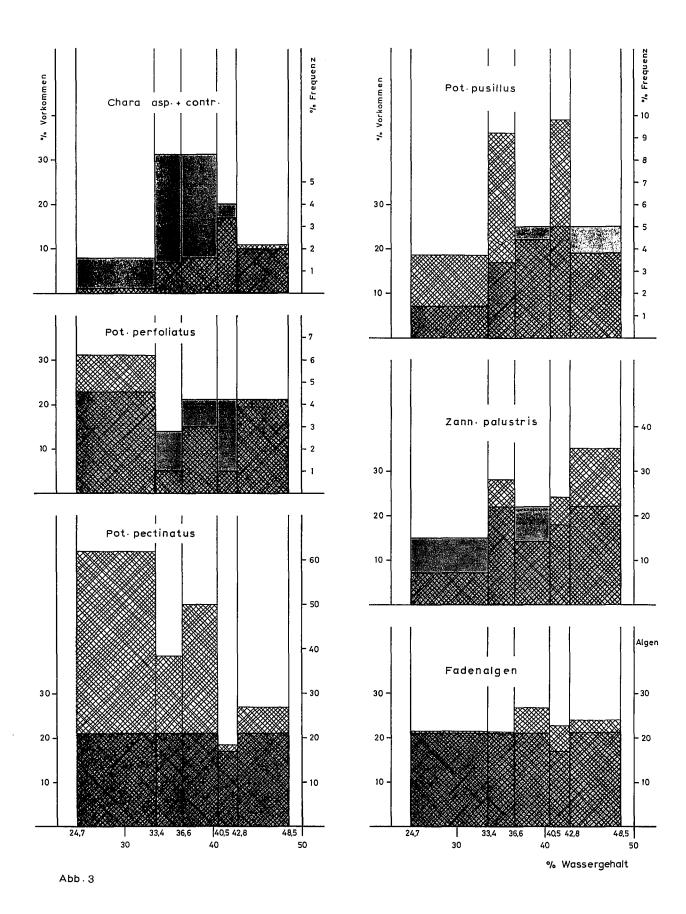
Da die Diagramme eine deutliche Aussage vermitteln, kann auf eine weitere Interpretation verzichtet werden.



Häufigkeitsverteilung der Arten nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:





Häufigkeitsverteilung der Arten

nach Frequenz : Vorkommen insgesamt :



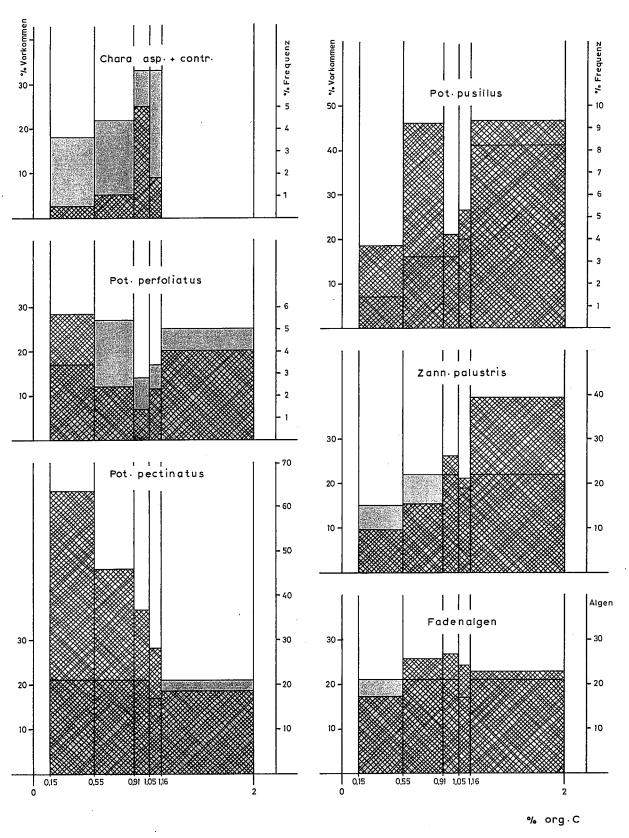


Abb. 4

Häufigkeitsverteilung der Arten nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:



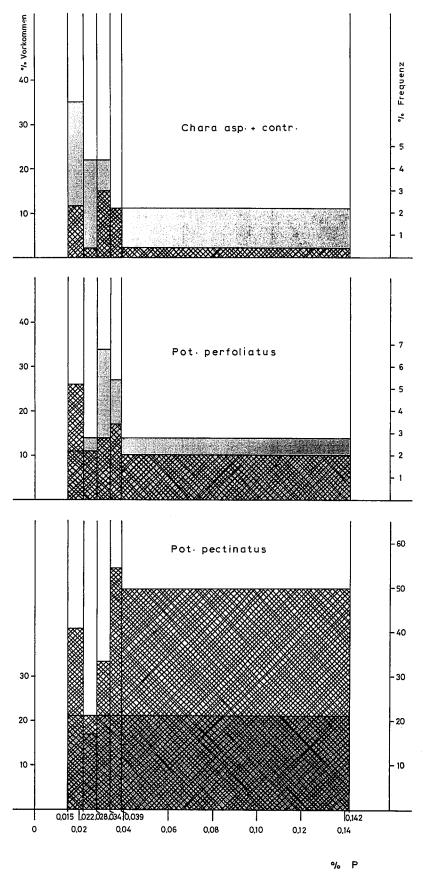


Abb. 5

Häufigkeitsverteilung der Arten nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:



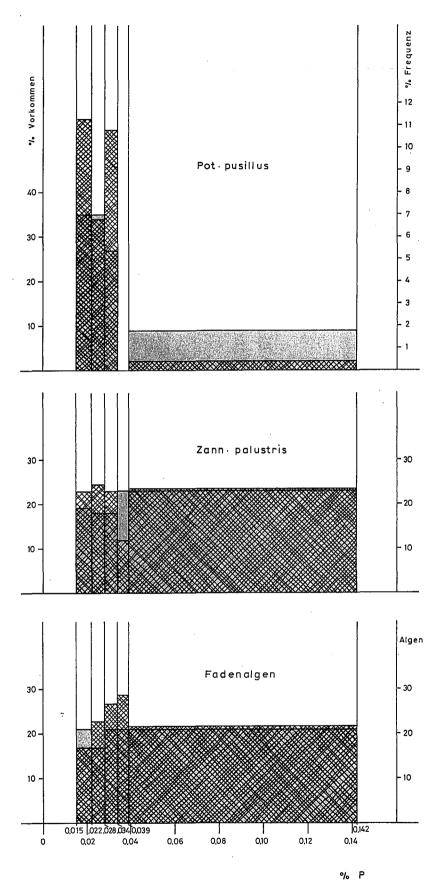


Abb. 6

Häufigkeitsverteilung der Arten nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:

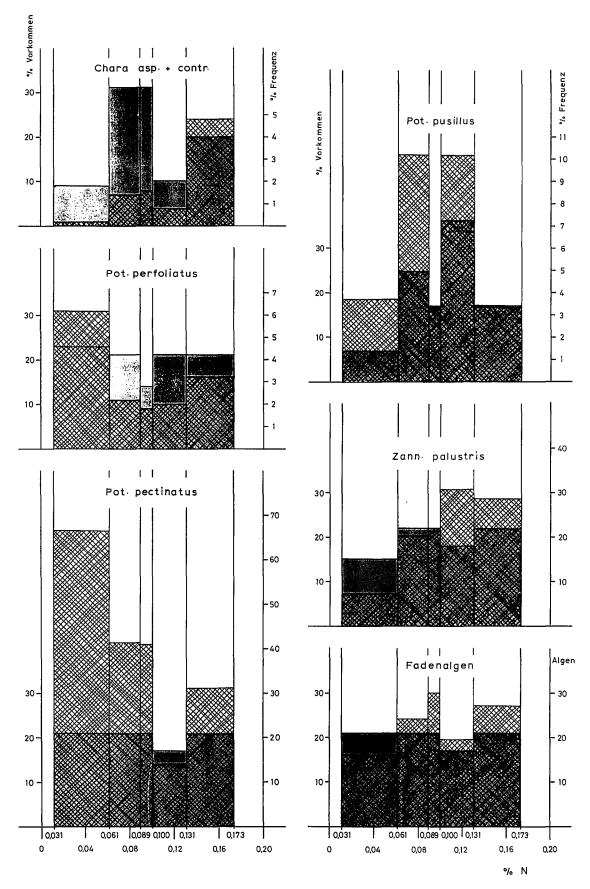
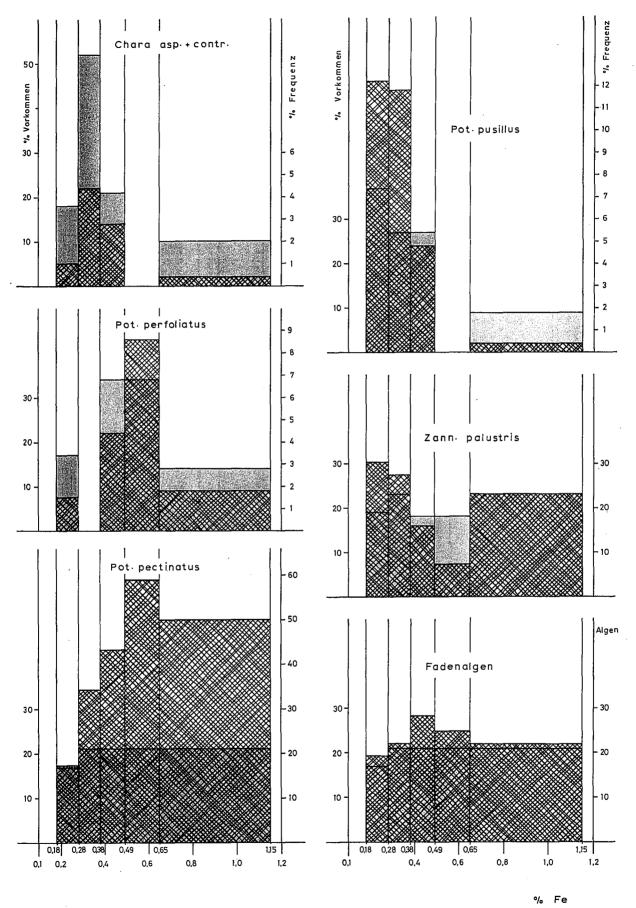


Abb. 7

Häufigkeitsverteilung der Arten nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:



АЬЬ. 8

Häufigkeitsverteilung der Arten

nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:



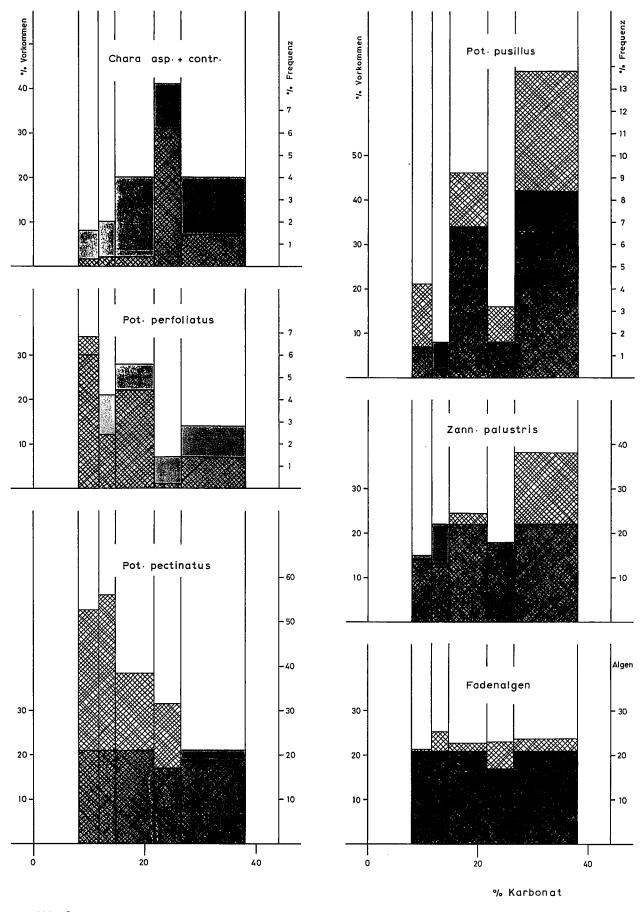
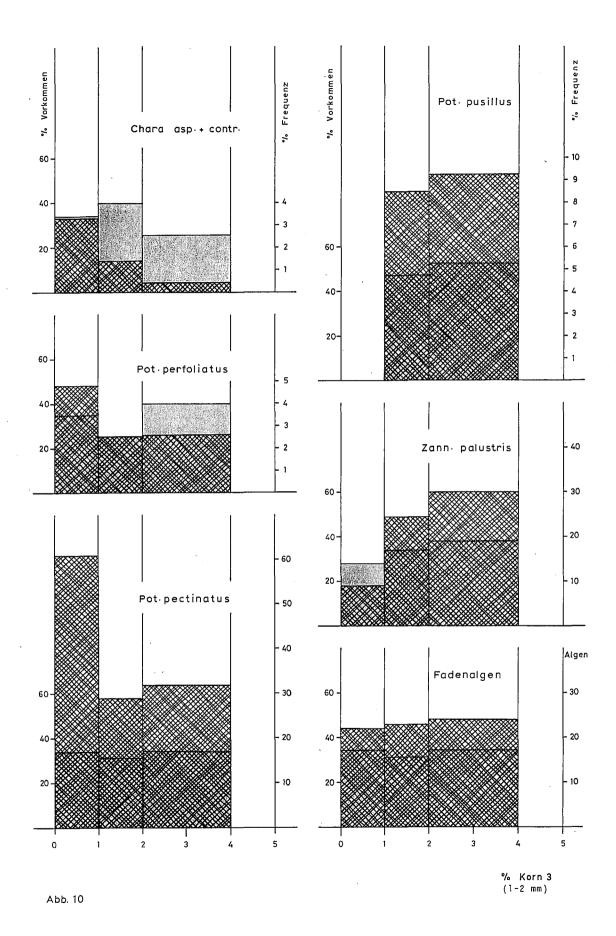


Abb. 9

Häufigkeitsverteilung der Arten nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:



Häufigkeitsverteilung der Arten

nach Frequenz : Vorkommen insgesamt :



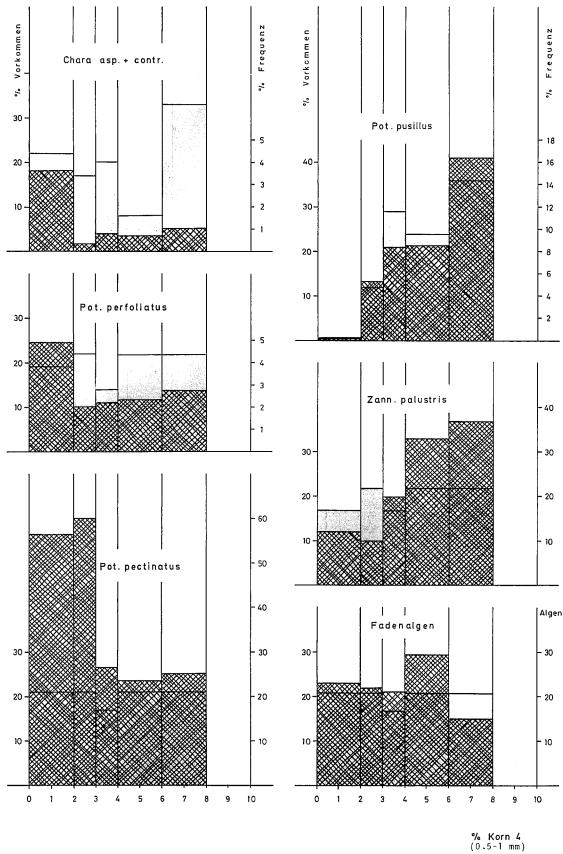


Abb. 11

Häufigkeitsverteilung der Arten nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:

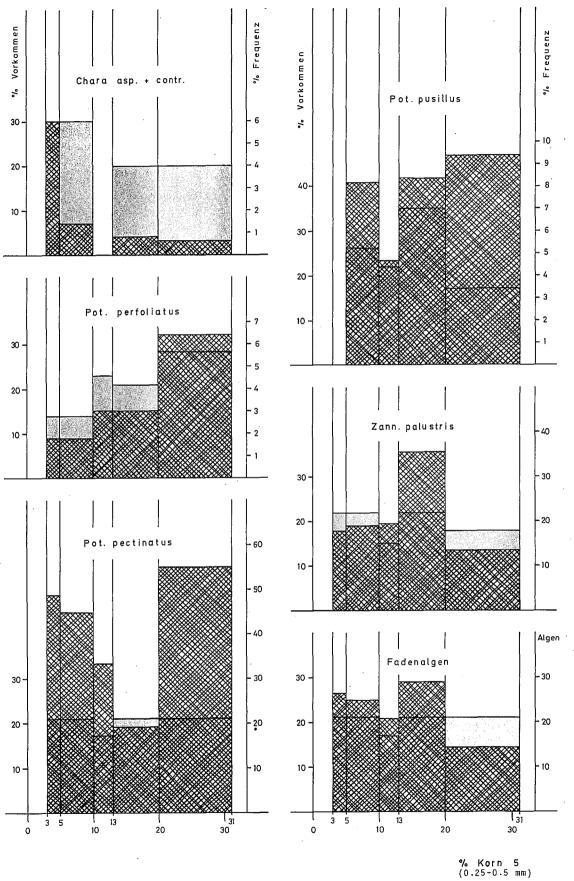


Abb. 12

Häufigkeitsverteilung der Arten

nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:



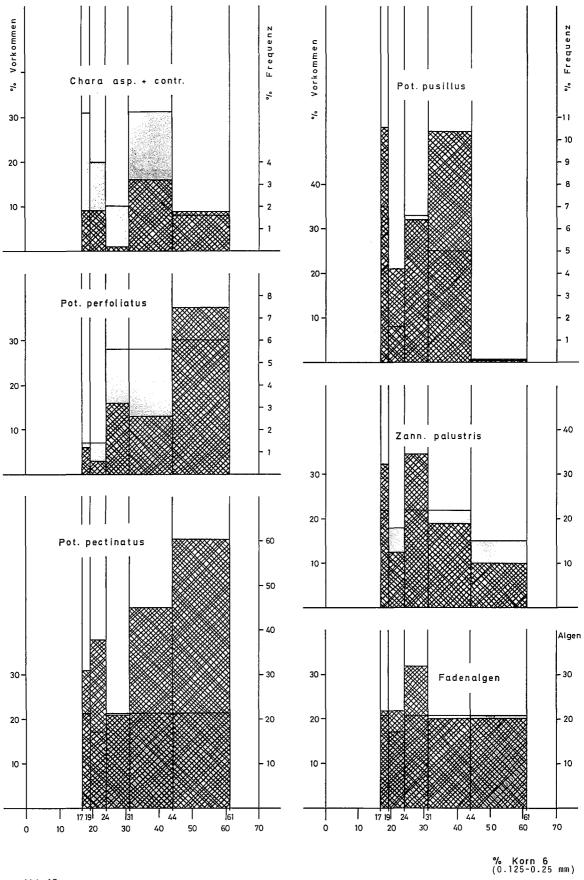
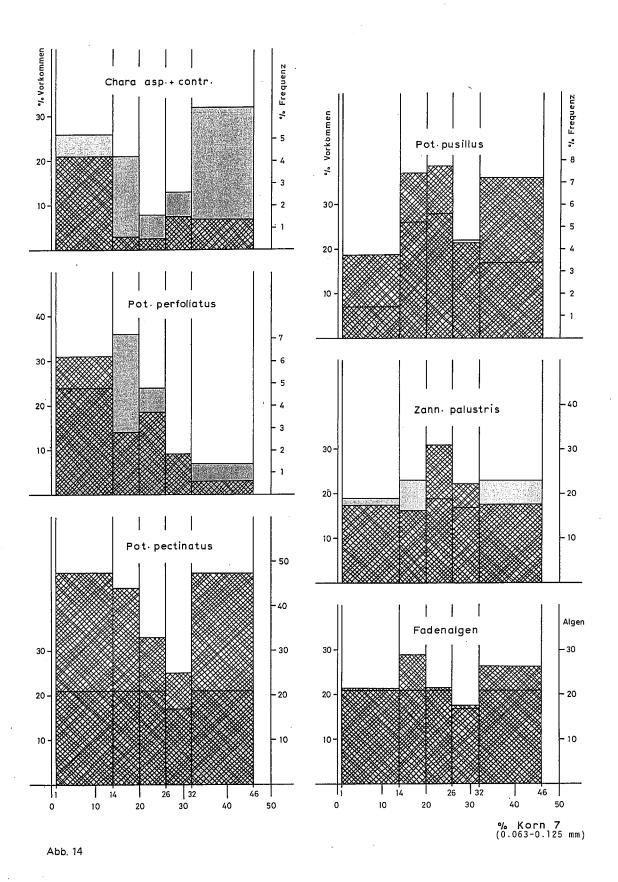


Abb. 13

Häufigkeitsverteilung der Arten nach Frequenz:

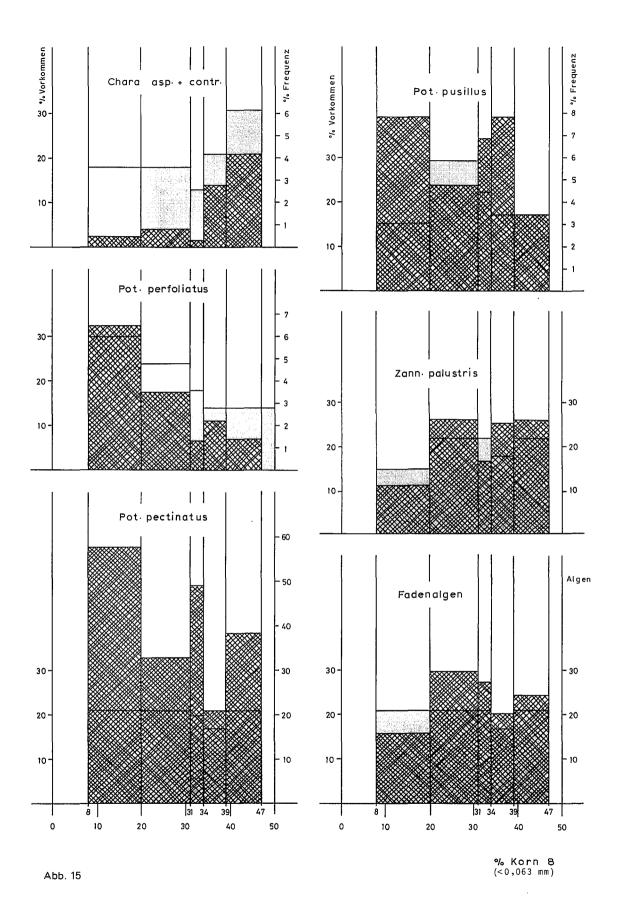
Vorkommen insgesamt:



Häufigkeitsverteilung der Arten

nach Frequenz : Vorkommen insgesamt:





Häufigkeitsverteilung der Arten nach Frequenz:

Vorkommen insgesamt:

3.1.4 Die Beziehung zwischen einem Verbund von Umweltfaktoren und der Artfrequenz

Aus der linearen Korrelation (siehe 3.1.2) erbibt sich, dass nur wenig edaphische Grössen von Einfluss auf das Vorkommen einzelner Arten sein dürften. Dazu gehört der Gehalt an organischem Kohlenstoff, Eisen, Stickstoff und Karbonat im Sediment, sowie die Kornklasse 4 (= 0,5 bis 1,0 mm Durchmesser). Diese Parameter werden bei der folgenden "Partiellen Korrelation" primär berücksichtigt. Aus den übrigen Umweltparametern werden jene Werte ausgewählt, deren Signifikanzschranke p ≤5 % beträgt. Auf rechnerischem Wege lassen sich schliesslich über die "schrittweise multiple Korrelationsanalyse" jene Grössen auslesen, die gemeinsam am besten geeignet sind, die Fluktuation der Art zu simulieren. Dabei wird aus einem unter diesen strengen Kriterien erstellten Angebot an Umweltparametern schrittweise stets jener herausgesucht, der am besten geeignet ist, die Reststreuung der vorangegangenen Faktorenkombination zu erklären. Man erhält letztlich eine Auswahl von drei, vier oder fünf Umweltgrössen.

Die Verknüpfung der einzelnen Grössen kann additiv oder/und multiplikativ erfolgen. Entscheidend ist der Korrelationskoeffizient. Aus anderen biologischen Abläufen wissen wir, dass Umweltgrössen meist in multiplikativer Weise in biologische Entwicklungsprozesse eingreifen, so dass der rechnerische Ansatz lautet: Anteil der Art $\stackrel{\vee}{=}$ a * $x_1^{b_1}$ 1 * $x_2^{b_2}$ 2 * $x_3^{b_3}$, wobei a als Proportionalitätsfaktor, x_1 , x_2 , x_3 als Umweltgrössen und b_1 , b_2 , b_3 , als Koeffizienten einer in logarithmischer Form durchgeführten multiplen Regressionsrechnung anzusehen sind (MARGALEF, R. 1965, SCHROEDER, R.,

und H., 1978).

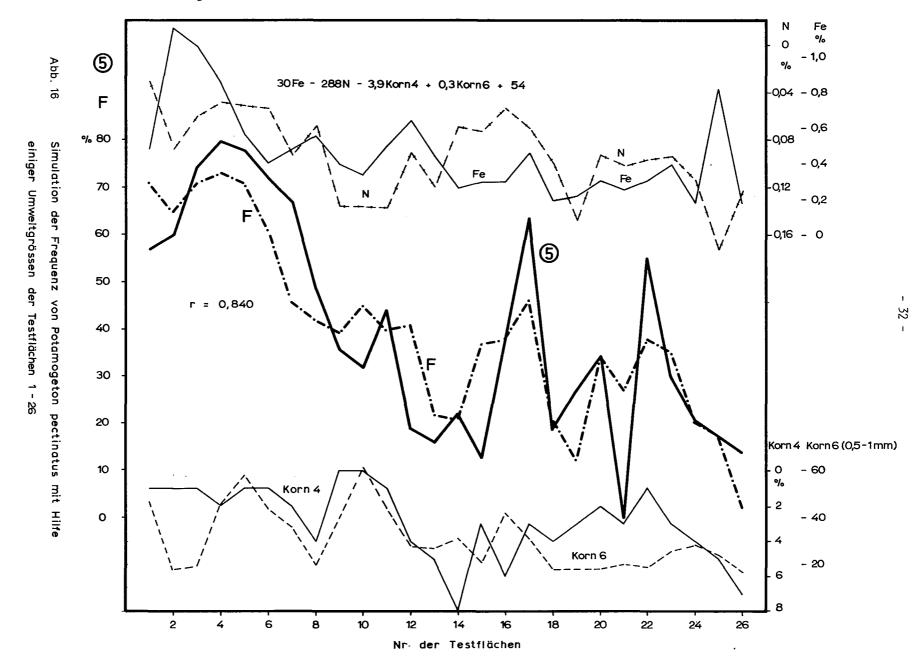
Durch die logarithmische Transformation wird das Streuband der Werte etwas verändert. Die auf den transformierten Werten beruhende Simulationskurve hat dadurch nicht die optimale Annäherung an die Artfrequenz. Mit Hilfe eines iterativen Verfahrens werden die Hochzahlen der Umweltgrössen korrigiert und dadurch die Simulationskurve jener der Artfrequenz weiter angenähert (HRADETZKY, J., 1978).

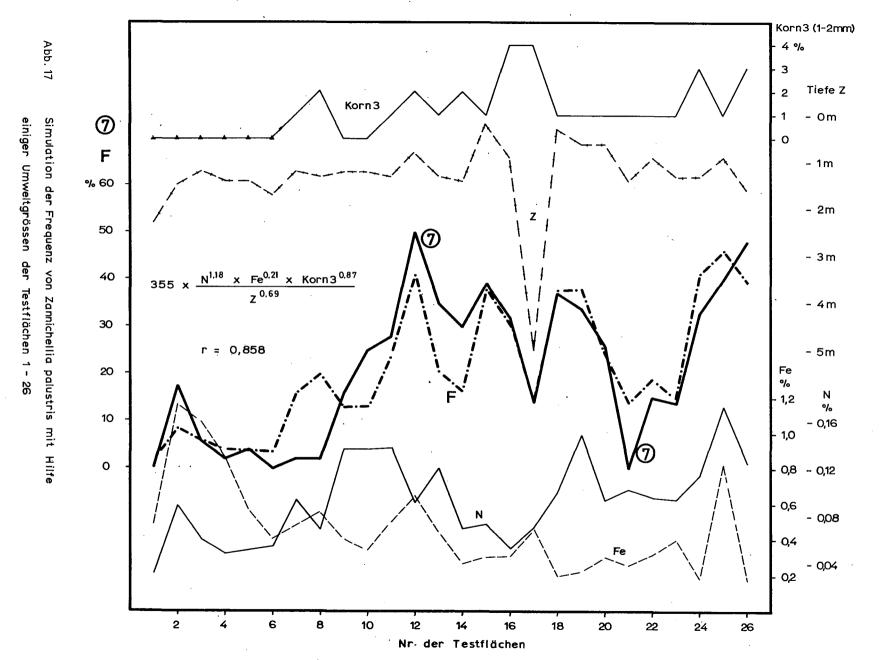
Die Simulationskurven für Zannichellia palustris und Potamogeton pusillus, sowie alle Simulationen in der Zeit (Kapitel 3.2.4) sind in dieser Weise bearbeitet worden. Die Korrelationen mit Potamogeton pectinatus erbrachten bessere Ergebnisse durch additive Verknüpfung der einzelnen Umweltfaktoren, vermutlich wegen des signifikanten Auftretens von zwei Korngrössenklassen.

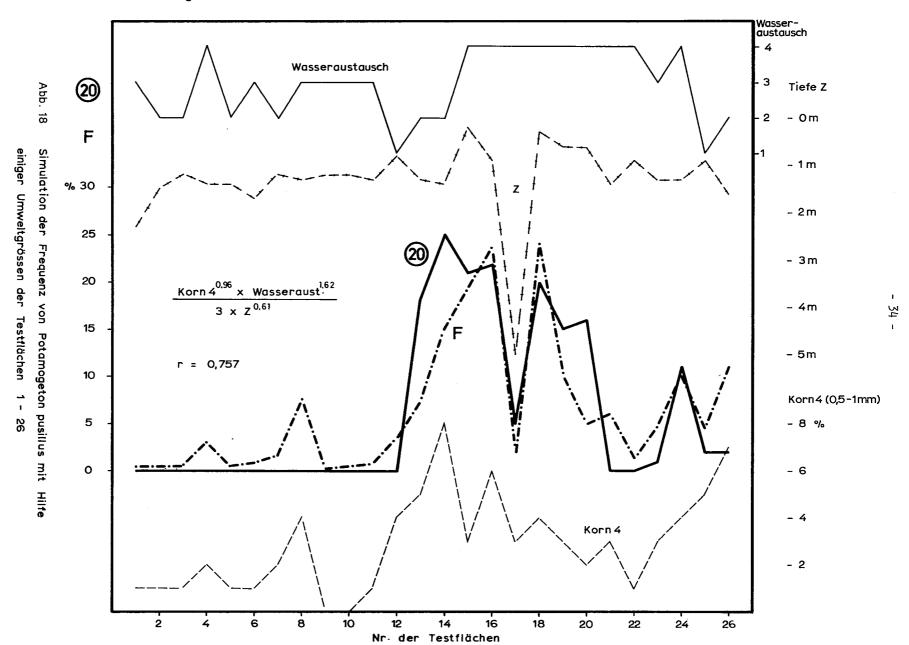
Die Arten Chara aspera und C. contraria, sowie Potamogeton perfoliatus kamen so selten vor, dass sie statistisch nicht auswertbar waren. Die Berechnungen für die Fadenalgen waren ebenfalls ergebnislos, obgleich genügend Daten vorhanden waren. Sämtliche Korrelationen mit den Umweltdaten waren erwartungsgemäss unsicher und somit ohne Aussage. Daraus lässt sich entnehmen, dass Fadenalgen ihren Standort unabhängig von edaphischen Faktoren wählen.

Ein wenn auch bescheidener Erfolg stellte sich bei der Berechnung von drei Arten ein (Abb. 16 - 18). Potamogeton pectinatus und Zannichellia palustris, die gemeinsam einen Frequenzanteil von rund 80 % der submersen Vegetation des Bodensees stellen, doch darin

weitgehend Antagonisten sind, haben in ihren edaphischen Formeln sowohl Stickstoff wie Eisen. Während das Eisen der Artfrequenz direkt proportional ausgewiesen ist, ist die Beziehung zum Sticksoff nur bei Zannichellia palustris direkt, bei Potamogeton pectinatus ist sie invers. Daraus geht theoretisch hervor, dass beide Arten auf den Stickstoff im Sediment ansprechen, dass indessen Zannichellia die trophisch höheren Ansprüche hat und Potamogeton pectinatus von stickstoffreicheren Standorten zu verdrängen in der Lage ist. Allerdings scheint Zannichellia im Gegensatz zu Potamogeton pectinatus auf geringere Wassertiefen angewiesen zu sein. Potamogeton pectinatus andererseits scheint im Gegensatz zu Zannichellia bestimmte Ansprüche an die Korngrösse des Substrats zu stellen, indem er feinkörnige (0,125 bis 0,25 mm Durchmesser) bevorzugt und gröbere (0,5 bis 1,0 mm Durchmesser) meidet.







Auch Potamogeton pusillus zieht geringere Wassertiefen vor, wächst hingegen auf gröberem Substrat und
stellt offenbar Ansprüche an einen erhöhten Wasseraustausch. Nährstoffe im Substrat scheinen keine oder
keine wesentliche Rolle für den Anteil der Art an der
submersen Pflanzengesellschaft zu spielen. Dabei muss
allerdings festgestellt werden, dass sich Potamogeton
pusillus während der Untersuchungszeit von 1967 bis
1978 über den Bodensee-Untersee und das im Mündungsbereich der Stockacher Aach liegende Nordwestende des
Ueberlinger Sees ausgebreitet hat. Es ist anzunehmen,
dass dieser Vorgang noch nicht abgeschlossen ist und
die Art ihren endgültigen Platz in der Pflanzengesellschaft noch nicht eingenommen hat.

Die in den Formeln ausgewiesenen Parameter zeigen in der Häufigkeitsverteilung (Abb. 2 bis 15) stets einen Trend in der Artfrequenz, der in direkter oder inverser Beziehung zur Konzentration des Parameters stehen kann. Somit ist eine überschlägige Kontrolle der Formeln möglich.

3.2 Die Veränderungen der Vegetation in der Zeit

3.2.1 Die Fluktuationen der Testvegetationen

Die Vegetation des Bodensees, besonders die des Untersees, findet ein sehr reiches Nährstoffangebot für ihre alljährliche Entwicklung vor. Es dürfte optimal sein und möglicherweise im Untersee bereits zu reichlich, wo die Vegetation zumindest als Biomasse im Rückgang begriffen ist. Der Pflanzennährstoff ist kaum mehr der die Produktion begrenzende Faktor wie in früheren Jahren, als noch dichte Verkrautung einen reichen Nährstoffzustrom signalisierte. Immerhin gibt es

Flächen, die durch übergrossen Zufluss von Nähr- und Schadstoffen verödet sind und ihre biocoenotische Stabilität verloren haben. Völlig atypischer und von Jahr zu Jahr wechselnder Bewuchs ist die Folge, sowohl qualitativ wie quantitativ. Die unter begrenzter Nährstoffzufuhr stehende Vegetation ist dagegen ausgeglichen, da sie auf andere Einflüsse (etwa auf erhöhte Temperatur) aus Nährstoffmangel nicht reagieren kann. Sie ist biocoenotisch stabiler. Diese Situation wirkt sich bei der submersen Vegetation besonders stark aus, da sich die Pflanzen jedes Frühjahr aus Ueberdauerungsorganen bzw. Samen neu entwickeln und teilweise auch gegenüber Konkurrenten verteidigen müssen. Je weniger Nährstoff den Neubeginn steuert, desto stärker ist der Einfluss anderer Faktoren, die jährlichen Fluktuationen sind stärker und damit auch die biocoenotische Labilität der Testvegetation.

