

DIE NUTZUNG VON LANDWIRTSCHAFTLICHEN ABWÄSSERN FÜR DIE FISCHPRODUKTION

Günter Gunkel und Asmail Nouri

ABSTRACT

Decentralized techniques for waste water clarification in connection with waste water utilization are of great significance in rural areas, especially in semi-arid and arid regions. These decentralized techniques for processing agricultural waters greatly relieve water bodies and help protect ground water without requiring the large amount of capital that is necessary for establishing a centralized system. Nutrients remaining in the water can be transferred to fish ponds which are fed with waste water and can be converted to usable biomass and utilized when a processing concepts assures the retention or, respectively, removal of possible pollutants from the waste water.

With regard to waste water treatment and utilization, a multistep pond facility was conceived to optimize the process of waste water clarification and conversion of nutrients into biomass. This successive model pond facility consists of different, consecutively connected ponds which are continuously flooded with waste water. The production of algae and bacteria occurring in the ponds are converted via aquatic food chains into biomass which can be utilized by fish. The consecutive arrangement of the model ponds allows spatial and temporal stabilization of dominant biological composition and decomposition processes as well as biocoenosis.

keywords: *fish ponds, waste water utilization, fish production*

1. EINLEITUNG

Die landwirtschaftliche Entwicklung in den industriellen Staaten ist geprägt durch eine Zentralisierung der Produktion und einer hiermit gekoppelten, regional auftretenden Belastung aus der Intensivproduktion. Ein viel diskutiertes, aktuelles Problem aus dem limnischen Bereich ist die Belastung der Oberflächengewässer und des Grundwassers durch die anfallende Gülle aus der Massentierhaltung. Lösungskonzepte für dieses Gülleproblem sind sehr schwer zu entwickeln, da die natürlichen Stoffflüsse als turn over - Prozesse im Ökosystem durch die Zentralisierung der Produktion entkoppelt sind. Dezentrale Verfahren in der landwirtschaftlichen Produktion stellen deutlich geringere Eingriffe in die Stoffeinträge und -umsetzungen der Ökosysteme dar als zentrale Verfahren; deshalb ist der Aufbau dezentraler Verfahren für die sich entwickelnde landwirtschaftliche Produktion in den Schwellenländern von wesentlicher Bedeutung und sollte Vorrang vor den zentralen Verfahren besitzen.

Bei einer dezentralen landwirtschaftlichen Produktion fallen aus dem Bereich der kleinen Siedlungen und der Tierhaltung kleinere Abwassermengen an, die abwassertechnisch nur mit einem geringen Wirkungsgrad aufbereitet werden können; wirksame zentrale Kläranlagen sind aufgrund der großen Entfernungen nicht wirtschaftlich zu betreiben.

Im Abwasser, insbesondere aus der landwirtschaftlichen Produktion, sind wertvolle Nährstoffe enthalten, die für eine weitere Produktion prinzipiell genutzt werden können. Hierauf gründet sich im limnischen Bereich die Abwassernutzung für die Fischzucht in Teichen - Abwasser

wird als Initialdüngung für Fischteiche verwendet, um nach Einstau der Teiche im Frühjahr schnell ein produktives System zu erhalten (SCHÄPERCLAUS 1967; WOHLFARTH und SCHROEDER 1979; EDWARDS 1980). Auch das Verfahren der Abwasseraufbereitung in Teichen als sogenannte Abwasserteiche basiert auf dem turn over der Nährstoffe (LIEBMANN 1960, UHLMANN 1980, ATV 1985). Neue Perspektiven bei der Nutzung von Abwässern ergeben sich durch die Anwendung von Abwasserteichen zur Verringerung der Restbelastung (Schönungsteiche) sowie aus der Nutzung von Abwässern für die Fischzucht in Form von kontinuierlich abwassergespeisten Teichen (SZLAUER 1979, ATV 1985, KRAUTH und STAAB 1986). Mögliche Schadstoffgehalte des Abwassers müssen jedoch bei der Abwassernutzung für Aquakultur erfaßt und verringert werden.

