

Die Parallelentwicklung künstlicher aquatischer Ökosysteme

Harald Winkelhausen, Franz-Joachim Zieris, Karin Neugebauer-Büchler und Wilfried Huber

Synopsis

In the last years artificial aquatic ecosystems have been used in some cases for the ecotoxicological evaluation of chemicals. The main problems of such systems were the low reproducibility and the lack of standardization. Therefore, we have studied the development of six artificial aquatic systems which were installed in groups of three at different times. In a period of two years, the investigation of the physicochemical and biotic parameters (macrophytes, phytoplankton and fauna) demonstrated that the systems which have been set up at the same time developed in a similar way. During this time the artificial systems became oligotrophic aquatic ecosystems. Also the systems which have been built up at different times gave comparable results. It is advisable to use such model systems for the ecotoxicological examination of chemicals.

artificial aquatic ecosystems, similarity, ecosystem-development, species composition, ecotoxicological evaluation

1. Einführung

Zur Risikoabschätzung von Chemikalien, die in die Umwelt gelangen können, werden im aquatischen Bereich künstliche Teiche als Testsysteme verwendet (z. B. LARSEN & al. 1986, DENOYELLES & al. 1989). Auch die Zulassungsbehörden in der BRD überlegen, solche Testverfahren in bestimmten Fällen vorzuschreiben. Das setzt allerdings voraus, daß die Testsysteme standardisierbar sind und sich, auch wenn sie zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten eingerichtet wurden, relativ gleich entwickeln.

In der vorliegenden Arbeit sollten daher zwei Fragen geklärt werden:

- 1) Inwieweit ist die Entwicklung von limnischen Freiland-Modellsystemen, die zum gleichen Zeitpunkt unter identischen Bedingungen installiert worden sind, vergleichbar?
- 2) Zeigen Systeme, die nach dem gleichen Konzept, am gleichen Ort jedoch zu einem späteren Zeitpunkt eingerichtet worden sind, eine ähnliche Entwicklung?

2. Material und Methoden

Im Herbst 1981 (Becken 1-3) und im Frühsommer 1983 (Becken 4-6) wurden jeweils drei Modellteiche im Freien aufgebaut und über zwei Vegetationsperioden beobachtet. Die Systeme bestanden aus Polyesterbecken (ca. 4 x 1 x 1 m), die in den Boden eingelassen und mit einer Mischung aus Sand und natürlichem Sediment beschickt wurden. Nach dem Füllen der Becken mit Freisinger Leitungswasser erfolgte die Bepflanzung der Systeme mit aquatischen Makrophyten aus Gewässern der Umgebung. Die Becken besaßen dann eine Wassertiefe von 0,60-0,65 m und ein Volumen des Wasserkörpers von ca. 2,5 m³. Mit dem Sediment und den Makrophyten gelangten Organismen der Klein- und Kleinstflora und -fauna in die Becken, so daß sich vergleichsweise stabile aquatische Gemeinschaften entwickeln konnten (Details bei HUBER & al. 1988, WINKELHAUSEN 1987, FEIND & al. 1985).

Während der Entwicklungszeit der Systeme wurden sowohl physikalisch-chemische Parameter (O₂, pH-Wert, Leitfähigkeit, Chlorophyllgehalt, Alkalinität, Gesamthärte, Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Am-

monium, Nitrit, Nitrat, Phosphat, Silikat, Chlorid, Organisches Material) als auch die Entwicklung der Flora und Fauna regelmäßig analysiert (Details bei FEIND 1986, ZIERIS 1986, WINKELHAUSEN 1987).

Um die Artenstrukturen der verschiedenen Systeme besser miteinander vergleichen zu können, wurde jeweils der Ähnlichkeitsindex nach SØRENSEN (1948), der Dominanzindex nach SIMPSON (1949) und der Index für allgemeine Diversität nach SHANNON & WEAVER (MARGALEF 1968) berechnet.