Zu trennen ist diese Erscheinung von der Tatsache, dass eine Vegetation auch einem kontinuierlichen Artwechsel unterworfen sein kann, der freilich nur bei ziemlich ausgeglichenen, d.h. gut rückgekoppelten Oekosystemen zu beobachten ist, wie z.B. auf der Testfläche Ermatingen-Westerfeld im Untersee. Diese Fläche repräsentiert in erstaunlich guter Weise den Trend in der Vegetationsänderung des ganzen Sees. Dieser Trend, der allen Testvegetationen gemeinsam ist, muss bei der Ermittlung der Fluktuation eliminiert werden. Es wird deshalb zunächst für die Testfläche die Regressionslinie einer jeden Art als Anteil der Gesamtvegetation über die Beobachtungszeit von 12 bzw. 9 Jahren errechnet. Sie dient als Bezugsgrösse für die jährliche Abweichung der betreffenden Art. Die mittlere Grösse dieser Abweichungen wird durch den Standardfehler der Regressionslinie über die Beobachtungszeit wiedergegeben, ausgedrückt in der Einheit der Artfrequenz. Der durchschnittliche Standardfehler einer Vegetation ergibt ein Mass für die biocoenotische Labilität. Diese wiederum entspricht etwa dem Zustrom an Pflanzennährstoffen, wobei angenommen werden muss, dass weitere Faktoren in diese Beziehung modifizierend eingreifen. Doch hat die örtliche Ueberprüfung zu einer Bestätigung der Grundbeziehung geführt, die in den Tabellen 3 bis 6 aufgeführt ist.

I (1967 - 1970) II (1971 - 1974) III (1975 - 1978)

Testfläche	No	nnen:	horn]	Lind	au	:	Loch	au		Gais	sau	Eı	nten	bađ	Al	Altenrhein		Staad		ad
Land, Kanton		ВУ	· · · ·		ВУ			V			V		V				sc	3		S	G
Seeteil		0s	t		Ost		Ost			Ost			Ost				Os	;t	Ost		
Exposition		SS	W		SW	•	SW			NNO			NO				N	ī		N	w
Fläche m ²		39'2	00		36 ' 0	75	1	5 ' 50	0		95'400			175'000			15'6	500	14'600		
Uferform		Buc	ht		gera	.de	g	erad	e	we.	ite	Bucht	we.	ite	Bucht		Hor	n	we	ite	Bucht
Ufertyp		rbau hilf	-	ŧ	rbau hilf	-		rbau hilf	-	Sc	hilf	•	Sc	hilf	•	1	Verbauung Schilf		Ve	Verbauung	
Tiefe		1,5	m		2,5	m		2,3	m		1,5	m		1,2	m		1,4 m		1,4 m		m
Wasseraustausch	ge	ring	•	st	ark		st	ark		ge	ring		ge:	ring		sehr stark		gering		!	
Periode	I	II	III	I	II.	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	Ι	II	III
Fadenalgen Chara asp.+contr.	- 5	31 8	23 5	-	24	19	-	7	16	_	42 4	21 2	-	38	21	-	2	16	-	40	14
Najas marina Potam. pectin.	63	51	59	21	38	55	56	51	55	60	44	60	74	56	73	93	94	80	55	45	79
Potam. perfol Potam. lucens	32	10	13	73 6	33 5	23 3	44	39 3	25 3	40			26	5		7	4	2	42	13	3
Potam. pusillus Potam. crispus																					
Zannichellia pal. Ceratoph. demers					_						10	17		1	6			2	3	2	4
diverse																					
Standardfehler		11,3 6,0		4,5				15,1			13,2			6,6			10,0				

။ ယ (()

(Fortsetzung)

Testfläche		Horr	1		Arbo	n .		Luxbu	ırg	Müns Ost	sterl	g.		Münsterlg. West		Kre	Kreuzlinger		
Land, Kanton		TG			ТG			TG		TG				TG					
Seeteil		Süc	1		Süd			Süd			Süd			Süđ			Süd		
Exposition		NO			NO			NO			NNO			NNO			NNO		
Fläche m ²		35'00	00	:	37 ' 20	0	2	04'40	00		55'20	0	9.	2'900		4	8 500)	
Uferform	wei	.te Bı	icht	we:	ite B	ucht	wei	te Bu	icht	we:	ite B	ucht	wei	te Bu	cht	fas	t ger	ađe	
Ufertyp	Ve	rbauı	ıng	Ve	erbau	ung	s	chilf			erbau Schil	_	Verbauung			Verbauung			
Tiefe		1,7	m		1,2	m		1,3 n	1		1,2	m	1,2 m				n		
Wasseraustausch		stai	ck	,	gerin	g		stark			star	k		stark		stark			
Periode	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II_	III	I	II	III	I	II	III	
Fadenalgen Chara asp.contr.	19	26	21	12	31	27	42	43	46	11 26	32 39	35 13	8 26	42 26	32 11	13 1	21	21	
Najas marina Potam. pectin.	63	61	72	53 [.]	51	67	49	55	49	56	25	35	61	27	32	67	49	43	
Potam. perfol. Potam. lucens	16 2	12 1	7	19	14	4	9	1	3	6	2	1	4	1		14	14	8	
Potam. pusillus Potam. crispus				15	3														
Zannichellia pal. Ceratoph. demers.					1	2		1	2	1	2	16	1	4	25	5	15	28	
diverse				1															
Standardfehler	5,2				7,2		5,7			9,6			10,9				7,4		

39

Tab.: 5 Testflächen Charakterisierung
Obersee West, Untersee
(Fortsetzung)

Testfläche	E	30dma	n	Stockacher Bucht		Ludwigshf.			Tr	ibol	tg.	Wes	terf	eld		Hörr	nt		Moos			
Land, Kanton		BW	BW		BW		BW				TG			TG			BW			BW		
Seeteil		West		West		West			Untersee			Untersee			U	nter	see	Untersee				
Exposition		oso	ı		0			SO	•	NNO			N				O			0		
Fläche m ²	1.2	000	,	5	1'00	00	1	9'00	0	22	225'400			1'20	00	2	79'5	573	283'100			
Uferform	enge	Buc	ht	wei	te B	Bucht	en	ge B	ucht	fast gerade				Bucht			Horn			Bucht		
Ufertyp	1	smün	_	Flu		indg.		hilf		Schilf 0,9 m			Sc	rbau hilf		Schilf			1	indg.		
Tiefe unter mMW Wasseraustausch		0,8 ger		İ	1,3 geri			,4 m			,9 m r st			1,3 star		l	1,3 m sehr stark				0,9 m r gering	
Periode	I	II	III	I	II	III	I	ΙΙ	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Fadenalgen Chara asp.+contr.	16	41 1	29	17 12	29	25	14 40	13 23	19 2	18 7	33 3	23 6	25 6	56	46 1	1 17	55 8	34	7	42	23	
Najas marina Potam. pectin	54	28	19	37	21	16	30	23	22	63	57	56	3 31	28	29	41 30	1 9	21	28	12	17	
Potam. perfol. Potam. lucens				12 7	15 12	3 3	4	1 1	2	1 1	1		25 9	5 4	5 4	9	9	1	15	3	7	
Potam. pusillus Potam. crispus	5			1	1	18 1		8 1	25						1	1 1		11	17	3	2 1	
Zannichellia pal. Ceratoph. demers	23	30	51	13	22	34	11	30	30	10	6	15	1	6	14		18	32	1	27	39	
diverse	2		1	1			1							1.				1	32	13	11	
Standardfehler	1	9,0			8,9		10,4		7,4			6,1			1	3,6		1	3,3			

(Fortsetzung)

Testfläche	Ra	dolfz	zell	E.B	. "F	eld"	E.B	. "D	amm"	Е.В	. "R	ied"	E.B	. Dr	eieck	E.B	. Sc	hlauch	E.I	3. I	nsel	
Land, Kanton		BW			BW			BW			BW	•	BW		BW				BW			
Seeteil	U:	nters	see	Un	ters	ee	Untersee			Untersee			Untersee			Uı	nter	see	Uı	nter	see	
Exposition	i	SO			360 ⁰	1		s		SW			360 ^o				-		360 ⁰			
Fläche	. 2	60 ' 31	L1	1'	143'	720	37.	1'83	0	4	18'3	60	1.	36'0	90	2.	15'2	50	55'120			
Uferform	wei	te Bı	ıcht	u	ferl	.os		gera	de	gerade			uferlos			fast gerade Fliesstrecke			,	uferlos		
Ufertyp	s	chil:	£	ļ	_		Sc	hilf		s	chil	f.		-		s	chil	f		-		
Tiefe unter mMW		1,6 1	n		0,6	m	·o	,6 m			0,3	m		0,9	m.		0,2 m		5,0 m		m	
Wasseraustausch	g	erin	3	seh	r st	ark	seh	r st	ark	seh	r st	ark	se	hr s	tark .	seh	sehr stark		k sehr sta		tark	
Periode	I	ıı	III	I	II		I	II	III	I.	II	III	I	II	III	L	II	!	I	II	III	
Fadenalgen Chara asp.+contr.	6	26	19	32 1	34 2	24	24 4	43	24	22 20	30 6	20 4	22	21 1	8 1	29 7	34	22 3	23	24	13	
Najas marina Potam. pectin.	5	12	14	59	42	33	54	31	27	40	27	19	46	35	37	33	11	13	56	63	62	
Potam. perfol. Potam. lucens	48	14	6	3			5						13	9		4		1	21	1.1	6	
Potam. pusillus Potam. crispus			2		3	16			15		3	20		6	22		4	21			5	
Zannichellia pal. Ceratoph. demers.	12	·26	48	5	19	26	1.1	23	34	18	34	37	18	27	32	24 1	47	40		1	14	
diverse	29	9	10				2	3					1	1		2				1		
Standardfehler	1	3,5		1	7 , 6			7,7			10,1			12,5)		9,2			10,3		

- 41 -

3.2.2 Der Trend in den Testvegetationen

Während Flukuationen auf die örtlichen trophischen, möglicherweise auch toxischen Gegebenheiten hinweisen, ist die Entwicklung einer Vegetation über die Beobachtungszeit ein Hinweis auf die Aenderung der allgemeinen trophischen Situation des Sees. Sie äussert sich in einer Verschiebung der Zusammensetzung der Vegetation, d.h. in ihren artspezifischen Anteilen. Ein Trend wird sichtbar.

Um Fluktuationen möglichst zu eliminieren, sind aus den 12 Beobachtungsjahren jeweils vier zu drei Gruppen (I - III) zusammengefasst, die für die Jahre 1967 bis 1970, 1971 bis 1974, 1975 - 1978 stehen und in den Tabellen 3 bis 6 nach Arten getrennt aufgeführt sind.

Folgende Befunde lassen sich daraus ableiten:

a) Die Veralgung scheint im Obersee Ost (Tab. 3) in der zweiten Beobachtungsperiode stark zugenommen zu haben. Allerdings ist in diesem Seeteil die erste Beobachtungsperiode nur durch das Jahr 1967 vertreten, in dem auch in den anderen Seeteilen nur geringe Anteile an Fadenalgen gemeldet wurden. Doch bringt die dritte Periode wieder einen leichten Rückgang der Veralgung von durchschnittlich 26,3 auf 18,6 %. Im Südteil des Sees (Tab. 4) beträgt der durchschnittliche Anteil der Fadenalgen in der I. Periode 17,5 %. Er erreicht in der II. Periode 32,5 % und vermindert sich in der III. Periode auf 30,3 %. Derselbe Trend liegt im Westteil des Sees vor. Auf den 11 Flächen des Untersees wird er ebenfalls bestätigt (19,0 %, 36,2 %, 23,2 %), wobei die relativ starke Abnahme in der III. Periode aus-

fällt. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse aus den einzelnen Seeteilen sowie für den ganzen See zusammengefasst.

Art		Ost	Süd	West	Unter- see	Bodensee insgesamt
Fadenalgen	I	-	17,5	15,7	19,0	13,1 (aus-
	II	26,3	32,5	27,7	36,2	30,7 ser
	III	18,6	30,3	24,3	23,2	24,1 Ost-
Potamoge-	I	60,3	58,2	40,3	40,5	teil) 49,8 38,1 41,4
ton pec-	II	54,1	44,7	24,0	29,7	
tinatus	III	66,0	49,7	19,0	29,8	
Potamoge-	I	37,7	11,3	5,3	12,7	16,8
ton per-	II	14,9	7,3	5,3	4,7	8,4
foliatus	III	9,4	3,8	1,7	2,3	4,9
Zannichel-	I	0,4	1,2	15,7	8,0	6,3
lia palu-	II	1,9	3,8	27,3	21,3	13,2
stris	III	4.1	12.2	38,3	30,1	20,6
Potamoge-	I	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
ton pu-	II	0,0	0,0	3,0	1,5	1,1
sillus	III	0,0	0,0	14,3	10,5	6,2

Spiegelbildlich zur Entwicklung der Fadenalgen verläuft jene von Potamogeton pectinatus, der im Bodensee häufigsten Wasserpflanze. Abweichend von diesem Trend ist die Situation im Westteil des Sees, wo diese Art in der 3. Periode erheblich zurückgegangen ist und die Flächen von den nährstoffliebenden Konkurrenzpflanzen Potamogeton pusillus und Zannichellia palustris erobert wurden.

 b) Zu den einen eindeutigen Trend signalisierenden Pflanzen gehört Potamogeton perfoliatus. Dieses Laichkraut hat - neben den hier nicht aufgeführten Characeen und Najas marina - die stärksten Verluste in den vier Seeteilen hinnehmen müssen. Die Pflanze leidet unter dem Verbiss durch Schwäne, doch vor allem unter der biogenen Entkalkung auf Blättern und Stengel, die zu starker Verkrustung, Verlust der Elastizität und schliesslich zum Bruch des Sprosses unter Welleneinwirkung führt.

Die Kalkverkrustungen traten besonders bei Beständen der Stillwaserzonen auf, die auch sehr bald darauf verschwanden. Am längsten konnte sich Potamogeton perfoliatus in gut durchströmten Biotopen, etwa im Rhein bei Gottlieben oder auf der stark windexponierten Ostspitze der Halbinsel Höri im Untersee halten. Es kann deshalb angenommen werden, dass die Assimilationsleistung der Pfanzen durch das erhöhte Nährstoffangebot in einem solchen Masse zugenommen hat, dass Blätter und Stengel nicht mehr von dem biogen sich anlagernden Kalk freigehalten werden konnten. Erhöhtes Nährstoffangebot führt auch bei Potamogeton pusillus und Zannichellia palustris zu einer trendartigen Entwicklung, doch in entgegengesetzter Weise. Beide Arten erfuhren in der Untersuchungszeit eine rasante Ausbreitung, die bei Zannichellia etwas früher einsetzte als bei Potamogeton pusillus und auch alle Seeteile ergriff. Da beide Arten eutrophe Lebensbedingungen bevorzugen, Potamogeton pusillus mehr noch als Zannichellia, sind sie zur vergleichenden trophischen Charakterisierung der Seeteile so gut geeignet wie zum Ablesen der trophischen Entwicklung in den vergangenen Jahren. Lässt man einmal den Seeteil West unbeachtet, der durch drei Flächen im Einflussbereich der stark belasteten Stockacher Aach vertreten ist, so war in den vergangenen 12 Jahren Potamogeton pusillus im eutrophen Untersee mit 4,0 %, Zannichellia mit 19,8 % vertreten gewesen. Auf den Testflächen im Obersee Süd ist Potamogeton pusillus (noch) nicht vertreten, Zannichellia bereits mit 5,7 % und auch im Ostteil des Sees wurde Potamogeton pusillus noch nicht gefunden, Zannichellia hingegen mit 0,8 %. Die Ergebnisse zeigen, dass die Uferzone des Untersees in der trophischen Entwicklung den übrigen Seeteilen voraus ist, jene des Ostteiles hingegen am wenigsten belastet sind. Trotz der unterschiedlichen trophischen Situation sind jedoch alle Seeteile gleichermassen von der Eutrophierung des Sees erfasst.

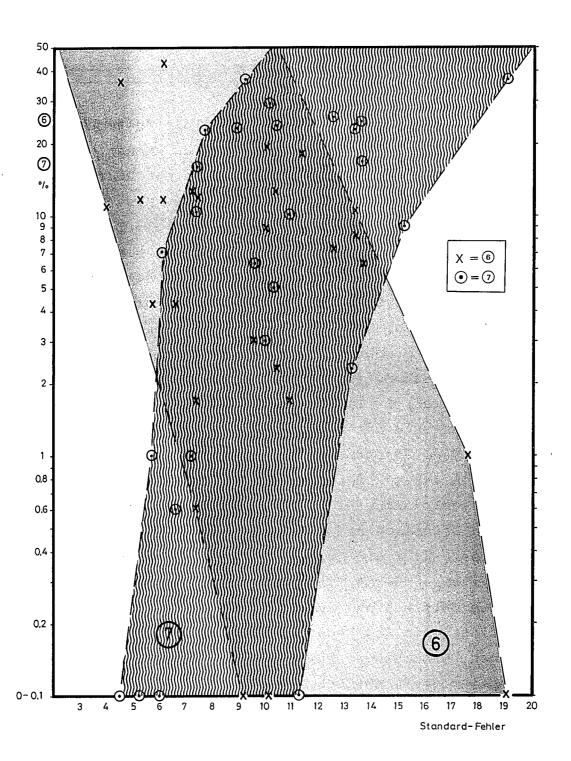
Die Eutrophierung ist offenbar auch die Ursache für das stets seltenere Auftreten oder gar völlige Erlöschen von Arten, die nur geringe Verbreitung im See besitzen. Vor allem Characeen und Najas marina, doch auch Potamogeton crispus und andere nahmen in der ersten Beobachtungsperiode noch 14 % ein. In der zweiten und dritten Periode gingen sie auf 8,5 bzw. 3,1 % zurück, d.h. es hat sich ein Trend zur Artenverarmung eingestellt. Verminderung an Arten bedeutet, dass sich die Lebensbedingungen auf der Uferbank in Richtung auf einen Extremwert zubewegen.