2. GRUNDLAGEN UND PERSPEKTIVEN DES TEICHMANAGEMENTS

Die Möglichkeiten der Steuerung der biologischen Prozesse in Teichen sind durch die Fortschritte in der Teichwirtschaft und der Limnologie vielfältig, und sie gestatten es, ein effektives Teichmanagement zu betreiben (Abb. 1). Somit wird es möglich, die sich in dem Ökosystem einstellenden Organismen bzw. Populationen sowie die Nahrungskettenbeziehungen zu beeinflussen; die Intensität der biologischen Prozesse, die Art der Stoffumsetzungen und die Stabilität der Biozönose kann auch unter den komplexen Bedingungen natürlicher Ökosysteme gesteuert werden (RIPL 1980, 1982; FRIEDRICH 1982; BOYD 1982; DVWK 1988).

	TEICHMANAGEMENT
Destruenten	aerobe/anaerobe Konditionierung
Produzenten	NPC Verhältnis
Sedimentation	Polymiktische Verhältnisse Belüftung und Zirkulation Sedimentationszone in situ Fällungen
Wasserhaushalt	Oberflächenabfluß Tiefenwasserabfluß hydraulische Belastung feed back bypass
Biomaniplulation	Einsatz planktivorer Fische Einsatz phytophager Fische Einsatz räuberischer Fische Besiedlung mit Pleustophyten Besiedlung mit Makrophyten
Sukzessionssteuerung	Pestizideinsatz Sukzessionssteuerung durch Insektizide Sukzessionssteuerung durch Nährsalze

Abb. 1: Verfahren des Teichmanagements

Die Biozönose der Destruenten wird über eine aerobe bzw. anaerobe Konditionierung der Teiche gesteuert, so daß neben dem aeroben Substratabbau auch ein anaerober Substratabbau eingestellt werden kann. Die Biozönose der Produzenten wird wesentlich durch die Konzentrationen und das Verhältnis der Nährstoffe geprägt; neben dem Verhältnis Stickstoff zu Phos-

phor ist die Konzentration und Verfügbarkeit der C-Quelle für die Ausbildung der photoautotrophen Lebensgemeinschaft von Bedeutung.

Die Ablagerung von Mikropartikeln in das Sediment wird durch die Strömungsverhältnisse im Teich bestimmt (polymiktische Verhältnisse, Zirkulation durch Belüftung, Sedimentationszonen) sowie durch in situ Fällungen ermöglicht. Der Wasserhaushalt kann durch den Abfluß (Oberflächenabfluß, Gewässersohlenabfluß) auch für einzelne Wasserkörper geregelt werden; unregelmäßig auftretende Zuflüsse wirken als hydraulische Stoßbelastung der Teiche und können über bypass und feed back (Rückführung des Abflusses) gesteuert werden (UHLMANN 1980).

Intensiv diskutiert wird zur Zeit die direkte Steuerung der Nahrungskettenbeziehungen als Biomanipulation (LAMPERT 1983, KITCHELL und CARPENTER 1988). Der gezielte Einsatz räuberischer, planktivorer oder phytophager Fische stellt ein einfaches und direktes Instrument des Managements dar.

Die Entwicklung von Makrophyten kann zusätzlich über die Gewässergeometrie und eine Teichpflege (mechanisches oder chemisches Entkrauten) geregelt werden, das Auftreten von Pleustophyten (Schwimmpflanzen) kann zusätzlich über die Strömungsverhältnisse (Oberflächenabfluß, Zirkulation) in Teich geregelt und gesteuert werden. Häufig wird auch der Einsatz von Pestiziden (Molluskizide, Insektizide, Piscizide, Herbizide) als mögliche Verfahren der Gewässerpflge und der gezielten Gewässerbewirtschaftung diskutiert, Rückstandsprobleme und Grundwasserschutz schränken die Anwendung von Pestiziden im limnischen Bereich jedoch ein. Neuere Verfahren aus der Fischzucht zur Sukzessionssteuerung des Zooplanktons mit Insektiziden (GRAHL et al. 1981) oder Nährsalzen (HEISIG 1979; LINCOLN et al. 1983) müssen als weitgehend unproblematisch eingestuft werden.

Diese Erkenntnisse und Erfahrungen des Teichmanagements müssen auf die Abwasserreinigung in Teichen übertragen und angewendet werden, um das Verfahren weiterhin zu optimieren. Neue Perspektiven für die Aufbereitung und Nutzung landwirtschaftlicher Abwässer ergeben sich einerseits durch ein entsprechendes Teichmanagement und andererseits durch die Verknüpfung der Abwasseraufbereitung und der Nutzung der Nährstoffe des Abwassers im Sinne der natürlichen turn over Prozesse eines limnischen Systems. Bei jedem Verfahren der Abwassernutzung für die Fischerei muß die Schadstoffbelastung der Fische durch entsprechende Maßnahmen gering gehalten werden, um nicht über den ständigen Abwassereintrag eine Bioakkumulation in den Fischen auszulösen.