3. Ergebnisse

3.1 Physikalisch-chemische Parameter

Ausgehend von den physikalisch-chemischen Werten des Leitungswassers, entwickelten sich alle sechs Systeme innerhalb der ersten 24 Monate zu oligotrophen Weichwassersystemen. Die Sauerstoffsättigungen lagen tagsüber (Meßzeitpunkt: 13⁰⁰-14⁰⁰ Uhr) fast immer über 100 % (Abb. 1). Innerhalb eines Jahres wurden Wasserhärten von weniger als 6⁰dH erreicht (Abb. 2). Die Nährstoffkonzentrationen (z. B. Phosphat) in den Systemen waren gering (Abb. 3). Die Parallelentwicklung der zur selben Zeit installierten Becken war bei den physikalisch-chemischen Parametern sehr hoch. Dies gilt in ähnlicher Weise auch für die Herbst- und Sommerinstallation.

Abweichungen von diesem generellen Entwicklungstrend waren nur bei dem Becken 6 zu beobachten. Die hier eingebrachten Wasserpflanzen zeigten Anwuchsschwierigkeiten und fielen im Laufe des ersten Entwicklungsjahres schließlich ganz aus. Mit der Nachbepflanzung im Juli 1984 konnte jedoch in kürzester Zeit eine Angleichung der chemisch-physikalischen Parameter an die Verhältnisse der anderen Systeme erreicht werden - ein Effekt, der auf eine besondere Rolle aquatischer Makrophyten bei der Entwicklung künstlicher Kleingewässer hinweist.

3.2 Makrophyten

Die Entwicklung zu oligotrophen Weichwassersystemen hatte zur Folge, daß sich in ihnen nur ganz bestimmte Makrophytenarten behaupten konnten. Die in allen sechs Modellsystemen dominierenden Arten waren *Chara hispida* und *C. delicatula/fragilis* und *Potamogeton natans*. Auch bei den Makrophyten in den verschiedenen Systemen hat eine ähnliche Entwicklung stattgefunden.

3.3 Phytoplankton

Die Sukzession der Algen war in allen Systemen durch starke Fluktuationen und abnehmende Individuendichten gekennzeichnet. Die Berechnung der Ähnlichkeitsindizes über den gesamten Entwicklungszeitraum und der Vergleich gemeinsam vorkommender Arten (Tab. 1) zeigen, daß die größten Ähnlichkeiten zwischen den Becken 1-3 und den Becken 4-6 zu beobachten sind. Es waren jedoch durchaus auch Ähnlichkeiten bei den zu unterschiedlichen Jahreszeiten eingerichteten Systemen zu erkennen.