3.2.3 Der Standardfehler der Testvegetation und ihre Indikatorarten

Aus der Grösse der Fluktuationen kann auf den direkten Nährstoffzufluss geschlossen werden, welcher der Vegetation während er Frühjahrsentwicklung zur Verfügung steht. Er beeinflusst den Standardfehler. Aus der ört-

lichen Zusammensetzung der Vegetation können die trophischen Bedingungen abgeleitet werden: Je mehr Zannichellia und je weniger Potamogeton perfoliatus, desto eutropher ist der Standort. Es wäre daraus zu folgern: Je höher der Trophiegrad nach der artlichen Zusammensetzung eingestuft wird, desto grösser müsste der Standardfehler sein. Diese Beziehung besteht indessen nur sehr locker (Abb. 19), da die meisten Pflanzen sowohl auf die Nährstoffkonzentration im Wasser, wie auf die im Sediment reagieren (FINGERLIN, 1975).

Die tophische Beurteilung einer Testfläche muss folglich unter Berücksichtigung beider Kriterien erfolgen: Sowohl der Zusammensetzung der Vegetation wie ihren jährlichen Fluktuationen.



3.2.4 Die Beziehung zwischen einem Verbund von Umweltfaktoren und der Artfrequenz

Obwohl auch interne Rhythmen in die Zusammensetzung der Vegetation steuernd eingreifen können, wirken sich auf die Pflanzengesellschaft der Uferzone vor allem von aussen kommende Einflüsse aus. Dies geschieht besonders im Frühjahr, wenn die Vegetation neu aufgebaut wird. Die Umstände für die Verteilung der Samen in der Zeit zwischen den Vegetationsperioden, die physikalischen, chemischen und biologischen Bedingungen, die zum Auslösen der Keimentwicklung führen und unter denen sie schliesslich abläuft, sind von Bedeutung für die Zusammensetzung der Vegetation im Sommer. Es lässt sich auch beobachten, dass sich die Anteile der Florenelemente im Laufe des Aufbaues der Vegetation noch verschieben, da der Zeitpunkt für das Auskeimen der einzelnen Arten verschieden ist. Unterschiedlich ist auch die Entwicklungsgeschwindigkeit und letztlich die Biomasse, doch sind diese beiden Grössen für die Auswertung nach dem hier verwendeten Kriterium der Artfrequenz ohne Bedeutung. Dennoch ist die Entflechtung des möglichen Kausalgefüges auf statistischem Wege sehr schwierig und muss hier auf einen Versuch beschränkt bleiben. Streng genommen ist sie sogar unmöglich, da statistische Korrelationsrechnungen nur Koinzidenzen aufzuzeigen vermögen. Trotzdem sind diese aufschlussreich, da experimentelle Befunde aus anderen Arbeiten vorliegen und zur Interpretation verwendet werden können.

Folgende statistische Schritte wurden vorgenommen:

a) Ueber den Beobachtungszeitraum von 12 Jahren wird die Streuung einer Art, ihre wechselnde Frequenz

oder Fluktuation, mit der Streuung eines Umweltfaktors statistisch verglichen ("lineare Korrelation"). Die Art der gewählten Umweltgrössen, ihr
Beobachtungszeitraum und ihre zeitliche Auflösung
gehen aus Abb. 20 und 23 bis 30 hervor.

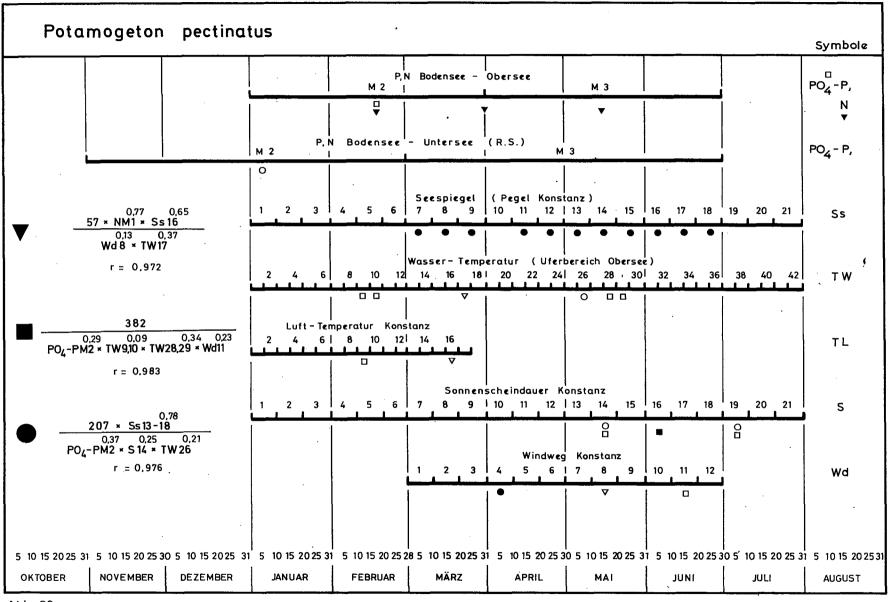
Aus der Fülle der Umweltfaktoren, welche den Moment des Auskeimens einer Pflanze, die Geschwindigkeit ihrer Entwicklung und schliesslich auch ihre Resistenz gegenüber konkurrierenden Arten bestimmen, konnte nur eine bescheidene Auswahl getroffen werden. Es ist nicht nur der Umweltfaktor zu betrachten, sondern auch der Zeitpunkt seiner Wirksamkeit. So wurden die Nährstoffe Totalphosphor, Phosphatphosphor nach molybdän blau-Mehode und anorganischer Stickstoff in drei Mittelwerte aufgegliedert (Obersee: Januar bis März, April bis Juni, Januar bis Juni. Untersee: November bis Februar, März bis Juni, November bis Juni), um das Schichtungsverhalten des Sees und die unterschiedlichen Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen zu berücksichtigen. Leider liegen keine chemischen Wasseranalysen an den Pflanzenstandorten unmittelbar vor, sodass auf Daten des Freiwassers zurückgegriffen werden muss. Aus anderen Untersuchungen geht indessen hervor, dass der Wasseraustausch zwischen Uferbank und Freiwasserzone so gross ist, dass kein wesentlicher Gradient, schon gar nicht bei einem dreimonatigen Mittelwert, auftreten kann. Seespiegelverhältnisse (Pegel Konstanz) und die Sonnenscheindauer wurden in Dekadenmittel, die Wassertemperaturen in Pentatenmitteln über die ersten sieben Monate des Jahres in die Rechnung eingegeben. Die Lufttemperatur, die nur in der Zeit niederer Wasserstände von Einfluss sein kann, wird im Pentatenmittel von Januar bis März

und der nur bei wasserbedeckten Vegetationsflächen wirksame Windweg in Dekadenmitteln von März bis Juni bewertet. Insgesamt ergeben sich 119 zeitlich definierte Umweltparameter, die mit der biologischen Gösse der Frequenz über den Verlauf der 12 Beobachtungsjahre statistisch verglichen werden.

Ueber den mehr oder weniger gleichsinnigen Verlauf der Wertpaare gibt der Korrelationskoeffizient r Auskunft, der zwischen 0 (= Pessimum) und 1 (= Optimum) liegt. Mit dieser Grösse kann die Bedeutung eines Umweltparameters für die betrachtete Art beurteilt werden. Es ergibt sich daraus, dass die Artfrequenz mit dem Faktor Pflanzennährstoff (Phosphor und Stickstoff) am häufigsten koinzidiert.

Für jede Pflanzenart eines Seeteiles werden jene Umweltparamter ausgewählt, deren Signifikanzschranke p ≤5 % ist. Sie sind in den Skalen der Abb. 20 und 23 bis 30 zusammengestellt. Es besteht eine statistische Wahrscheinlichkeit, dass die bezeichneten Umweltfaktoren auf die Entwicklung der betreffenden Art von Einfluss sind. Der Einfluss kann direkt sein oder aber indirekt über die anderen Glieder der Vegetation wirksam werden. Die einzelnen Umweltgrössen können sich möglicherweise auch gegenseitig ersetzen und additiv wirken usw.

Wie in Kapitel 3.3.4 bereits dargelegt, werden auf dem Wege der schrittweisen multiplen Korrelationsanalyse jene Umweltgrössen ausgelesen, die gemeinsam am besten geeignet sind, die Fluktuation einer Art zu simulieren. Die Verknüpfung der einzelnen Faktoren geschieht hier multiplikativ.

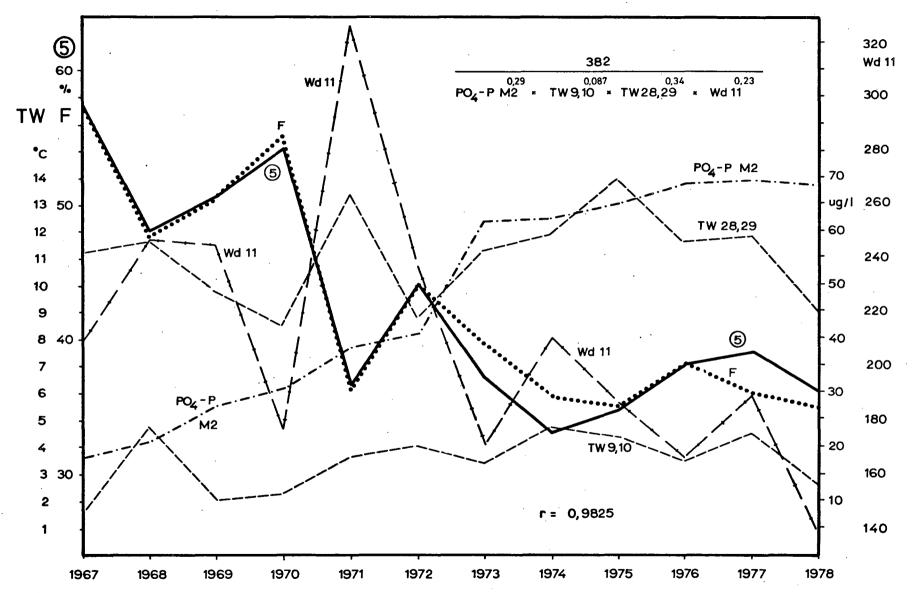


Am Beispiel von Potamogeton pectinatus (Abb. 21) ist die Fluktuation der Art (5), die zur Simulation benutzten Umweltparameter und die daraus errechnete Fluktuationskurve F in den 12 Beobachtungsjahren wiedergegeben. Die Beziehung der kartierten (5) und der errechneten (F) Fluktuation zeigt Abb. 22 und liefert ein Beispiel für die Aussagefähigkeit der Faktorenkombinationen, die für die häufigsten Arten in den drei Teilen des Sees angegeben sind.

Von wasserwirtschaftlichem Interesse ist die Auswahl jener Umweltparameter, die steuernd in die Entwicklung der Vegetation eingreifen können. Sie sind zu verstehen als Grössen, die für die Ansprüche der Arten als nicht immer optimal vorkommen, doch wichtig genug sind, um den Entwicklungsablauf zu beeinflussen. Die in den Parameterskalen aufgeführten Grössen können aus zwei Gründen fehlen: Entweder befinden sie sich im optimalen Bereich für eine Art (z.B die Nährstoffe für die eutraphenten Fadenalgen des Untersees) oder sie haben überhaupt keine Bedeutung. Die Entscheidung ist im Einzelfall schwierig bzw. nur experimentell zu treffen.

Die in den Parameterskalen (Abb. 20 und 23 bis 30) benutzten Symbole, besitzen folgende Bedeutung:

Bodensee Ost, Beziehung gleichsinnig ▼, gegensinnig ∇,
Bodensee Süd+West, Beziehung gleichsinnig □,
Untersee Beziehung gleichsinnig □, gegensinnig □,



ហ

Abb. 21 Simulation der Frequenz von Potamogeton pectinatus mit Hilfe einiger Umweltgrössen. (5): Kartierungsergebnisse, F: Rochenergebnis

POT. PECTINATUS OBERSEE S. + W.

Berechneter Wert

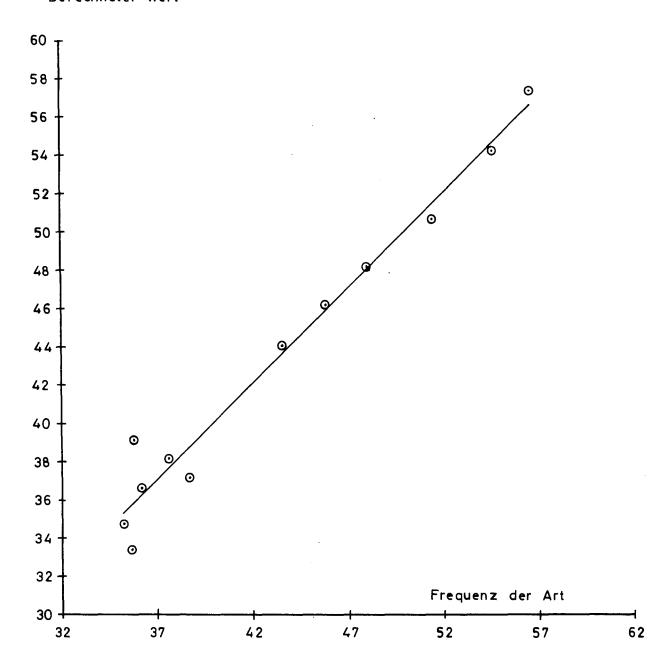
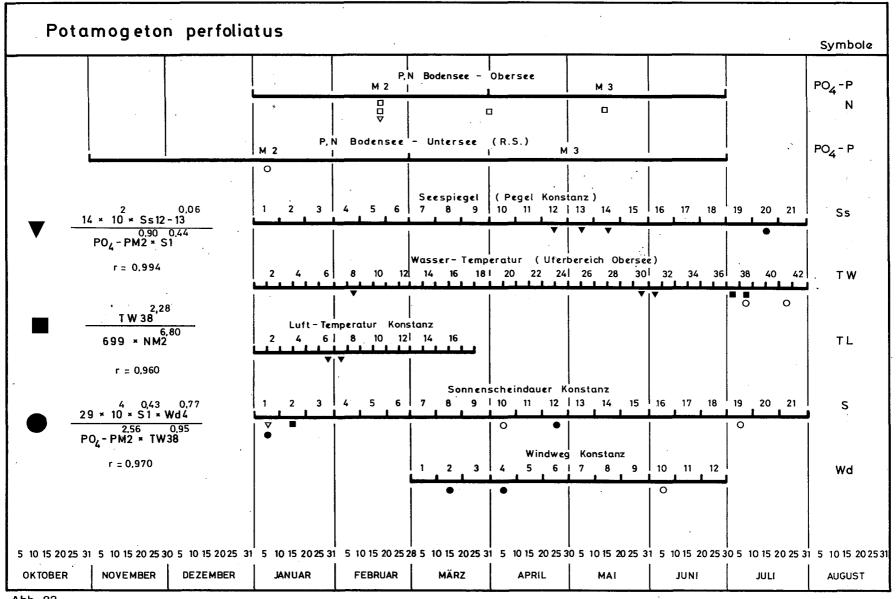
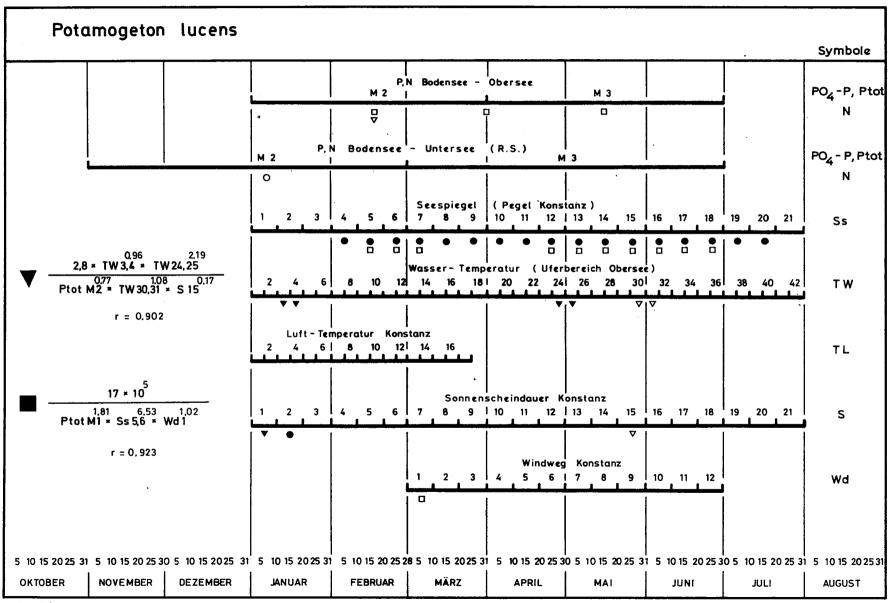
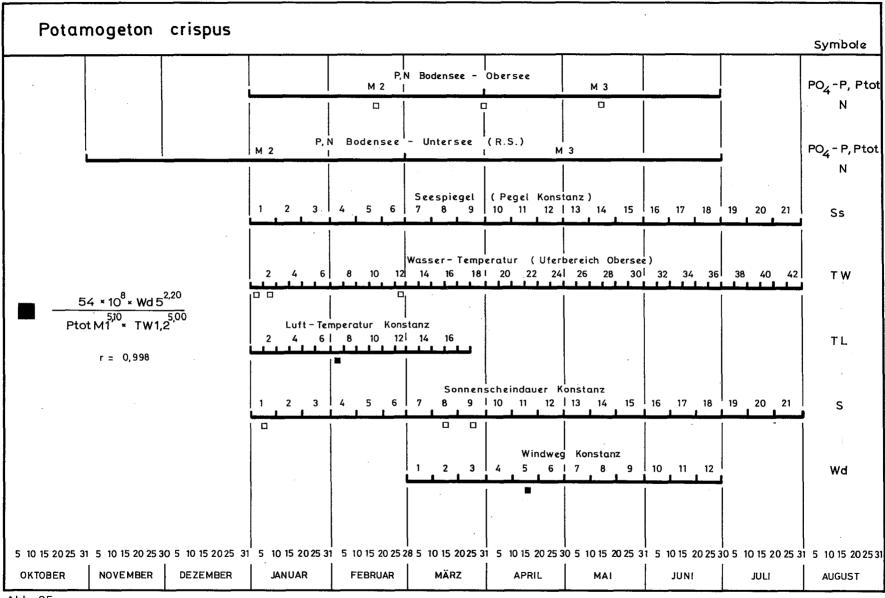
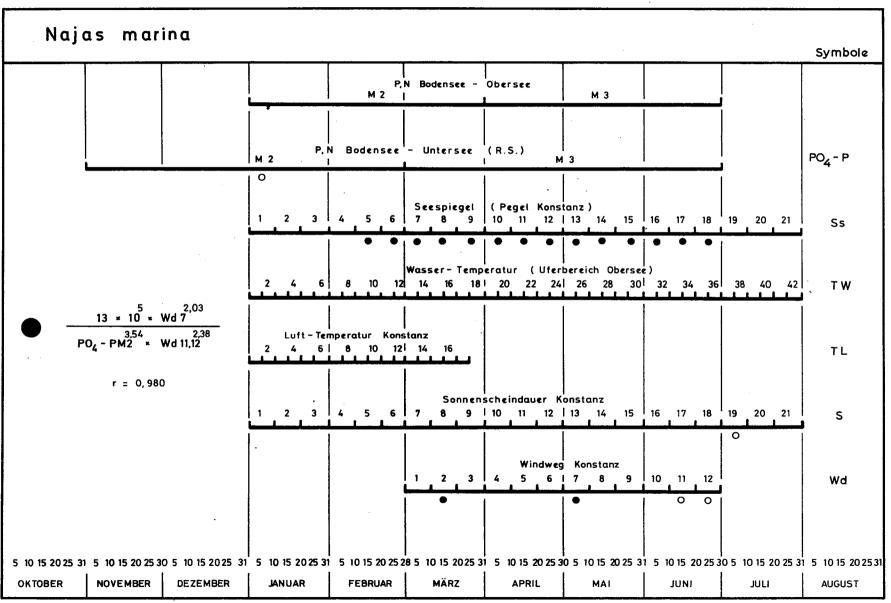