Das entwickelte Konzept einer sukzessiv angeordneten Teichanlage soll gleichzeitig eine Abwasseraufbereitung und den Umsatz der Rest-Nährstoffe in verwertbare Biomasse für die Fischzucht ermöglichen. Eine effektive Steuerung der hierfür notwendigen biologischen Prozesse erscheint nur möglich, wenn es gelingt, die im limnischen System hochgradig vernetzten Beziehungen der Stoff- und Energieflüsse räumlich und zeitlich zu trennen. Somit lassen sich einzelne Prozesse in den verschiedenen Teichen der Anlage optimieren - ein Verfahren, daß sich bei der Steuerung von Phyto- und Zooplanktonpopulationen bereits bewährt hat (HEISIG 1980; HEISIG und KAUSCH 1987).

3. MATERIAL UND METHODE

Die Teichanlage ist als Modellanlage in einer Versuchshalle aus Regenwassertonnen errichtet worden, die einzelnen Behälter haben ein Volumen von je 200 l (Teich 1 und 2) bzw. von je 400 l (Teich 3 bis 6). Der Vorratsbehälter weist ein Volumen von 1000 l auf. Die Modellteichanlage wird aufgrund der Höhendifferenz der einzelnen Behälter passiv durchströmt; das Wasservolumen unter Betriebsbedingungen der Modellteichanlage beträgt ca. 1500 Liter.

Die sukzessiv angeordnete Teichanlage besteht aus sechs Teichen (Abb. 2):

- Im ersten Teich (100 l) findet eine anaerobe Konditionierung des Abwassers mit dem Ziel der Sulfidbildung und der sulfidischen Schwermetallfällung statt; gleichzeitig erfolgt über die Denitrifikation eine Reduzierung des im Abwasser vorhandenen Nitratstickstoffes.