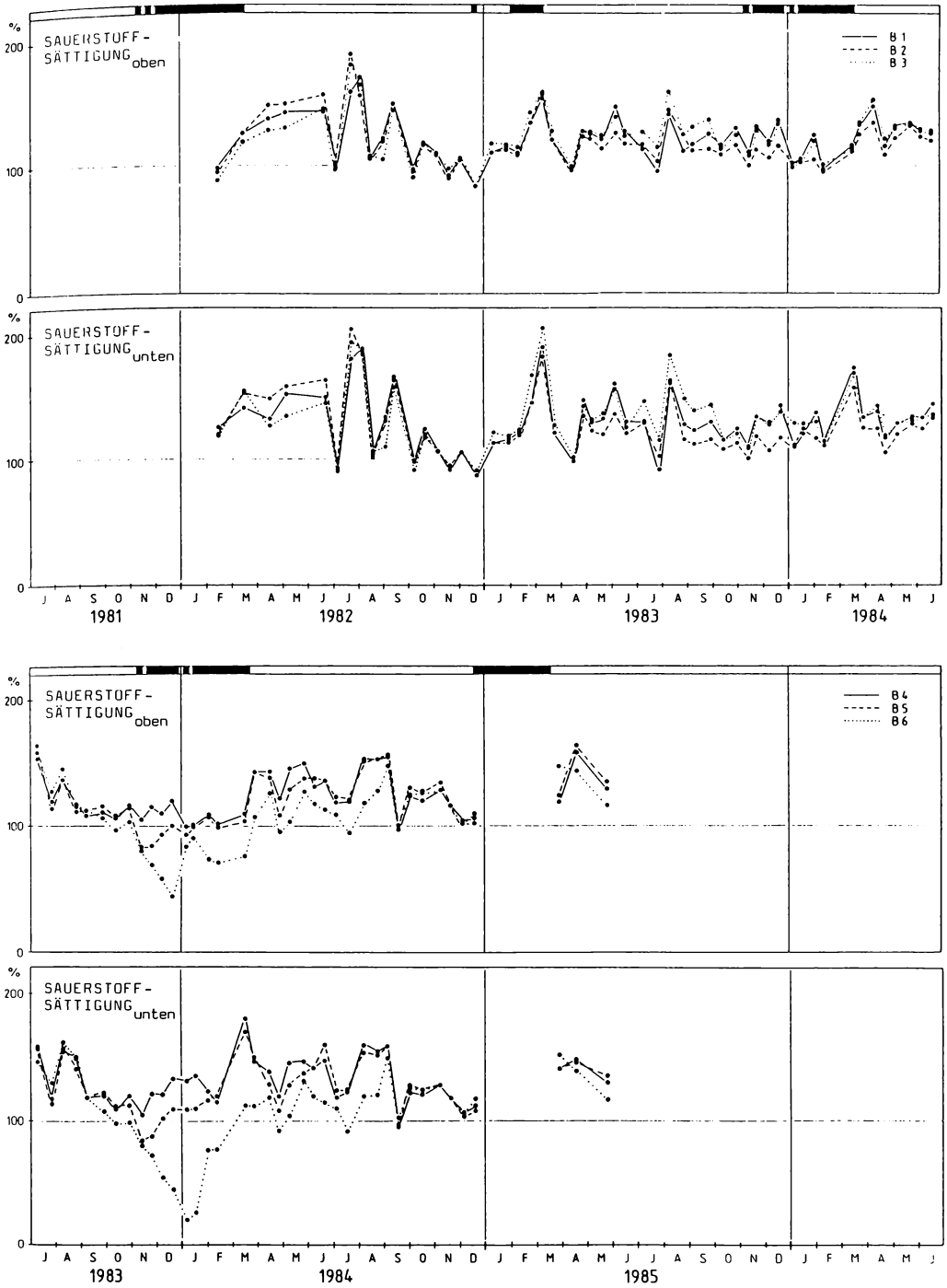


Abb. 1: Sauerstoffgehalt während der Entwicklungsphase der künstlichen aquatischen Ökosysteme. Die schwarzen Balken markieren die Zeiten, in denen die Becken mit Eis bedeckt waren.