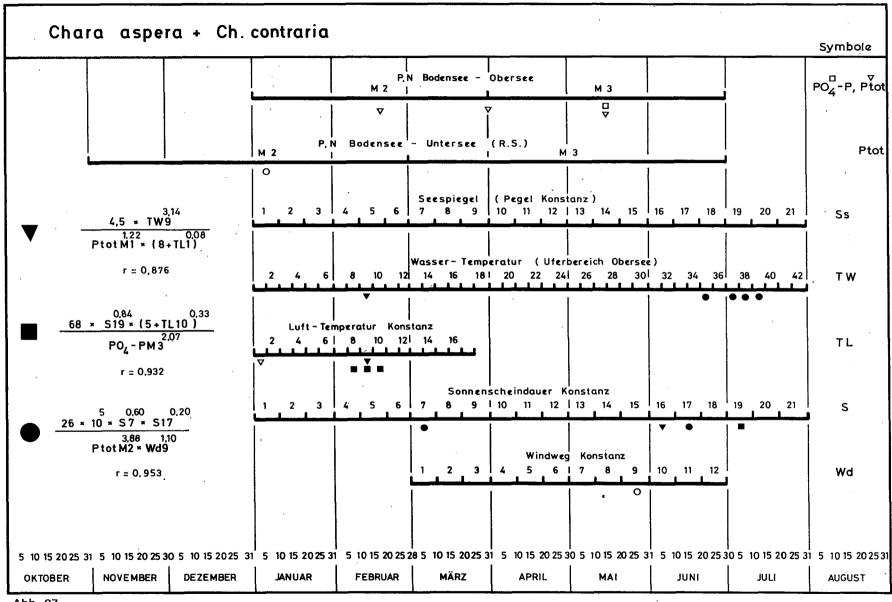
Abb. 22 Simulation der Frequenz von Potamogeton pectinatus mit Hilfe einiger Umweltgrössen (s. Abb. 21).

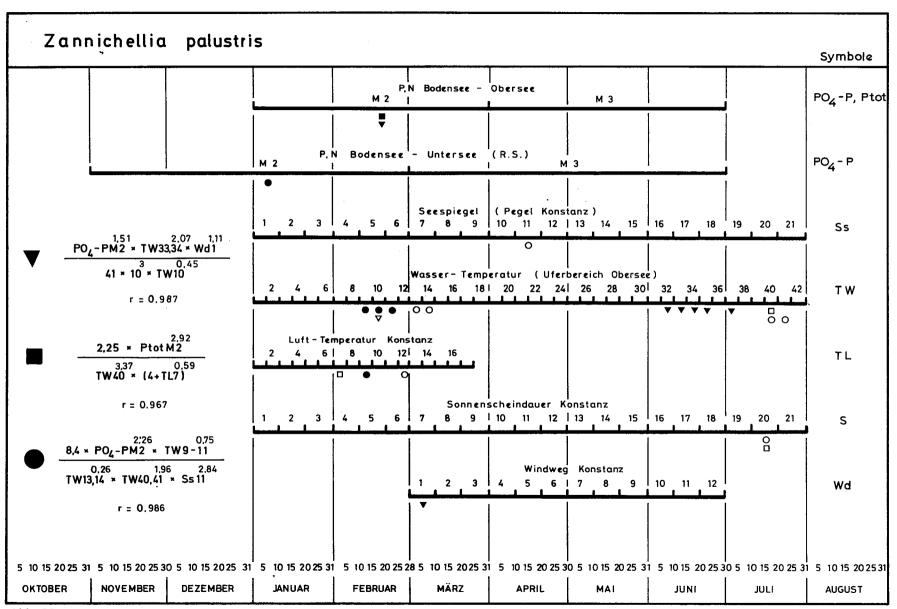


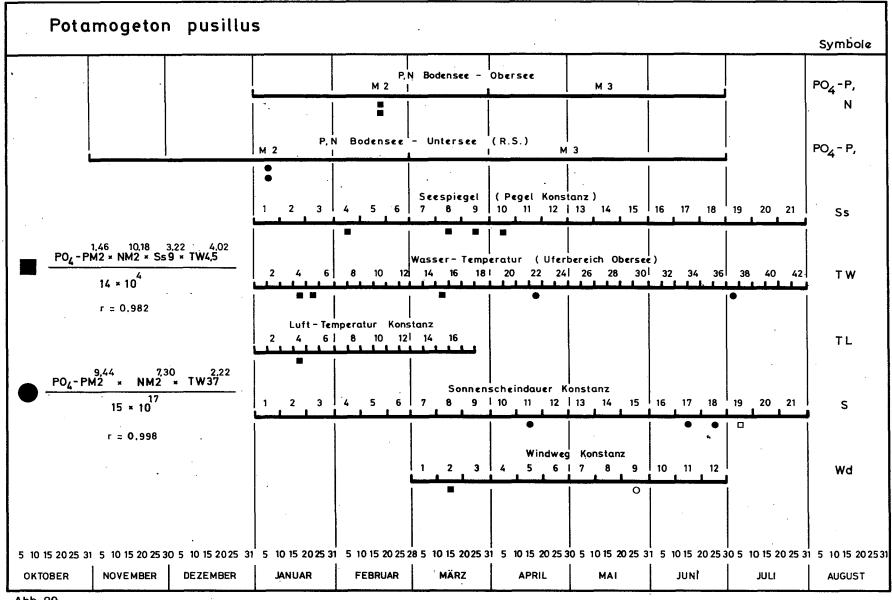


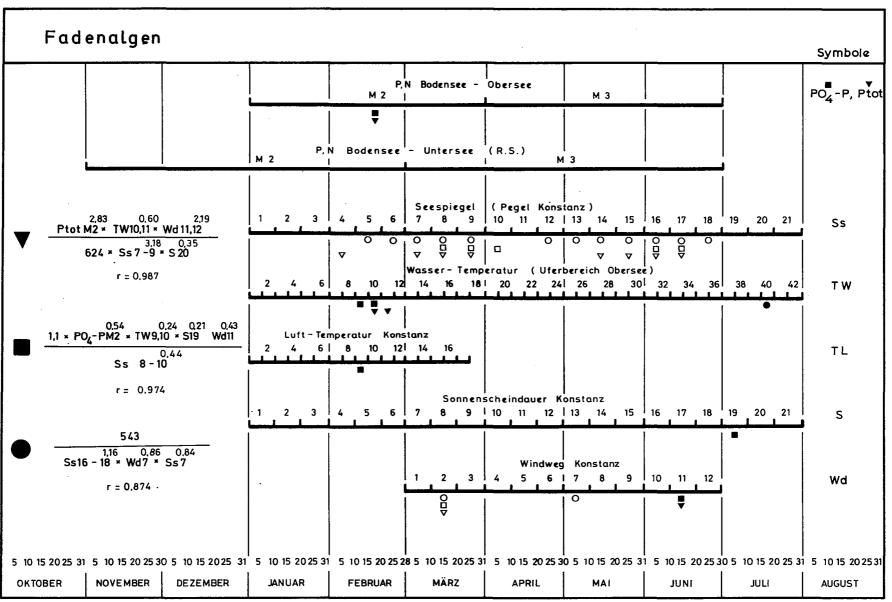












Von den Nährstoffen scheint bei fast allen Arten der Phosphor einen steuernden Einfluss auf die Entwicklung auszuüben. Ausnahmen bilden Potamogeton pectinatus im östlichen Obersee (PO_A -P: 2 bis 67 ug/l) und die Fadenalgen im Untersee (PO_4 -P: 9 bis 68 ug/1), wo nur der Stickstoff als Nährstoff ausgewiesen ist. Während der Beobachtungszeit hatten die Phosphorkonzentrationen bis 1967 steigende Tendenz (Abb. 21). Eine gleichsinnige Entwicklung erfuhren die Anteile von Zannichellia (Abb. 28), von Potamogeton pusillus (Abb. 29), und der Fadenalgen (Abb. 30). Dazu gegensinnig verlief die Entwicklung der anderen Arten, wobei anzunhemen ist, dass sie von steigender Phosphorkonzentration nicht direkt betroffen sind (Ausnahme: Chara aspera und contraria), sondern über die Konkurrenten in ihrer Entwicklung beeinträchtigt wurden.

In drei Fällen, bei Potamogeton bectinatus (Abb. 20), P. perfoliatus (Abb. 23) und P. pusillus (Abb. 29), tritt auch der anorganische Stickstoff in Erscheinung. Bei Potamogeton pectinatus im Osten, P. pusillus und P. perfoliatus im Obersee Süd+West ist Stickstoff zum Beschreiben der Artfrequenz sogar besser geeignet als Phosphor, der sich demzufolge im oder nahe dem optimalen Konzentrationsbereich bewegt.

Die physikalischen Umweltgrössen wie Seestand, Temperaturen, Einstrahlung und Windweg sind für die Vegetationsentwicklung in der Aufbauphase wichtige Grössen, da sie "Schaltreize" zum Auskeimen setzen und die Aufwuchsbedingungen beeinflussen. So greift etwa die Höhe des Seespiegels in die Entwicklung der nachbenannten Arten wie folgt ein: Fadenalgen werden im ganzen See durch niedere Seestände begünstigt (Abb. 30), desgleichen, wenn auch in abgeschwächter Form,

im Obersee Süd und West Potamogeton lucens (Abb. 24). Unter den anderen Arten zeigen einige eine positive Beziehung zu hohen Seestandsverhältnissen, so Potamogeton pectinatus (Abb. 20), Potamogeton lucens (Abb. 24) und Najas marina (Abb. 26) im Untersee, und Potamogeton perfoliatus (Abb. 23) im Obersee Ost.

Auf den ersten Blick widerspruchsvoll erscheint das Verhalten von Potamogeton lucens (Abb. 24), negativ im Obersee Süd und West und positiv im Untersee. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der stärkste Konkurrent dieser Pflanze die Fadenalgen sind. Ihr Konkurrenzdruck ist im Obersee noch phosphorlimitiert und deshalb nicht besonders stark. Doch im eutrophen Untersee befinden sie sich unter günstigeren Nährstoffbedingungen und können deshalb einen starken Konkurrenzdruck entfalten, sofern die Wasserstandsverhältnisse dies erlauben. Obgleich Potamogeton lucens flache Standorte bevorzugt, zieht die Art hohe Wasserstände in solchen Gebieten vor, wo auch Fadenalgen besonders stark auftreten können, z.B. im Untersee.

Aus diesen Befunden geht hervor, dass durch eine künstliche Veränderung der Seestandsverhältnisse während der Vegetationszeit sich entsprechende Verschiebungen in der Zusammensetzung hervorrufen liessen. Ueber die Verknüpfungen zwischen Seestand und Vegetationsentwicklung liegen im übrigen reichlich Freilandbeobachtungen vor, die sich micht nur auf den zeitlichen Aspekt erstrecken, sondern auch die lokalen Gegebenheiten berücksichtigen. Flachwasserzonen neigen besonders stark zur Veralgung, Standorte mit grösserer Tiefe sind davon weniger betroffen.

Aehnlich gegensätzliche Präferenzen haben die einzelnen Arten gegenüber den Temperaturen des Wassers und der Luft, falls die Standorte im Winter nahezu oder gänzlich unbedeckt sind. Sie sind allerdings weniger ausgeprägt als die bei den Seestandsverhältnissen.

Zu den Arten, deren Entwicklung mit hohen Temperaturen im Winter positiv koinzidiert, gehören die Fadenalgen, Characeen und Zannichellia, sowie die Potamogetonarten perfoliatus, lucens und pusillus, nicht jedoch pectinatus und crispus, die eher mit niederen Temperaturen ausgewiesen sind.

Die Temperaturpräferenzen können sich im Sommer um kehren, wenn sich die Konkurrenzverhältnisse bemerkbar machen. Die Fadenalgen gehören zu den wärmeliebenden Arten. Ihrem Populationsdruck sind vor allem jene Arten ausgesetzt, auf denen sich Cladophora festsetzt. Es sind dies vor allem die Laichkrautarten perfoliatus, pectinatus und pusillus, sowie Zannichellia, die bei der Wassertemperatur oder Sonnenscheindauer mit eher niederen Werten koinzidieren. Davon unbeeinflusst sind die Characeen, da deren Standorte von der Veralgung weniger betroffen sind.

Ueberraschenderweise wird die als thermophile Art bekannte Najas marina weder bei der Wassertemperatur
noch bei der Sonnenscheindauer gemeldet. Die Pflanze
scheint sich somit im Untersee im optimalen Temperaturbereich zu befinden. Allerdings ist sie in ihrem
Bestand so stark zurückgegangen, dass dies nur vermutet werden kann.

Während der Aufwuchsperiode ist der Wasserstand auf den Vegetationsflächen teilweise sehr niedrig, z.T.

nur wenige Zentimeter stark. Somit können die Sedimente durch Wellenbewegung umgelagert und belüftet, sehr junge Sämlinge freigeschwemmt, verdriftet oder von Sandkörnern zermahlen werden.

Obwohl hier nicht auf die jährliche Ausbreitung der einzelnen Arten eingegangen werden kann, sei doch erwähnt, dass deutliche Koinzidenzen zu den Windverhältnissen in den einzelnen Monaten vorliegen. So besteht eine positive Beziehung zwischen ruhigen Verhältnissen von März bis Mai und relativ starker Entwicklung der Fadenalgen, sowie für Potamogeton lucens in den drei Seeteilen. Invers ist das Verhältnis hingegen bei Potamogeton perfoliatus, P. pect., P. crispus und bei Najas marina. In den Monaten Mai und Juni koinzidieren bei den Laichkräutern eher ruhigere Windverhältnisse, so bei Potamogeton pectinatus, P. pusillus, Characeen und Najas, während nur die Fadenalgen allein unruhigere Wasserverhältnisse zu bevorzugen scheinen. Dieser Befund bestätigt die auch andernorts gewonnene Erfahrung, dass Standorte von Cladophora bewegtes Wasser aufweisen. Von den untersuchten physikalischen Grössen ist der Windweg jene mit der deutlichsten Präferenzumkehr während der Entwicklungsperiode der Vegetation, wobei das gegensätzliche Verhalten von Fadenalgen und den Makrophyten auffällig ist. Ob diese Verhältnisse durch die Konkurrenzbedingungen geschaffen wurden oder ob im Einzelfall ein artspezifischer Anspruch an die Umweltbeschaffenheit vorliegt, bedarf weiterer detaillierter Untersuchungen.

3.2.5 Limitierende Faktoren und ihre mögliche Einflusstendenz auf die häufigsten Arten (Uebersicht)

(+ gleichsinniger, - gegensinniger Einfluss)

Phosphor

- + Zannichellia palustris Potamogeton pusillus Fadenalgen.
- alle übrigen, soweit statistisch verwertbar.