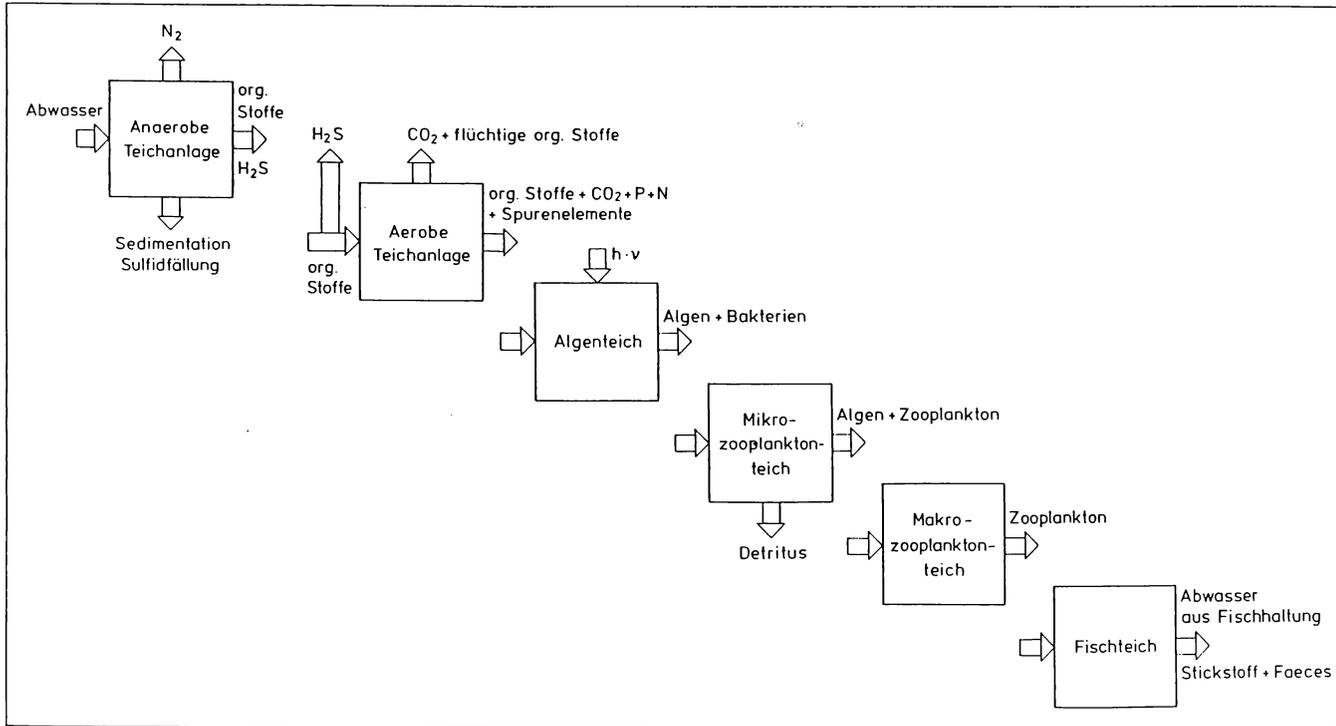


Abb. 2: Schematische Darstellung des verfahrenstechnischen Konzeptes der sukzessiv angeordneten Modellteichanlage

- Der zweite Teich (150 l) ist eine aerobe Abwasserbehandlung nach dem Belebtschlammverfahren; in der Belebungsstufe erfolgt ein Strippen der flüchtigen organischen Verbindungen, da ein intensiver Lufteintrag die Schlammflocken in Schwebelage hält. In einem kleinen Zwischenreaktor (3 l), der dem zweiten Teich vorgeschaltet ist, erfolgt das Strippen des Schwefelwasserstoffes, da dieses toxisch ist und die Aktivität des Belebtschlammes reduzieren würde.
- Der dritte Teich (200 l) ist als Algenteich konzipiert mit intensiver Beleuchtung und starker Belüftung, um CO₂ für die photoautotrophen Organismen einzutragen; durch den Lufteintrag werden die Algen in Schwebelage gehalten und gleichzeitig wird durch die Turbulenz das Aufkommen zahlreicher Cyanophyceae-Arten (Blaualgen) gehemmt.
- Der vierte Teich ist als Zooplankonteich ohne Belüftung konzipiert (250 l), so daß es zu einer verstärkten Sedimentation der eingespülten Algen kommt; hierbei findet eine Festlegung schwerflüchtiger organischer Schadstoffe durch Adsorption und Sedimentation statt.
- Auch der fünfte Teich dient als Zooplankonteich (400 l), während der sechste Teich als Fischteich (400 l) verwendet wird; die Fische ernähren sich dann von dem eingespülten Zooplankton und der autochthonen Produktion des Teiches. Als Fische wurden einjährige Karpfen eingesetzt (*Cyprinus carpio*).

Diese Modellanlage basiert auf den zahlreichen Erfahrungen mit Abwasserteichanlagen (LIEBMANN 1960, LIEBMANN und SCHERB 1972, KÖHL 1969, KRAUTH und STAAB 1986), ohne daß bislang ausreichende Erkenntnisse über mehrstufige Abwasserreinigungsanlagen als Teichanlagen vorliegen (BAHRE 1985, WRIGLEY und TOERIEN 1990), auch eine funktionelle Trennung der Teiche (SZLAUER 1979, HEISIG 1980) ist bislang unzureichend untersucht worden.

Die Versuchsanlage wird seit 1986 betrieben bei gleichzeitiger Optimierung bezüglich der Effizienz der Abwasseraufbereitung und der Raumbelastung; als Abwasser wurde häusliches Abwasser aus einer kommunalen Kläranlage verwendet (45 l/d) sowie in einer zweiten Phase aufgelöste Kuhdungpellets (NOURI und GÜNKEL 1988; NOURI, in Vorber.).

Die wasserchemischen Analysen wurden nach den Deutschen Einheitsverfahren (DEV 1989) durchgeführt, der CSB-Bestimmung erfolgte durch Oxidation mit Kaliumpermanganat, die TOC-Bestimmung wurde im Beckmann TOC-Analyser vorgenommen. Die Chlorophyllbestimmung erfolgte nach NUSCH (1980), das Phytoplankton wurde qualitativ und halbquantitativ im Inversmikroskop erfaßt, das Zooplankton wurde nach Fang mit dem Kosmos Planktonnetz qualitativ und quantitativ bestimmt.