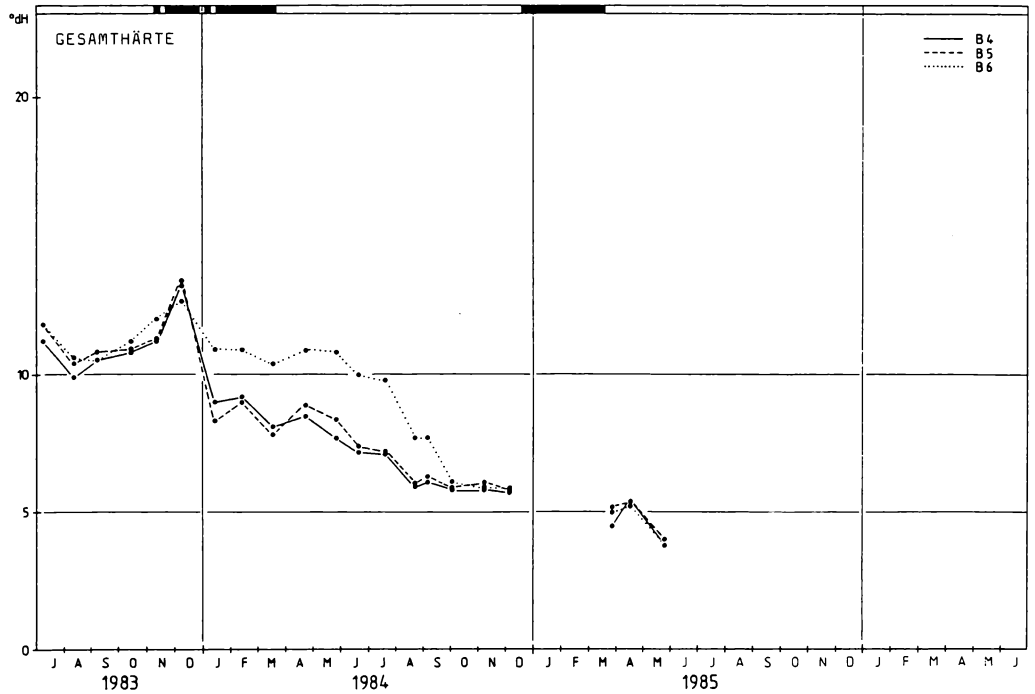
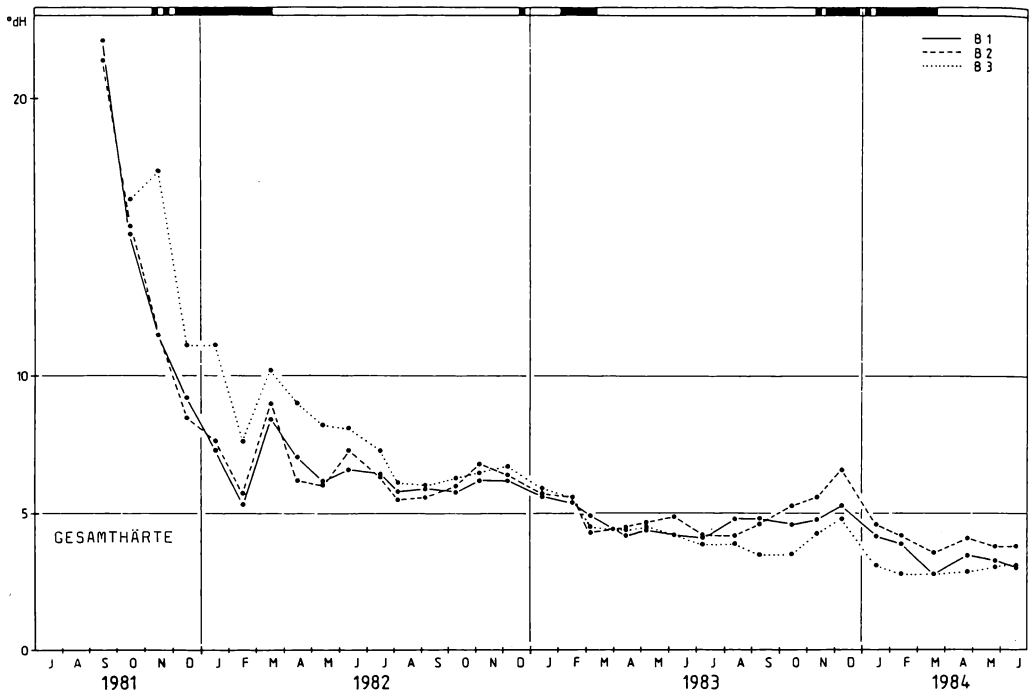


Abb. 2: Gesamthärte während der Entwicklungsphase der künstlichen aquatischen Ökosysteme