Stickstoff

- + Potamogeton pectinatus im Obersee Ost. Potamogeton pusillus im Obersee Süd + West und Untersee.
- Potamogeton perfoliatus im Obersee Süd + West.

Seestand

- + Najas marina, Potamogeton perfoliatus, Potamogeton pectinatus, Potamogeton pusillus, Potamogeton lucens im Untersee.
- Fadenalgen, Potamogeton lucens im Obersee Süd + West. Zannichellia im Untersee.

Luft und Wassertemperaturen im Winter

- + Characeen, Potamogeton lucens, P. perfoliatus, Potamogeton pusillus, Zannichellia palustris, Fadenalgen im Untersee.
- Potamogeton pectinatus, P. crispus. Zannichellia im Obersee.

im Sommer

- + Fadenalgen, Chara, P. pusillus, P. perfoliatus im Obersee. Zannichellia im Obersee Ost.
- Potamogeton pectinatus, P. perfoliatus, P. lucens, Zannichellia palustris im Obersee.

Windweg in den Monaten III - V

- + Najas marina, Potamogeton pectinatus Potamogeton pusillus, Potamogeton perfoliatus, Potamogeton crispus, Zannichellia.
- Potamogeton lucens, Fadenalgen.

V, VI

- + Fadenalgen
- Characeen, Najas marina, Potamogeton pectinatus, P. pusillus, P. perfoliatus.

4. Zusammenfassung

In den Jahren 1967 bis 1978 wurden auf 28 Testflächen des Bodensees (Obersee 16, Untersee 12) jährlich Kartierungen der submersen Vegetation durchgeführt. Sie wurden durch die Ermittlung standortspezifischer Kenndaten ergänzt (Tab. 8, vgl. Anhang).

Im Beobachtungszeitraum ergaben sich in allen Seeteilen Veränderungen in der Zusammensetzung der Vegetation: Pflanzenarten mit grossem Nährstoffbedürfnis
nahmen zu oder traten erstmalig auf. Die Veralgung
nahm zu. Die Pflanzenarten mit geringem Nährstoffbedürfnis nahmen ab bzw. verschwanden stellenweise völlig (siehe Tabellen und Diagramme im Anhang).

Indikatoren für die Beurteilung der trophischen Situation sind folgende Laichkräuter: Potamogeton pectinatus mit leicht abnehmender Tendenz, P. perfoliatus mit stark abnehmender Tendenz, P. pusillus mit zunehmender Tendenz umd der Teichfaden Zannichellia palustris mit stark zunehmender Tendenz. Die auf relativ hohe Nährstoffkonzentrationen angewiesenen Fadenalgen haben im Untersee das Maximum ihrer Entfaltung über-

schritten und sind leicht zurückgehend (s. Tab. 7).

Der statistische Vergleich zwischen dem Anteil einer Art in der Vegetation und standortspezifischen Faktoren erbrachte nur mässig enge Verknüpfungen (siehe Tab. 2). Lediglich Wasseraustausch, Gehalt an organischem Kohlenstoff und Stickstoff im Sediment, sowie die Korngrössen von 0,25 bis 1,0 mm scheinen von Bedeutung zu sein (siehe Abb. 2 bis 15). Mit dem Verbund mehrer Standortfaktoren lässt sich das Vorkommen von Potamogeton pectinatus, P. pusillus und Zannichellia palustris hinlänglich gut simulieren (Abb. 16 bis 18).

Noch enger ist die statistische Beziehung zwischen den geprüften Eigenschaften des Wasserkörpers und dem Anteil einer Art an der gesamten Vegetation (Abb. 20 bis 30). Deshalb lässt sich auch die Simulation der Artfrequenz mit höherer Wahrscheinlichkeit und an mehr Arten durchführen. Durch die korrelationsanalytischen Ermittlungen werden wassergebundene Faktoren ausgewiesen, deren Einfluss auf die Entwicklung gewisser Pflanzenarten sehr wahrscheinlich ist (Kapitel 3.2.5).

Insgesamt ergibt sich aus den Untersuchungen, dass sich die im Berichtszeitraum noch allgemein beobachtete Entwichlung des Bodensees auf ein höheres trophisches Stadium in der artlichen Zusammensetzung der Vegetation sehr deutlich ausdrückt. Seit dem Abschluss dieser Untersuchungen ist jedoch der Phosphorgehalt im Bodensee nicht mehr weiter angestiegen. Es bleibt abzuwarten, bis wann und wie sich dies auf die submerse Vegetation auswirkt. Wie im Kommissionsbericht Nr. 25 (Lang 1981) bereits dargelegt ist, haben sich in den Sedimenten stellenweise reiche Nährstoffdepots

gebildet, aus denen die wurzelbildenden Makrophyten noch über längere Zeit einen Teil ihres Nährstoffbedarfs beziehen können.

5. Literatur

- FINGERLIN, G, 1975: Untersuchungen zur Standortökologie der Wasserpflanzen im Bodensee. Interner Bericht der Landesanstalt für Umweltschutz.
 31 S.
- HRADETZKY, J., 1978: Ein effizientes Schätzverfahren für einige nichtlineare Regressionsmodelle. Mittg. Forstl.

 Vers. u. Forsch. Anst. B-W. Heft
 91, 155-161.
- KOHLER, A., BRINKMEIER, R. u. VOLLRATH, H. 1974: Verbreitung und Indikatorwert der submersen Makrophyten in den Fliessgewässern der Friedberger Au. Ber. Bayer. Bot. Ges. 45, 5-36.
- KOHLER, A. u. ZELTNER, G., 1974: Verbreitung und Oekologie von Makrophyten in Weichwasserflüssen des Oberpfälzer
 Waldes. HOPPEA (Regensburg) 33,
 171-232.
- KOLKWITZ, R. u. MARSON, M., 1908: Oekologie der pflanzlichen Saprobien.

 - Ver. Dtsch. Bot. Ges. <u>26a</u>, 505-519.

KOLKWITZ, R. u. MARSON, M., 1909: Oekologie der tierischen Saprobien.

- Int. Rev. ges. Hydrobiol. 2, 126-152.

LANG, G., 1968: Vegetationsänderungen am Bodenseeufer in den letzten hundert Jahren.
- Schrift. Ver. Gesch. d. Bodensees 85, 296-319.

LANG, G., 1981: Die submersen Makrophyten des Bodensees 1978 im Vergleich mit 1967.
- Ber. Int. Gew.schutzkomm. Bodensee, 25, 1981.

LIEBMANN, H., 1951: Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie I.
- Oldenburg, München: 1-539.

MARGALEF, R., 1965: Ecological correlations and the relationship between primary productivity and community structure.

- Mem. Ist. Ital. Idrobiol., <u>18</u>, 355-364.

MELZER, A., 1976: Makrophytische Wasserpflanzen als Indikatoren des Gewässerzustandes oberbayerischer Seen.

- J. CRAMER, Vaduz (FL), 195 S.

NIE, N. H., HULL, D. H., JENKINS, J. G., STEINBRENNER, K., BENT, D.H., Statistical Package for the Social Sciences.

- 675 pp. Mc. Graw-Hill Book Company, 1975. SACHS, L., 1972 Statistische Auswertmethoden
- Springer-Verlag Berlin, Heidelelberg, New York, 549 S.

SCHROEDER, R. u. SCHROEDER, H., 1978: Ein Versuch
zur Quantifizierung des Trophiegrades von Seen.
- Arch. Hydrobiol. 82, 240-262.

6 Anhang

Für spezielle Auswertungen muss gelegentlich auf die Urdaten zurückgegriffen werden. Sie sind hier folgendermassen zusammengestellt:

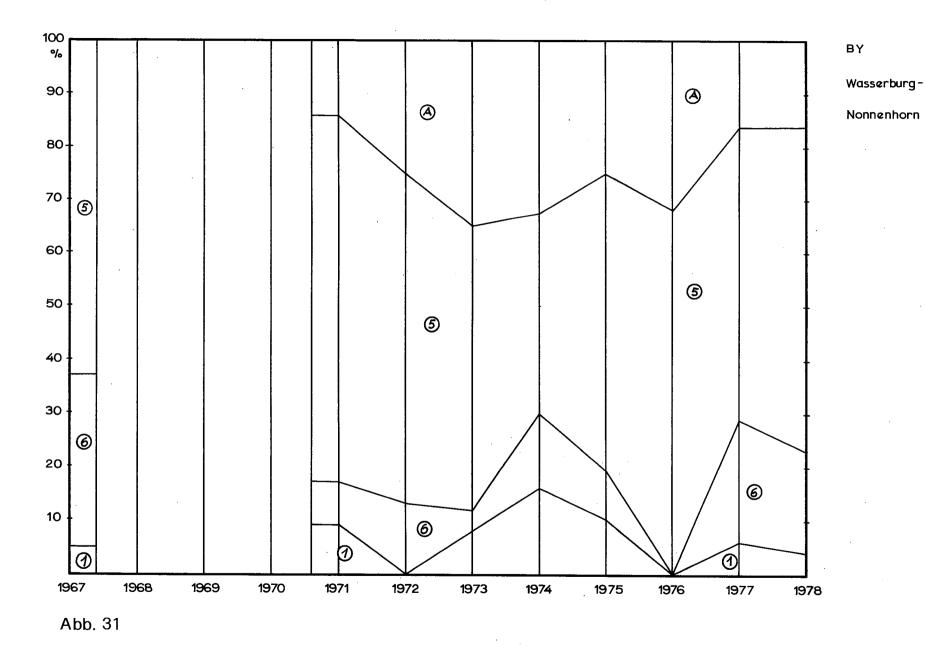
Tabelle 8: Standorttypische Parameter der Testflächen. Tabellen 9 bis 35 bzw. Abb. 31 bis 46: Vegetationsentwicklung auf den Testflächen in Tabellen (erste Kolonne: Arten: oberste Linie: Untersuchungsjahr) und Diagrammen (Ordinate: Artfrequenz; Abszisse: Untersuchungsjahre). In einigen Abbildungen wurden zwei oder mehrere benachbarte Testflächen zusammengefasst.

	Tab	elle	8													प
	Sta	ndor	ttyp	ische	Par	amete	r der	Tes	tfläch	en in M	Mittelv	erten				ausc
		, K o	ornk.	lasse	en %						% V	om Troc	kengewi	cht		Wasseraustausch
	1	2	3	4	5	6	7	8	Tiefe m	% Н ₂ 0	orgeC COD	P	N	Fe	୍ଦ୍ରତ2	Wass
1 Lochau	0	0	0	1	31	47	12	8	2,3	24,7	0,15	0,020	0,031	0,49	10,67	3
2 Gaissau	0	0	0	1	8	18	32	41	1,5	35,3	0,54	0,056	0,088	1,15	12,33	2
3 Entenbad	0	0	0	1	3	19	46	31	1,2	31,3	0,37	0,066	0,060	1,07	12,42	2
4 Alter Rhein	0	0	0	2	22	46	14	15	1,4	29,0	0,51	0,038	0,048	0,86	12,33	4
5 Staad	0	0	0	1	20	58	13	8	1,4	34,8	0,58	0,039	0,051	0,57	10,42	2
6 Horn	4	1	0	1	12	44	25	13	1,7	30,7	0,49	0,033	0,054	0,41	9,91	3
7 Arbon	0	Ö	1	2	12	36	19	31	1,2	36,6	0,79	0,038	0,093	0,49	11,42	2
8 Luxburg	4	2	2	4	6	20	32	30	1,3	33,3	0,76	0,034	0,068	0,55	12,25	3
9 Münsterlingen Ost	0	0	0	0	4	40	9	47	1,2	42,4	0,94	0,031	0,136	0,39	23,42	3
10 Münsterlingen West	0	0	0	0	4	61	1	34	1,2	46,3	0,99	0,034	0,136	0,34	22,53	3
11 Kreuzlingen	3	1	1	1	4	44	·8	38	1,3	42,8	1,12	0,034	0,137	0,50	21,57	3
12 Bodman	0	2	2	4	15	28	25	24	0,8	34,0	1,04	0,039	0,091	0,65	7,92	1
13 Stockacher Bucht	0	1	1	5	14	27	20	34	1,3	42,0	1,40	0,032	0,120	0,45	18,69	2
14 Ludwigshafen	0	1	2	8	25	31	17	16	1,4	33,6	0,83	0,030	0,069	0,27	10,36	2
15 E.B. Schlauch	1	1	1	3	15	21	24	35	0,2	35,7	0,90	0,015	0,073	0,30	32,20	4 -
16 E.B. Dreieck	3	4	4	6	20	42	13	8	0,9	33,0	0,53	0,021	0,053	0,30	14,50	4
17 E.B. Insel	2	3	4	3	9	31	23	25	5,0	37,3	0,93	0,020	0,070	0,46	20,70	4
18 E.B. Ried	0	1	1	4	9	18	38	30	0,3	41,1	1,13	0,021	0,100	0,19	31,58	4
19 E.B. Damm	1	1	1	3	-10	18	27	39	0,6	43,8	1,47	0,025	0,148	0,22	26,54	4
20 E.B. Feld Ost	0	0	1	2	5	18	41	32	0,6	40,4	1,01	0,025	0,093	0,31	25,85	4
21 E.B. Feld West	0	1	1	3	11	20	29	35	1,4	42,4	1,11	0,022	0,102	0,26	26,36	4
22 Triboltingen	3	1	1	1	4	19	27	44	0,9	38,4	1,09	0,019	0,096	0,31	25,21	4
23 Westerfeld	1	1	1	3	19	26	19	30	1,3	38,3	1,15	0,024	0,094	0,39	18,50	3
24 Hörnt	2	3	3	4	10	28	19	32	1,3	41,8	1,15	0,028	0,114	0,18	34,94	4
25 Moos	0	1	1	5	17	24	28	25	0,9	44,6	2,03	0,142	0,173	0,82	12,02	1
26 Radolfzell	1	1	3	7	11	17	20	41	1,6	48,5	1,51	0,026	0,124	0,18	37,94	2

Tab. 9
Testfläche Wasserburg-Nonnenhorn

	67	71	72	73	74	75	76	77	78
1	5	9	0	8	16	10	0	6	4
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	63	69	62	53	20.	56	67	55	61
6	32	8.	13	4	14	9	0	23	19
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	-0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	О	0	0	0	0	0	0	0
20	0	О	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	, 0	0	0	0	0	0
A	_	14	25	35	50	25	33	16	16
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0





Tab. 10

Testfläche Lindau

					·				·
	67	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	5	5	2	6	6	4	1	2
5	21	39	38	35	42	47	54	52	70
6	73	43	36	30	24	24	20	30	16
7	0	0	0	0	0	0	0	0	-0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	Ö	О	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	О	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0 .	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	13	21	33	28	23	22	17	12
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0

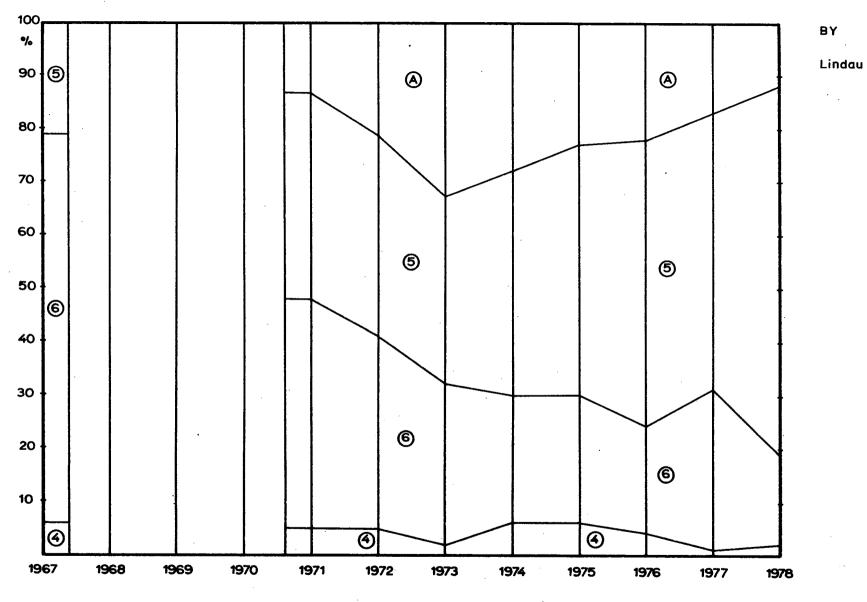


Abb. 32

Tab. 11
Testfläche Lochau

	<u> </u>								
	67	71	72	73	74	75	76	77	78
1	. 0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	3	3	1	3	3	3	1	4
5	56	46	51	51	59	61	47	64	57
6	44	51	41	33	30	29	27	23	19
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0 -	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	5	15	8	7	23	12	20
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0



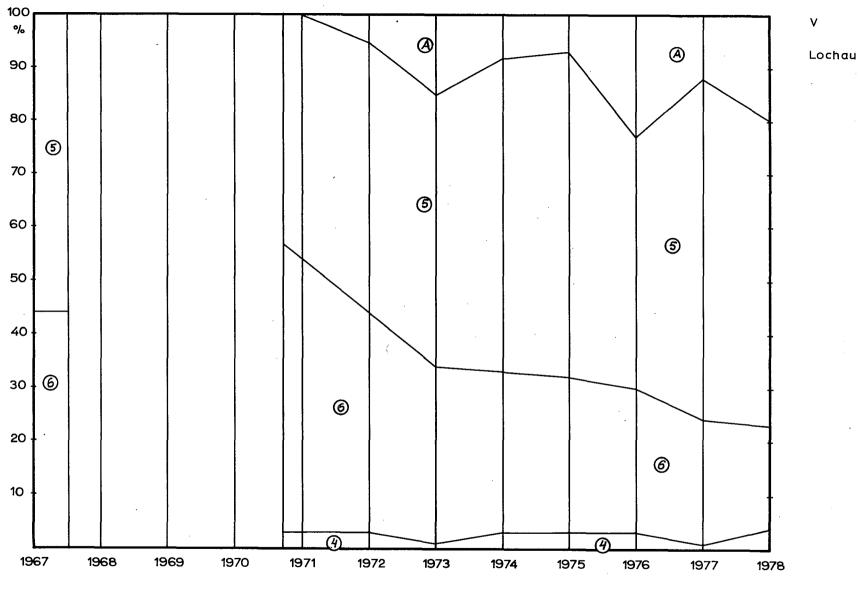


Abb. 33

Tab. 12
Testfläche Gaissau

	67	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0	0	10	4	3	3	0	2	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	. 0	0	0	0	0	0	0
5	60	64	7	69	37	64	49	56	72
6	40	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	25	13	13	25	13	17.
8	0	. 0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	o	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	_	36	83	2	47	20	26	29	10
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0