4. ERGEBNISSE AUS DEM DAUERBETRIEB DER SUKZESSIV ANGEORDNETEN MODELLTEICHANLAGE

4.1. Abwassertechnische Parameter

Die Versuchsanlage wurde in der hier dargestellten Versuchsphase 1 a/1 b kontinuierlich mit kommunalem Abwasser beschickt, die mittlere Aufenthaltszeit in Teich I bis V betrug 23 Tage (Flußrate: 1,5 Liter/Stunde; in der Versuchsphase 1 b feed back von Teich VI in Teich V: 2,3 Liter/Stunde; Belastung: 0,1 Einwohnergleichwerte/d). Die gelösten N-Verbindungen weisen im zeitlichen Verlauf nur geringe Schwankungen auf (mittlere Konzentration gelöster N-Verbindungen: Zulauf = 25,9 mg/l, s = 11,5; Teich I = 33,4 mg/l, s = 15,7; Teich III = 17,9 mg/l, s = 1,3; Teich V = 15,0 mg/l, s = 1,7) und auch Konzentrationschwankungen im Zufluß werden gedämpft, so daß die wasserchemischen Parameter als Mittelwerte über die Versuchsphase von einem halben Jahr dargestellt und bewertet werden können (Abb. 3). Die N-Verbindungen des Abwassers bestehen nahezu quantitativ aus Ammonium, in der anaeroben Stufe (I) findet eine Erhöhung der gelösten N-Verbindungen durch anaeroben Abbau partikulärer Stoffe statt (Ammonifikation). Eine Denitrifikation konnte durch die technisch bedingte Lagerung des Abwassers und der dann stattfindenden Nitratreduktion nicht stattfinden. In der aeroben Stufe II b ist das Ammonium bereits quantitativ zu Nitrat oxidiert worden, gleichzeitig ist die Konzentration der gelösten N-Verbindungen durch den Prozeß der Denitrifikation verringert. Die Ammoniumoxidation und die Denitrifikation finden ausschließlich in dem Zwischenreaktor II a statt (Volumen von II a 3 Liter), in dem auch Schwefelwasserstoff gestrippt wird. In den folgenden Teichen findet eine weitere Verringerung des gel. Nitrates durch

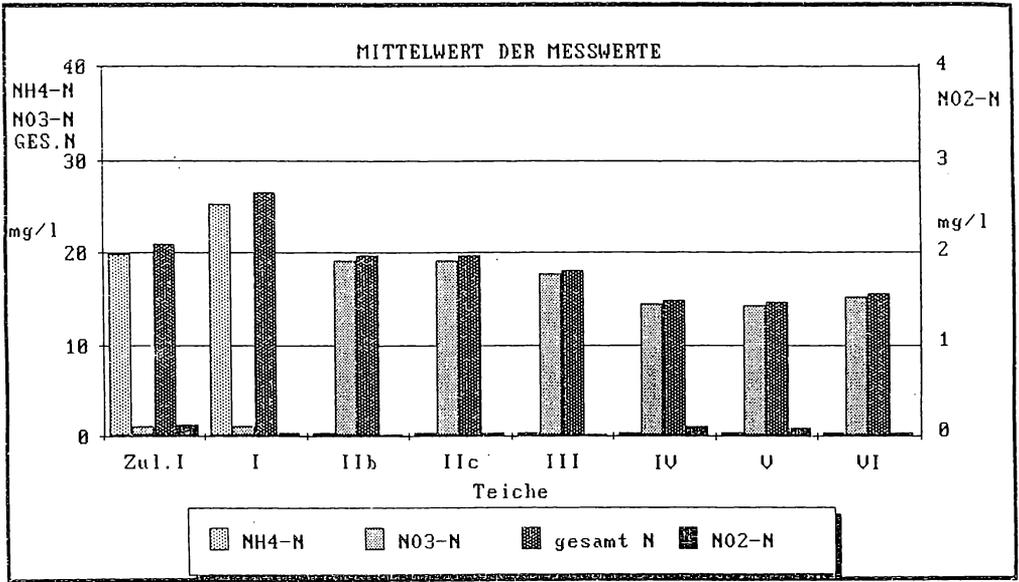


Abb. 3: Konzentrationen der Stickstoffverbindungen im Zulauf und in den Teichen I bis VI der Modellteichanlage, dargestellt sind die Mittelwerte über die Versuchsperiode von sechs Monaten

Inkorporation in Biomasse statt (Nitrataassimilation). Für die Bewertung der Stickstoffumsetzungen ist die geringe Konzentration von Nitrit als fischtoxische Verbindung von Bedeutung; Nitrit tritt nur in Spurenkonzentrationen auf.