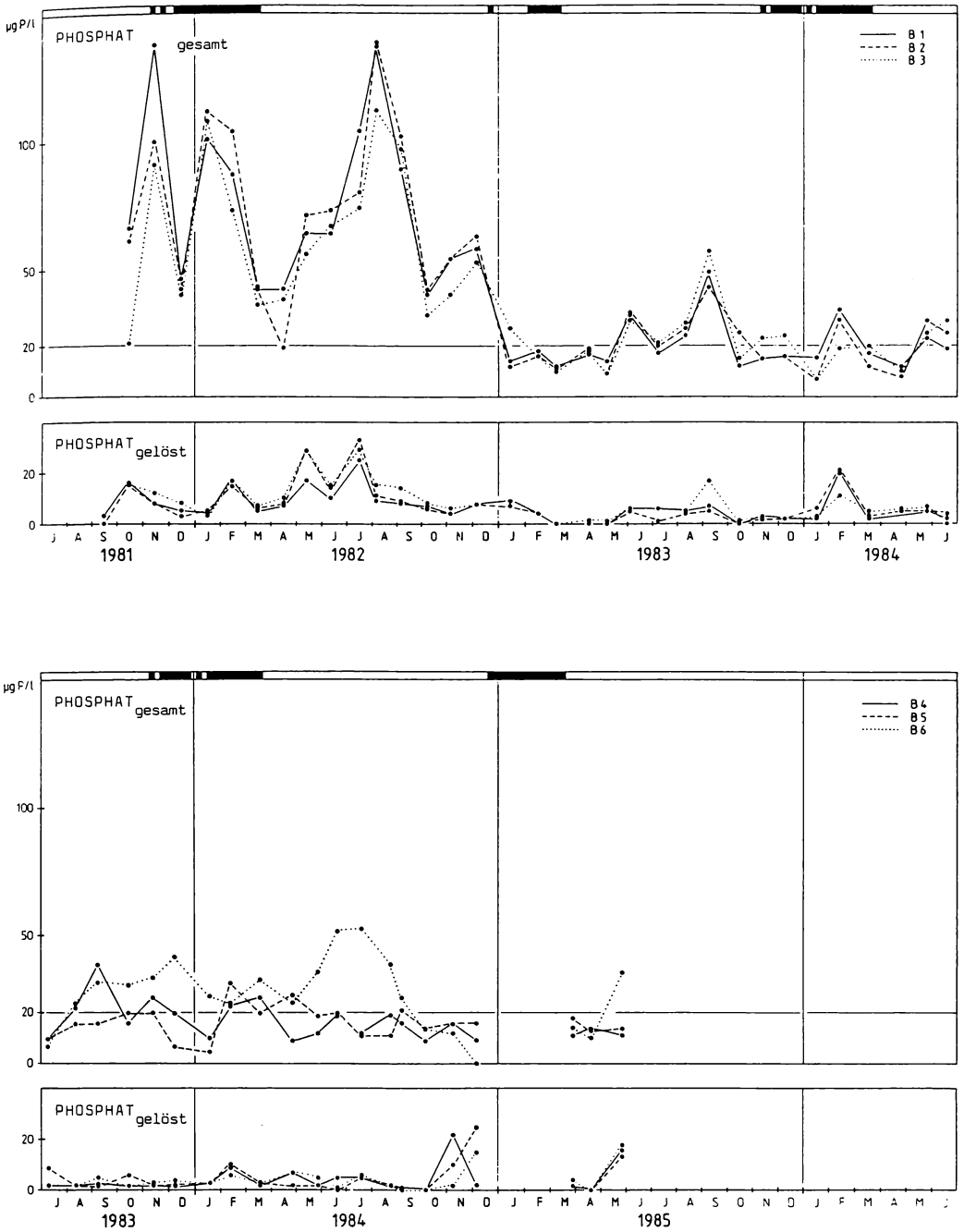


Abb. 3: Phosphatgehalt während der Entwicklungsphase der künstlichen aquatischen Ökosystem

Tab. 1: Phytoplankton: Arteninventar während der Entwicklungsphase der künstlichen aquatischen Ökosysteme; Zahl der gemeinsamen Arten und Ähnlichkeitsindex
Die Werte in Klammern berücksichtigen nur Arten, die mindestens einmal mit mehr als 100 Zellen/ml vorgefunden wurden.