٧

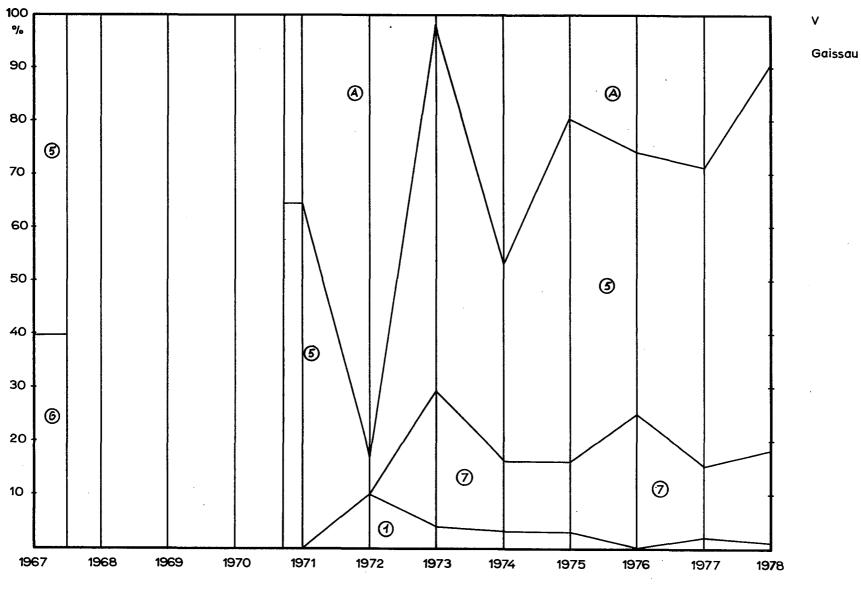


Abb. 34

Tab. 13
Testfläche Entenbad

	67	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	74	51	36	80	57	78	65	70	81
6	26	19	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	4	1	2	15	2	5
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	О	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0 .	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	30	64	16	42	20	20	28	14
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0



٧

Entenbad

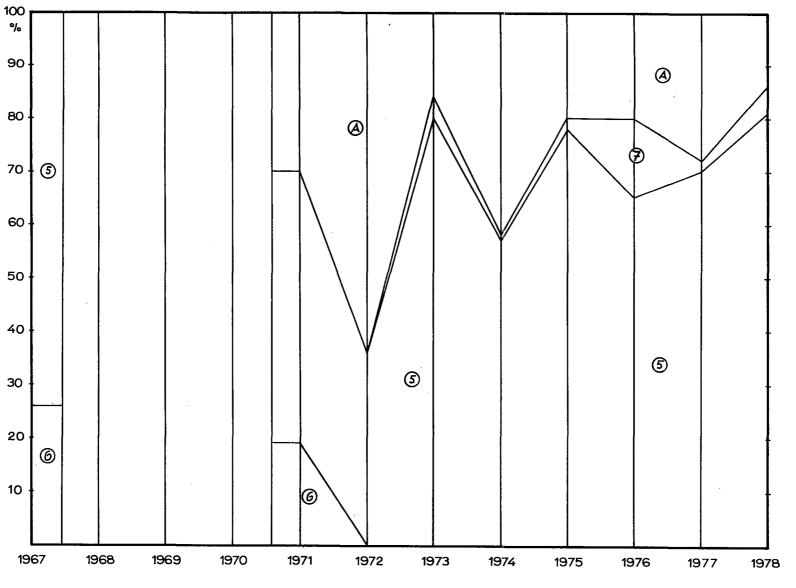


Abb. 35

Tab. 14
Testfläche alter Rhein

	67	7.	L	72	73	74	76	78
1	0)	0	0	0	0	0
2	0	()	0	0	0	0	0
3	0)	0	0	0	0	0
4	0	. ()	0	0	0	1	0
5	93	9,	1	100	100	85	71	89
6	7		5	0	0	8	1	2
7	0	1) .	0	0	0	1	3
8	0	,] ()	0	0	0	0	0
10	0)	0	0	0	0	0
11	0)	0	0	0	0	0
15	0	. ()	0	0	0	0	0
16	0	()	0	0	0	0	0
17	0	. ()	0	0	0	0	0
18	0	()	0	0	0	0	0
20	0)	.0	0	0	0	0
22	0)	0	0	0	0	0
27	0)	0	0	0	0	0
28	0)	0	0	0	0	0
A	. 0) ·	0	0	7	26	6
Н	0)	0	0	0	0	0

Tab. 15
Testfläche Staad

175	67	71	72	73	74	76	78
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0 .	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	. 0
4	0	. 0	0	0	0	0	0
5	55	47	44	42	47	78	77
6	42	13	11	17	10	4.	2
7	3	2	. 2	2	2	4	7
8	0	0	0	0	0	0	0
10	0	. 0	0	0	0	0	0 .
11	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	Ö
17	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0
A	0	3.8	43	39	41	14	14
Н	0	0	. 0	0	0	0	0



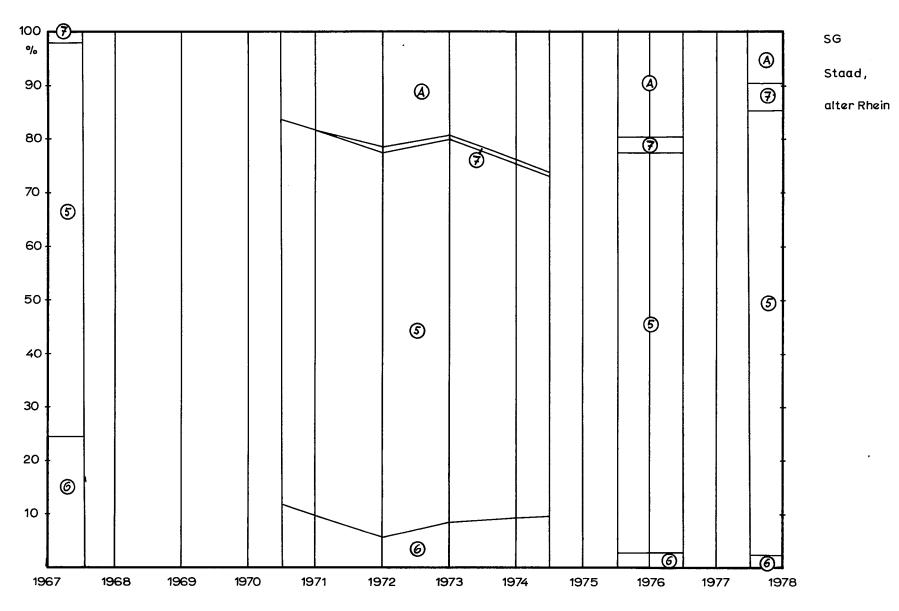


Abb. 36

Tab. 16
Testfläche Horn

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	2	1	1.	1	1	0	0	0	0	0	0
5	72	47	59	74	55	67	63	56	64	60	76	87
6	13	22	20	9	10	22	9	7	7	10	7	3
7	0	0.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	. 0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	1	1	1	2	2	3	1	0	0
A	13	29	19	15	33	9	26	35	26	29	17	10
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 17
Testfläche Arbon

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	50	53	44	66	41	66	50	49	69	60	56	83
6	17	12 ⁻	29	17	10	21	9	16	10	3	1	1
7	0	2	0	0	0	1	1	1	1	3	2	2
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	23	7	22	7	9	1	0	0	1	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
A	9	26	4	8	40	11	40	34	19	34	41	14
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



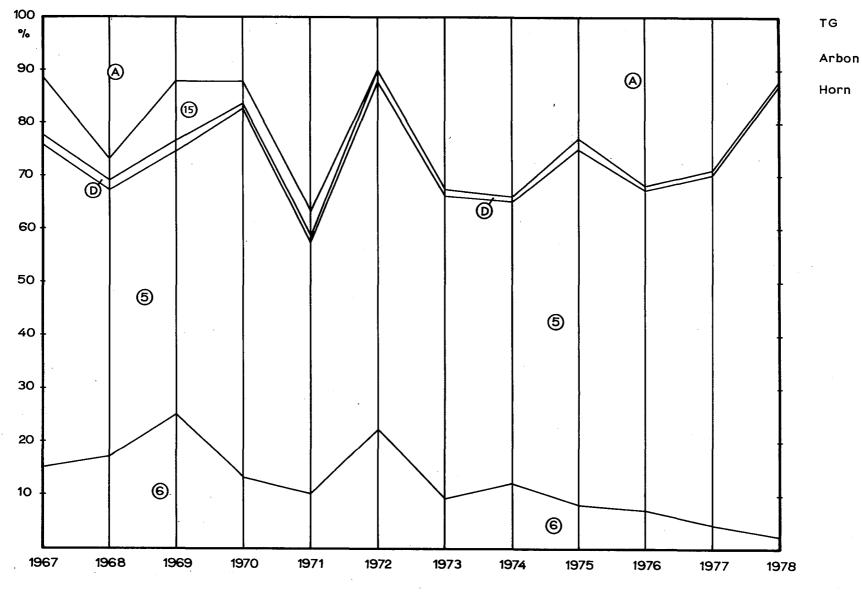


Abb. 37

Tab. 18

Testfläche Luxburg-Romanshorn

	67	68	69	70	71	72	73	74	7 5	76	77	78
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	.0	0	0	0	0	0	,0	0	0
5	46	42	46	63	54	70	52	43	52	58	34	52
6	11	13	6	5	0	2	1	1	2	3	5	2
7	0	0	0	0	0	1	1	2	3	1	3	1
8	0	0	0	-0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Ó	0	0	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0 -	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	43	45	48	32	46	27	46	54	43	38	57	45
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



TG

Luxburg -

Romanshorn

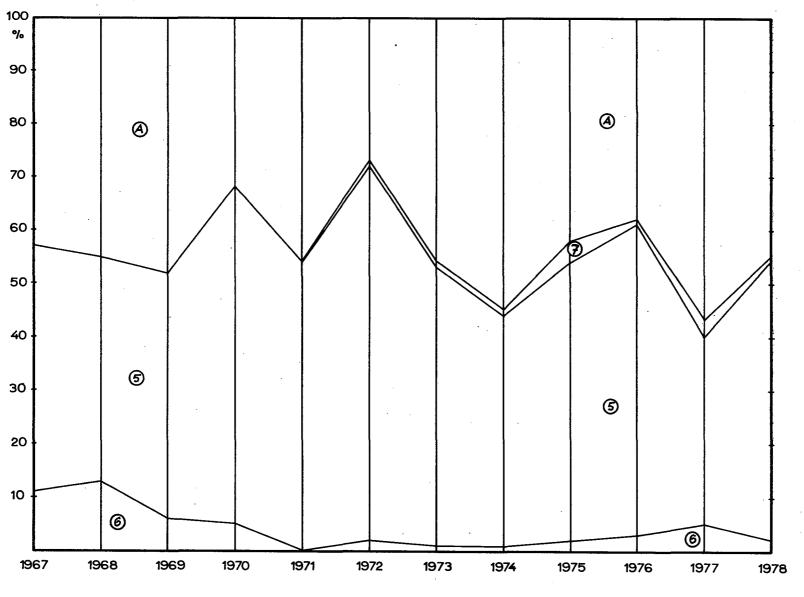


Abb. 38

Tab. 19
Testfläche Münsterlingen Ost

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	34	39	20	12	44	24	40	49	10	24	15	2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	63	55	48	58	28	30	25	15	21	38	30	55
6	3	5	10	4	2	2	1	2	1	3	0	0
7	0	0	2	2	1	0	3	5	23	17	10	12
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	1	20	24	25	44	31	29	45	18	45	31
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 20
Testfläche Münsterlingen West

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	35	25	30	14	17	14	33	38	7	20	16	2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.	. 0	0	0 .
4	0	0	0	.0	. 0	0	0	0	0	0	0	0
5	63	62	52	72	29	39	23	17	31	28	32	35
6	1	8	. 2	3	2	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	2	0	4	0 -	1	10	30	22	26	20
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	. 0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	- 0	· <u>'</u> 0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	. 0
22	0	0	ĺ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	.0	0	0	0	0 -	0	0	0
28	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	1	5	13	11	48	47	43	35	32	30	26	43
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



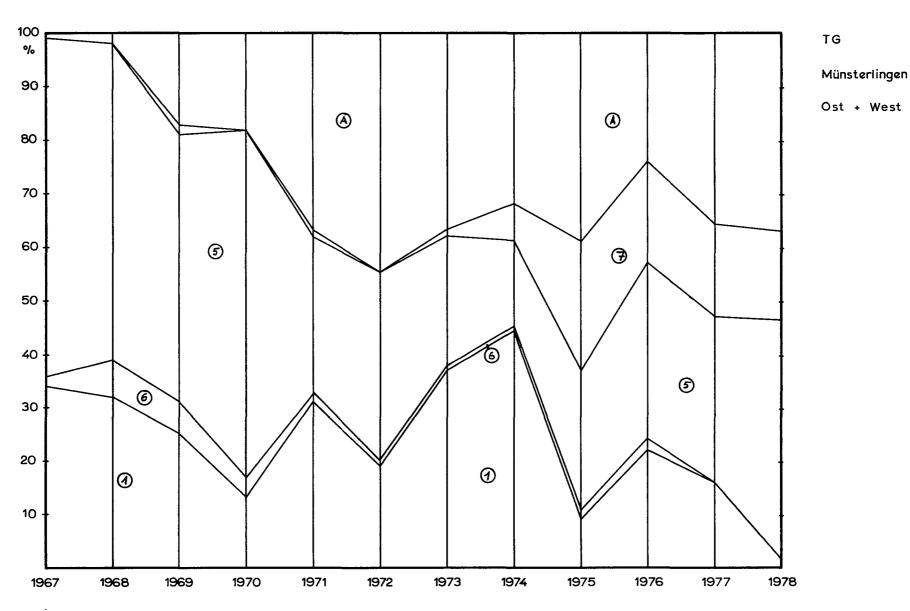
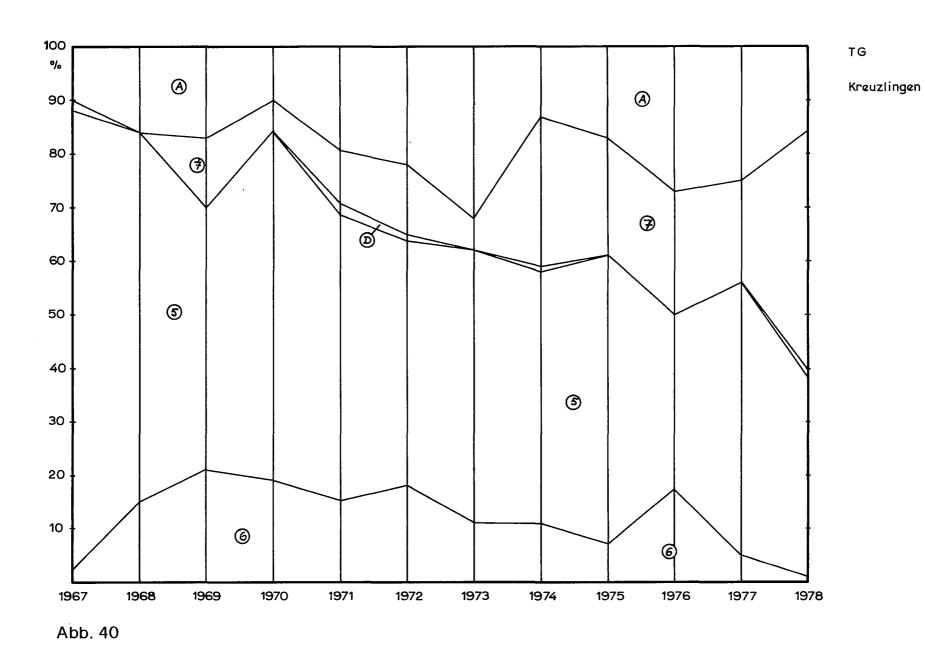


Abb. 39

Tab. 21
Testfläche Kreuzlingen

	67	68,	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	. 0	0	. 0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	Q	0	0	0	0
4	0	0	0	. 0	0	0	Ö	0	0	. 0	0	0
5	86	69	49	65	54	46	51	47	53	33	51	37
6	2	15	21.	19	15	18	11	11	7	17	5	1
7	1	0	12	6	11	13	. 6	28	23	23	19	45
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Ó	0	0	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	- 0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	.0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0 ·	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	Ó	0	0	0	0
28	Ò	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	10	16	17 [.]	10	19	22	32	13	17	27	25	16
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Tab. 22
Testfläche Bodmann (Ueberlinger See)

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	. 0
3	0	0	0	0	0 ·	0	0	0	0	0	0	0.
4	0	0	. 0	. 0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	60	30	80	50	22	50	16	25	5	30	26	16
6	0	0	0	0	0	. 0	0	0	0 .	0	0	0
7	0	40	0	50	11	33	32	45	53	36	29	83
8	0	0	.0	0	0	0	0	0	0.	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	11	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	5	. 0	0	0	0	0	. 0	0	0.	0	0	0
17	0,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 -	0
18	0	0	0	0	0	0	0	. 0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0 .	0	0	0	0.	0	0	1
22	0	0	0	0	.0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0.	4	. 0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0.	0	0	0
A	22	30	10	0	67	17.	48	30	42	30	45	0.
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 23
Testfläche Stockacher Bucht (Ueberlinger See)