Die Effizienz der Abwasseraufbereitung in der Modellanlage wird durch die Verringerung der abwasserrelevanten Parameter im Verlauf der verschiedenen Teiche erkennbar: der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB1) wird um 90 % reduziert, der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) und der gelöste organische Kohlenstoff (TOC) werden um 80 % reduziert (Abb. 4); auch unter Berücksichtigung der geringen Raumbelastung in dieser Versuchsphase (45 g BSB5/m³·d) ist das Konzept der anaeroben und der nachgeschalteten aeroben Stufe als zweistufige Klärteiche anwendbar.

4.2. Limnologische Parameter

Die Umsetzungen der Produzenten können am Beispiel der Algenbiomasse (Chlorophyll a - Gehalt) und der Entwicklung des Zooplanktons bewertet werden, als Beispiel sind die Chlorophyllkonzentrationen der Teiche III (Algenteich) und IV (Zooplanktenteich) dargestellt (Abb. 5); zwischen der Biomasse des Phyto- und Zooplanktons bilden sich inverse Beziehungen aus bei hohen Individuendichten sowohl des Phyto- als auch Zooplanktons. In der Versuchsphase 1 a wurde das Phytoplankton durch *Oscillatoria redeckeii* dominiert, während als dominante Zooplanktonart *Daphnia longispina* und *Simocephalus vetulus* auftraten (Abb. 6); diese Dominanzverhältnisse waren langfristig stabil. Die schlechte Ingestierbarkeit von *Oscillatoria redeckeii* besonders durch *Daphnia longispina* (BRENDLBERGER 1985) muß als Hinweis auf eine geringe Effizienz der aufgebauten Nahrungskette gewertet werden; vermutlich stellen in der Modellteichanlage Bakterien die wesentliche Nahrungsquelle für *Daphnia longispina* dar.

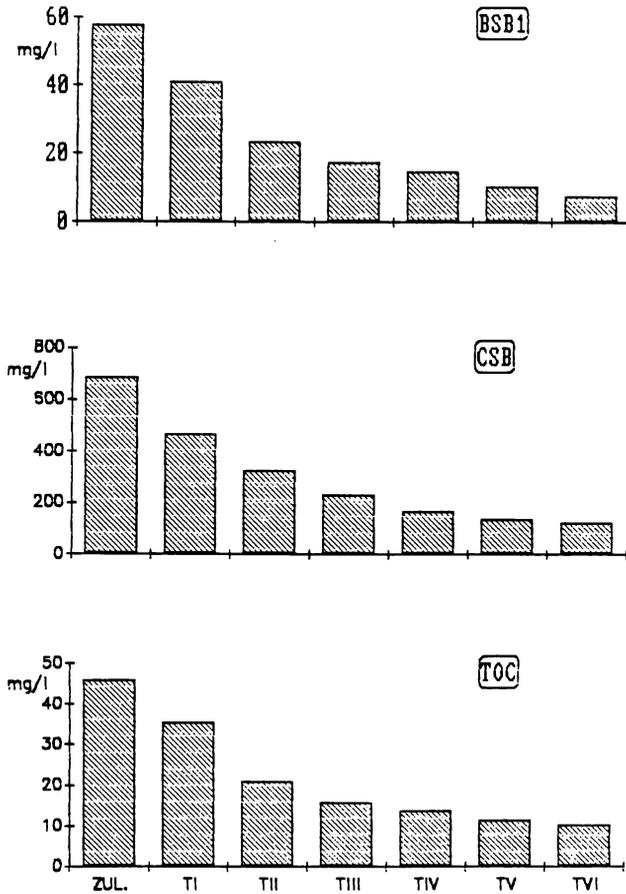


Abb. 4: Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB), Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) und Organischer Kohlenstoff (TOC) in den Teichen der Versuchsanlage, dargestellt sind die Mittelwerte über die Versuchsperiode von sechs Monaten