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	
B 1	-	27 (23)	29 (23)	21 (18)	18 (16)	18 (15)	GEMEINSAME ARTEN
B 2	0,90 (0,96)	-	27 (23)	20 (19)	18 (17)	17 (16)	
B 3	0,92 (0,92)	0,89 (0,92)	-	23 (20)	19 (18)	21 (18)	
B 4	0,46 (0,56)	0,44 (0,59)	0,49 (0,61)	-	55 (39)	54 (37)	
B 5	0,39 (0,51)	0,40 (0,54)	0,41 (0,55)	0,90 (0,99)	-	55 (36)	
B 6	0,34 (0,48)	0,33 (0,51)	0,40 (0,55)	0,80 (0,94)	0,81 (0,92)	-	
	ÄHNLICHKEITSINDEX						

3.4 Fauna

Die in den Modellteichen gefundenen Vertreter der Fauna können alle der Gruppe der Ubiquisten zugeordnet werden. Alle sechs Systeme zeigen eine ausgesprochen ähnliche Artenzusammensetzung (Tab. 2), die sich im Lauf der Systementwicklung durch Artenaustausch noch weiter angleicht. Die Berechnung der Ähnlichkeitsindizes nach SØRENSEN über den gesamten Entwicklungszeitraum ergab für alle sechs Becken hohe Ähnlichkeiten (Tab. 3), wobei auch die Übereinstimmung zwischen den Systemen, die zu verschiedenen Zeitpunkten installiert wurden, auffiel.

Tab. 2: Fauna: Arteninventar während der Entwicklungsphase der künstlichen aquatischen Ökosysteme; maximale Abundanz

FAUNA	Becken Artenzahl	1	2	3	4	5	6
		32	31	31	30	27	30
ROTATORIA		16	16	14	10	9	13
Asplancha priodonta GOSSE		•	•				
Brachionus angularis GOSSE		●	●		•	•	●
Brachionus calicyflorus PALLAS				•			
Brachionus quadridentatus HERMANN							•
Brachionus urceolaris O.F.MÜLL.							•
Cephalodella spec.		•	•	•	•	•	•
Epiphanes brachionus EHR.			•				
Euchlanis dilatata EHR.		•	•	•	•	•	•
Keratella cochlearis GOSSE		●	●	●	●	●	●
Keratella quadrata O.F.MÜLL.		●	●	●	●	●	●
Lecane-Arten (hauptsächlich Lecane luna O.F.MÜLL.)		•	•	•	•	•	•
Lepadella spec.		•	•				
Platyiys quadricornis EHR.		•	•				•
Polyarthra remata SKOR.		●	●	●	●	●	●
Squatinella spec.		•	•				
Synchaeta oblonga EHR.		●	●				
Synchaeta pectinata EHR.		●	●	●	●	●	●
Trichocerca spec.		•	•				
Trichotria spec.		•	•	•	•	•	•
CLADOCERA		9	8	8	9	8	8
Acroporus harpae BAIRD		●	●	●	●	●	●
Alona costata SARS		●	●	●	●	●	●
Alona spec.		•	•	•	•	•	•
Alonella nana BAIRD		●	●	●	●	●	●
Bosmina longirostris O.F.MÜLL.		•					
Chydorus sphaericus O.F.MÜLL.		●	●	●	●	●	●
Graptoleberis testudinaria FISCH.		●	●	●	●	●	•
Peracantha truncata O.F.MÜLL.		●	●	●	●	●	•
Simocephalus vetulus O.F.MÜLL.		●	●	●	●	●	●
NN							•
OSTRACODA		2	2	2	3	4	4
Cypridopsis vidua O.F.MÜLL.		●	●	●	●	●	●
Heterocypris incongruens RAM.		●	●	●	●	●	•
Ilyocypris gibba RAM.						●	●
Notodromonas monacha O.F.MÜLL.						•	•
COPEPODA		2	2	2	3	2	2
Eucyclops serrulatus FISCH.		●	●	●	●	●	●
Mesocyclops leuckartii CLAUS		●	●	●	●	●	●
NN						•	
INSECTA		3	3	5	5	4	3
Ceratopogon spec.				•	•	•	
Chaoborus spec.		●	●	●	●	●	●
Chironomus spec.		●	●	●	●	●	●
Cloeon spec.				•	•		
Tanypus spec.		●	●	●	●	●	●
		●	●	●	●	●	●