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	27	9	4	10	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Q
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	6	7	14	0	17	15	12	6	3	0	3	5
5	46	37	45	20	24	12	24	26	6	11	23	22
6	12	21.	15	0	26	18	9	6	0	4	4	5
7	0	11	0	40	19	18	24	26	43	37	24	37
8.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	2	2	0	0	0	0 .	0	0	0	0	1	1
16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	0	0	0	0	0	0	3	6	13	22	30
22	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	2	13	22	30	14	37	24	33	42	35	23	0
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 24
Testfläche Ludwigshafen (Ueberlinger See)

·	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	65	54	32	10	64	0	18	11	0	7	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	3	0	0	0 -	3	0	0
5	30	38	32	20	22	16	30	23	<u>1</u> 1	25	24	28
6	5	8	4	0	0 .	4	0	0	3	3	0	. 0
7	0	0	4.	40	14	32	39	34	37	22	24	38
8	0	0	0	_; 0	0	0	0.	0	0	0	. 0	0
10	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0.	0	0	0	0	0	.0	0	0	.0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	4	0	0	. 0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	9	23	20	21	26	34
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0.	0	0	0
27	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0-	0	0	Ö
28	0	0	0	0 .	0	0	0	0	0	0	0	0.
A ·	0	0	24	30	Ó	45	0	9	29	19	26	0
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



See

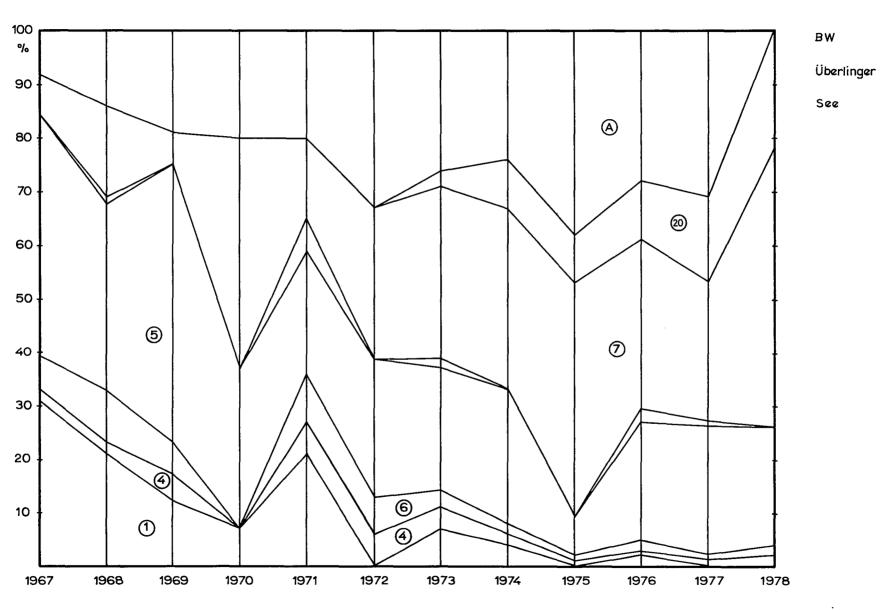


Abb. 41

Tab. 25

Testfläche Ermatinger Becken: "Schlauch"

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	3	7	15	1	7	0	0	3	4	6	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	10	2	0 -	9	0	0	0	0	0 .	0	0	2
.5	39	33	35	27	26	0	4	14	6	9	26	10
6	1	0	. 0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7	5	28	13	49	43	50	52	48	58	32	27	39
8	0	0	. 0	2	1	0	3	0	0	1	0	0
10	0	0	2	0	0	0	0	0	0	Ö	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0 .	0	0	0	0	0	0
16	0	· 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	Ó	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	3	11	13	23	27	20
22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
27 ·	0	0	0	0	0	0	0	. 0	.0	0 .	0	0
28	0	2	0	0	0,	0	0	0	0	0	0	4
A	41	28	35	12	22	50	38	24	18	27	20	24
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 26

Testfläche Ermatinger Becken: "Dreieck"

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	36	20	49	79	53	26	34	25	36	32	36	46
6	18	2 0	. 5	9	10	25	0	0	0	0	0	0
7	0	60	0	12	8	26	40	35	46	28	29	25
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	,0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	3	0	0	0	5	2	0	1	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	13	11	14	28	16	29
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	43	0	46	0	21	21	13	28	2	12	19	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 27

Testfläche Ermatinger Becken: "Insel

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	-0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0 .	0	0	0
5	60	33	63	67	. 44	·70	70	68	66	41	74	70
6	11	34	5	33	9	14	14	7	6	3	0	. 13
7	1	0	0,	0	0	0	0	3	14	12	18	13
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0 .	0	0	0	0	0	- 0	0	0
11	0.	0	.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	Ö	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	.0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	. 0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	. 8	4
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	· 0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A.	27	33	32	0	44	16	16	20	14	38	0	0
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 28

Testfläche Ermatinger Becken: "am Ried"

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	20	25	22	13	22	0	0	0	0	14	1	0
2	.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ö
3	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	50	3 0 _.	40	39	27	42	14	27	12	23	20	19
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	24	1	48	31	32	40	32	39	31	39	39
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	. 0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	. 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	11	18	10	25	28
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	Q	0	0	1
A	29	21	37	0	20	26	46	30	31	22	15	13
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 29

Testfläche Ermatinger Becken: "am Damm"

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	2	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	0	. 0	0
4	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	. 0	0	0
5	59	60	46	50	40	.38	25	20	34	21	25	27
6	17	3 ·	. 0	0	0	0.	0	0	. 0	0	0	0
7	0	7	0	38	9	21	32	29	39	30	29	39
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-11	0	0	0	0 -	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0.	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	. 0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	.0	0	0	0	0
20	0	. 0	0	0	0 -	0	0	0	2	21	20	16
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 -	0	0
28	0	10	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
A,	22	13	48	12	36	41	43	51	25 ·	28	26	18
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 30

Testfläche Ermatinger Becken: "Feld" 1

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	2	1	0	0	4	1	3	0	0	3	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	58	44	51	84	48	44	48	28	38	27	35	34
6	6	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	5	- 0	13	0	23	27	24	28	25	25	26
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	. 0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	13	7	21	14	23
22	0	0	0	0	0	0	0	0	. 0	0	0	0
27	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	- 0
A	34	46	49	0	47	32	2,2	35	27	24	26	17
Н	0	0	0	0	0 .	0	0	0	0	0	0	0

BW

Ermatinger

Becken

rechts -

rheinisch

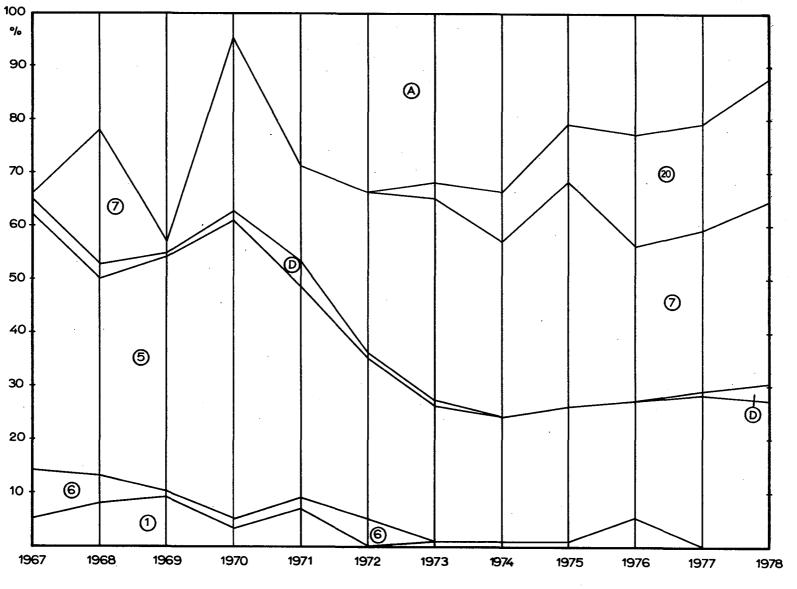


Abb. 42

Tab. 31
Testfläche Ermatinger Becken: linksrheinisch "Triboltingen"

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	1	12	13	0	4	0	5	3	1	19	4	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	ì	1	0	0	0	0	0	0	0
5	63	61	59	72	65	65	44	52	50	43	71	57
6	2	1	. 1	1	0	3	1	0	0	0	1	0
7	1	11	26	1	0	3	7	14	24	20	3	13
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
. 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	.0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	32	15	1	25	30	28	43	31	25	17	21	30
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



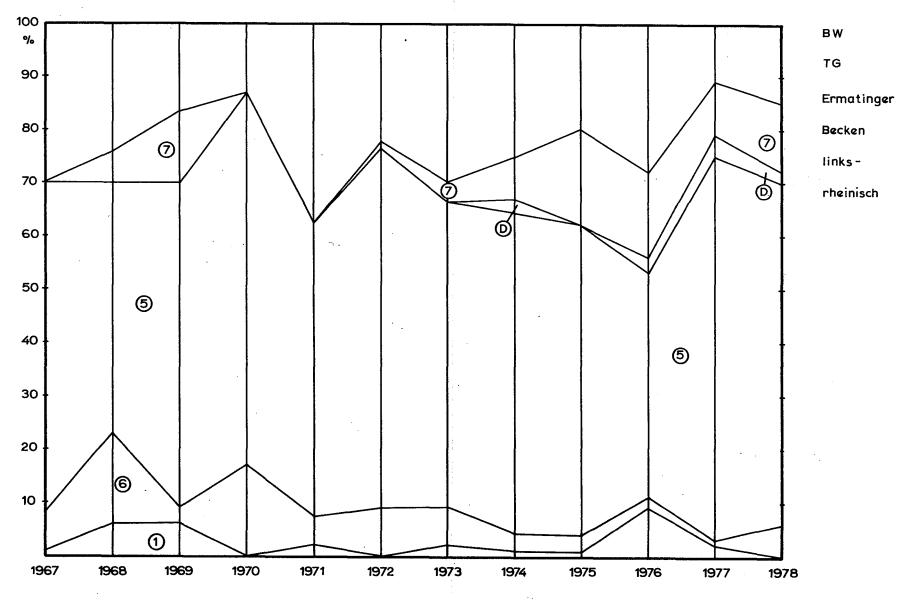


Abb. 43

Tab. 32
Testläche Ermatingen Westerfeld

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	14	6	2	1	0	0	0	0	0	1	2	0
2	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	. 0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	12	11	8	6	6	3	2	3	6	3	4	3
5	26	42	27	26	25	36	31	21	33	23	29	33
6	27	25	27	22	15	1	2	1	4	2	7.	5
7	1	0	. 2	0	1	0	3	21	11	22	12	12
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
11	.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	Ō	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	Q	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	Ō.	0	0	0	1	0	0	0	0
A	12	12	32	45	48	59	62	51	45	48	46	47
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

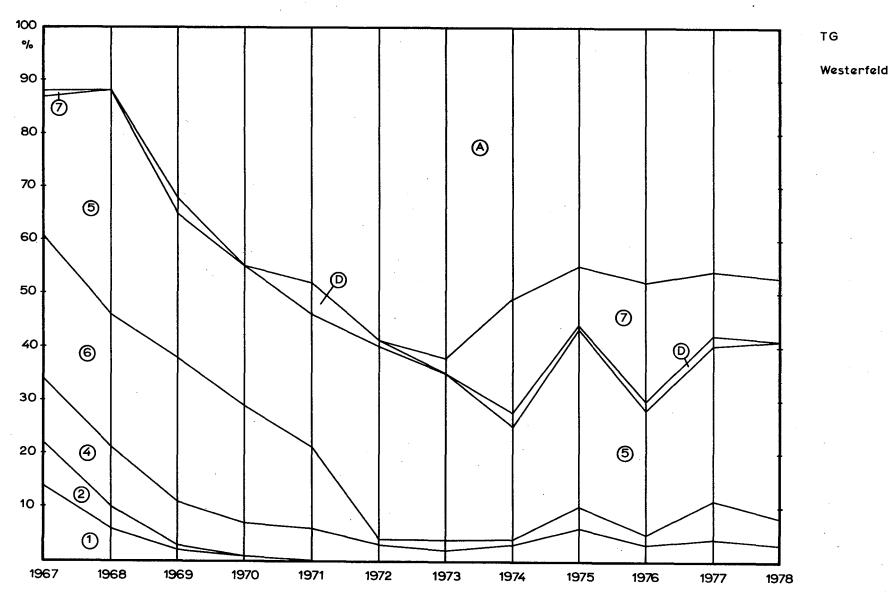


Abb. 44

Tab. 33

Testläche Hörnt

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	17	22	29	0	27	0	6	0	0	0	0	0
2	48	42	36	40	2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	20	27	35	40	9.	0	11	14	10	25	27	22
6	9	5	0	20	9	12	9	5	4	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	27	45	43	26	31	30
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	18	11	14
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	.0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	2	0	0	0	53	88	47	36	43	26	31	34
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

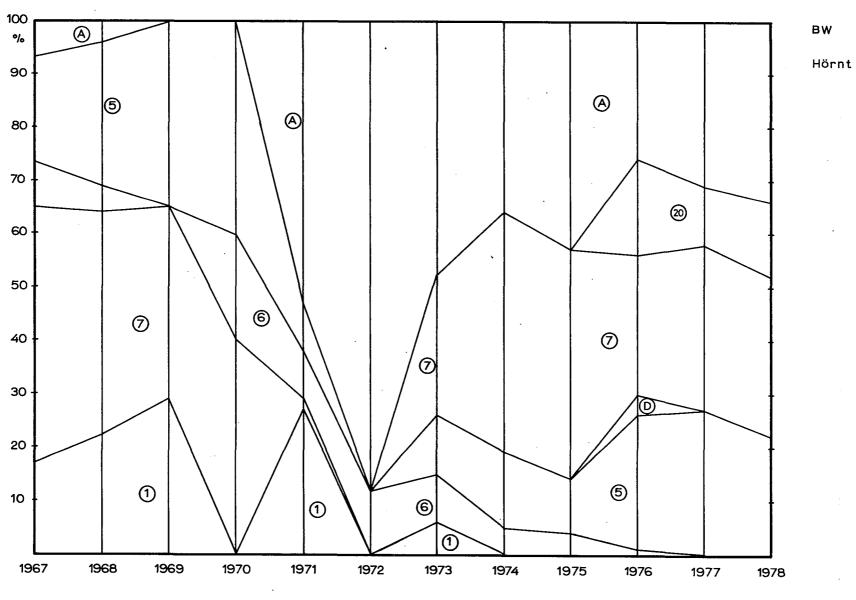


Abb. 45

Tab. 34
Testfläche Moos

·	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.
3	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	59	29	0	26	6	28	9	5	13	3	19	33
6	30	6	20	6	0	2	8	0	16	0	0 -	13
7	0	0	0	3	5	31	27	45	41	67	32	19
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	2	23	0	10	0	0	0	0	3	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0.	0	0	0	0	0
15	4	12	50	3	0	0	8	4	0	0	0	3
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	6	30	52	42	9	0	0	16	9	0	13
A	2	24	0	0	47	30	48.	46	11	21	49	10
Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 35
Testfläche Radolfzell

	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
1	0	0	.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0
4.	0	0	0	. 0	0	0	0	0	0	1.0	0	0
5	4	17	0	0	0	16	16	14	16	6	10	23
6	80	50 .	-0	63	0	14	28	12	12	4	1	5
7	0	0	0	0	17	31	22	35	56	42	50	45
8	2	0	33	12	17	14	8	11	0	1	0	0
10	2	17	. 0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0
15	1	0	0	0	0	0	. 2	3	4	0	0	0
16	0	Ö	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	4	7	8	8	0	9
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	5
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
27	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	0	67	25 .	8 -	2	0	1	0	0	0	0
Ą	7	16	0	0	0	18	6 .	14	4 .	34	35	4
Н	0	0	0	0	58	0	12	0	0	1	0	0

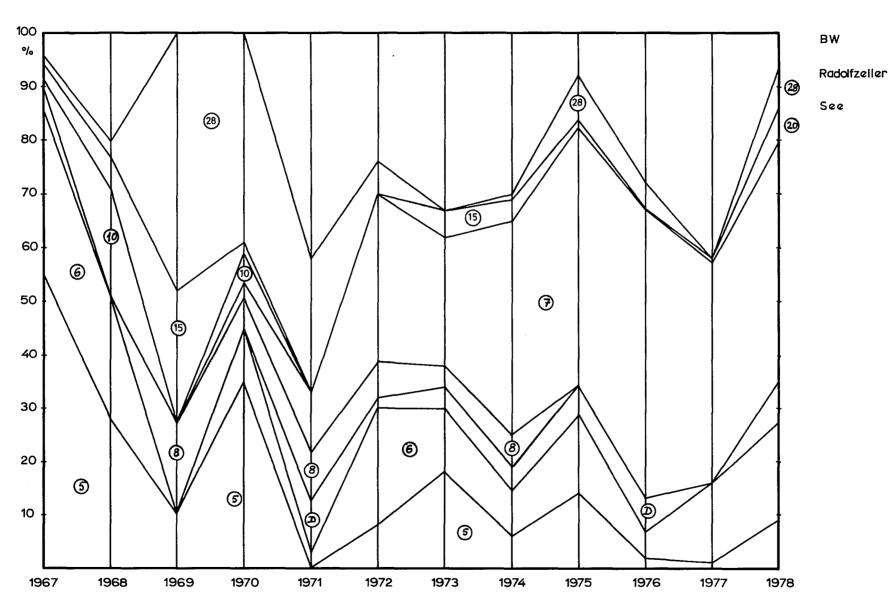


Abb. 46