Definition der Häufigkeitsklassen, Fauna (N/1)

Rotatoria	Cladocera Ostracoda Copepoda	Insecta
• 0,1 - 1	• 0,01 - 0,1	• 0,01 - 0,1
• 1 - 10	• 0,1 - 1	• 0,1 - 1
• 10 - 100	• 1 - 10	• 1 - 10
• 100 - 1000	• 10 - 100	• 10 - 100
• > 1000	• > 100	• > 10

Tab. 3: Fauna: Arteninventar während der Entwicklungsphase der künstlichen aquatischen Ökosysteme; Zahl der gemeinsamen Arten und Ähnlichkeitsindex

	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	
B 1	-	38	37	33	32	34	GEMEINSAME ARTEN
B 2	0,96	-	36	33	32	33	
B 3	0,94	0,92	-	34	32	33	
B 4	0,85	0,86	0,88	-	34	34	
B 5	0,85	0,87	0,87	0,93	-	34	
B 6	0,87	0,86	0,86	0,89	0,93	-	
	ÄHNLICHKEITSINDEX						

4. Diskussion

Die vorgestellten Befunde machen deutlich, daß die untersuchten Kleingewässer vom Grundsatz her eine vergleichbare Entwicklung durchlaufen. Die aquatischen Makrophyten, die als Hauptproduzenten kleiner, flacher Teiche (ODUM 1980) Milieubedingungen (Sauerstoff, Belichtung, besiedelbares Substrat) und Nährstoffhaushalt entscheidend bestimmen (siehe auch ZIERIS 1986), scheinen dabei einen "stabilisierenden" Einfluß auf die Entwicklung dieser künstlichen Stillgewässer auszuüben.

Unterschiedliche Rahmenbedingungen nehmen erwartungsgemäß Einfluß auf die Entwicklung der Modellsysteme. So ist der Zeitpunkt der Installation der Becken nicht unerheblich. Bereits im Sommer eingerichtete Systeme zeigen eine schnellere Abnahme der anorganischen Nährstoffkonzentrationen des Freiwassers und einen früheren Anstieg des Gehaltes an organischem Material. Unterschiedliche Witterungsverhältnisse, insbesondere kurz nach der Bepflanzung, und die Zufälligkeiten bei der Erstbesiedlung durch Mikroflora und Fauna bedingen ebenfalls Unterschiede in der Sukzession der Systeme.

Die großen Ähnlichkeiten in der Entwicklung der Systeme lassen sie für ökotoxikologische Prüfungen geeignet erscheinen, bei denen Standardisierbarkeit und Wiederholbarkeit der Testbedingungen gefordert werden (z. B. HARRIS & al. 1980, BECKER 1987, TAUB 1989). Jedoch wird man zur Beurteilung der Wirkung einer Substanz im Testsystem nicht mehr die zitierten Ähnlichkeitsindizes verwenden können, sondern ein Bewertungsmaß wählen, bei dem zusätzlich zu dem Vorkommen der Arten auch ihre Abundanzen berücksichtigt werden (ZIERIS 1986, 1988). Auch wird man bei einer ökotoxikologischen Bewertung die zeitliche Abfolge der Ereignisse beachten müssen und somit letztlich zu einer Analyse von Zeitreihen kommen, wie es bei HUBER & al. (1988) ansatzweise mit Hilfe von Trendanalysen geschehen ist.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden durch das BMFT (Förderkennzeichen Nr. 03-73140) und das UBA (Förderkennzeichen Nr. 12605001/01) finanziell unterstützt.

Literatur

- BECKER, H., 1987: Untersuchung und Bewertung von Belastungen in Ökosystemen: Seminar im Rahmen des BMFT-Projektes "Auffindung von Indikatoren zur prospektiven Bewertung der Belastbarkeit von Ökosystemen" am 4.11.1985 in Berlin. Zusammenfassung der Diskussion. Mitteilungen aus der BBA 234: 64-68.
- DENOYELLES, F. Jr., KETTLE, J. W., FROMM, C. H., MOFFETT, M. F. & S. L. DEWEY, 1989: Use of experimental ponds to assess the effects of a pesticide on the aquatic environment. Misc. Publ. Entomol. Soc. Am. 75: 41-56.
- FEIND, D., 1986: Aquatische Süßwasser-Modellökosysteme zur ökotoxikologischen Bewertung von Umweltchemikalien. Diss. TU München-Weihenstephan.
- FEIND, D., ZIERIS, F.-J. & W. HUBER, 1985: Entwicklung und Gleichgewichtseinstellung von Süßwasser-Modellökosystemen. Verh. Ges. Ökol. 13: 359-367.
- HARRIS, W. F. (ed.), AUSMUS, B. S., EDDLEMON, G. K., DRAGGAN, S. J., GIDDINGS, J. M., JACKSON, D. R., LUXMOORE, R. J., O'NEILL R. V., ROSS-TODD, M. & P. VAN VORIS, 1980: Microcosms as potential screening tools for evaluating transport and effects of toxic substances. ORNL/EPA - 4; EPA - 600/3-80-042.
- HUBER, W., ZIERIS, F.-J., FEIND, D. & K. E. NEUGEBAUR, 1988: Ökotoxikologische Bewertung von Umweltchemikalien mit Hilfe von aquatischen Modellökosystemen. In: VERFONDERN, M. & B. SCHEELE (Hrsg.): Methoden zur ökotoxikologischen Bewertung von Chemikalien. KFA Jülich GmbH. Jül-Spez-440: 202-278.
- LARSEN, D. P., DENOYELLES, F., STAY, F. & T. SHIROYAMA, 1986: Comparisons of single-species, microcosm and experimental pond responses to atrazine exposure. Environ. Toxicol. Chem. 5: 179-190.
- MARGALEF, R., 1968: Perspectives in ecological theory. University of Chicago Press, Chicago: 112 S.
- ODUM, E. P., 1980: Grundlagen der Ökologie. Bd. 1 und 2. G. Thieme, Stuttgart, New York.
- SIMPSON, R. W., 1949: Measurements of diversity. Nature 163: 688 S.
- SØRENSEN, T., 1948: A methode of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. K. Danske Vidensk. Selsk. 5: 1-34.
- TAUB, F. B., 1989: Standardized aquatic microcosms. Environ. Sci. Techn. 23: 1064-1066.
- WINKELHAUSEN, H., 1987: Die Entwicklung limnischer Modellökosysteme - Eine vergleichende Betrachtung. Diplomarbeit, TU München-Weihenstephan.
- ZIERIS, F.-J., 1986: Die Eignung von künstlichen aquatischen Ökosystemen im Freiland zur ökotoxikologischen Risikoabschätzung von Umweltchemikalien. Diss. TU München-Weihenstephan.
- ZIERIS, F.-J., FEIND, D. & W. HUBER, 1988: The split pond - one means of getting comparable model ecosystems. Z. Wasser-Abwasser-Forsch. 21: 7-10.

Adressen

Dipl.-Ing. Dipl.-Biol. Harald Winkelhausen
Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft
Lazarettstr. 67

Dr. Franz-Joachim Zieris
Dr. Karin Neugebauer-Büchler
Univ. Prof. Dr. Wilfried Huber
TU München-Weihenstephan
Lehrgebiet Systematik und Ökophysiologie

W - 8000 München 19

W - 8050 Freising 12

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [20_2_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Winkelhausen Harald, Zieris Franz-Joachim,
Neugebauer-Büchler Karin, Huber Wilfried

Artikel/Article: [Die Parallelentwicklung künstlicher aquatischer Ökosysteme 579-587](#)