In der Versuchsphase 1 b (feed back von T VI in T V) stellte sich unter gleichen Betriebsparametern ein Planktonzönose ein, dessen größere Formen durch Diatomeen (Kieselalgen) in geringer Dichte dominiert wurden; für die Produktion von Bedeutung sind Nanoplankter und das Bakterienplankton (Abb. 7). Die Population von *Oscillatoria* redeckte als Folge eines Schlammübertritts aus der Belebungsstufe in den Algenteich zusammengebrochen und konnte sich nicht erneut aufbauen. Das Zooplankton wurde durch den großen Filtrierer *Daphnia magna* dominiert, die *Daphnien* erreichten auch hohe Individuendichten und Reproduktionsraten; für *Daphnia magna* sind Bakterien- und Nanoplankton gut ingestierbare Formen (BRENDENBERGER 1985). Diese Nahrungskette stellt einen effizienteren Stoff- und Energieumsatz dar als die in der Versuchsphase 1 a: Bakterien- und Nanoplankter weisen hohe Turn over Raten bei entsprechend geringen Reproduktionszeiten auf - dies ermöglicht eine starke Belastung der Teichanlage, während die sich ausbildende Population von *Daphnia magna* für Fische eine gute und energetisch effiziente Nahrungsquelle darstellen.

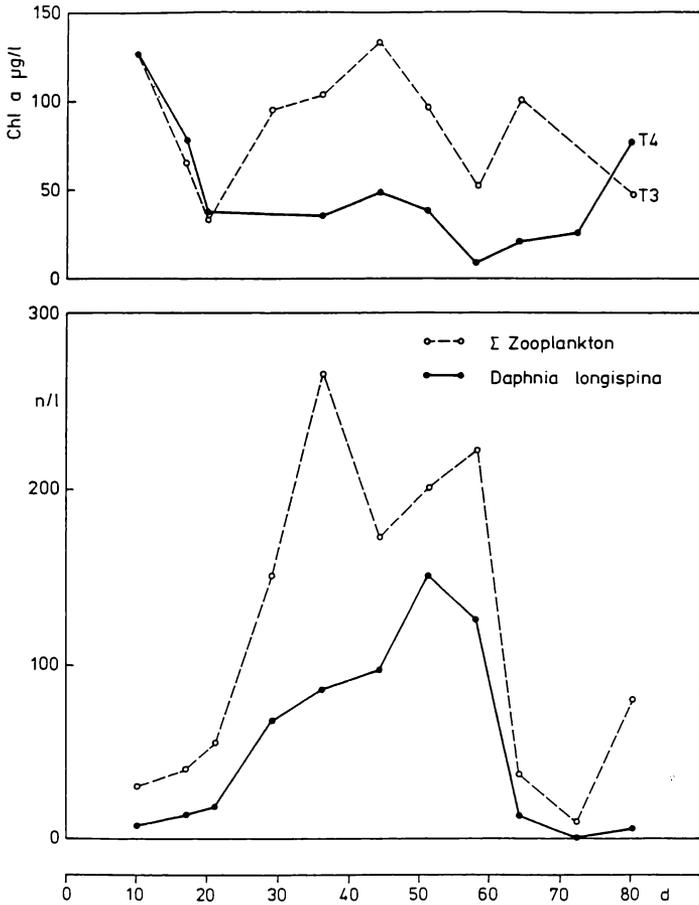
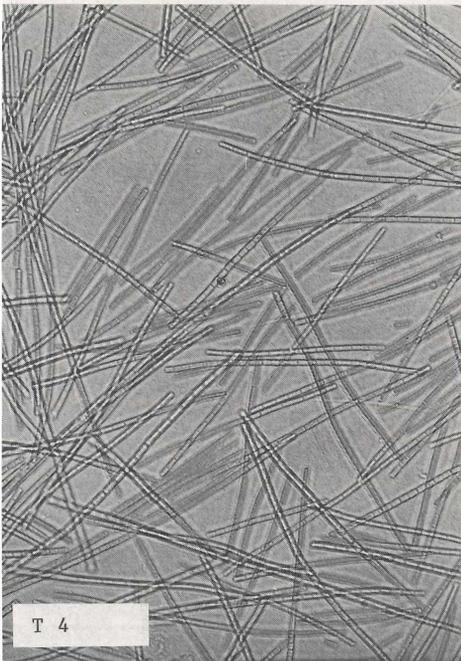
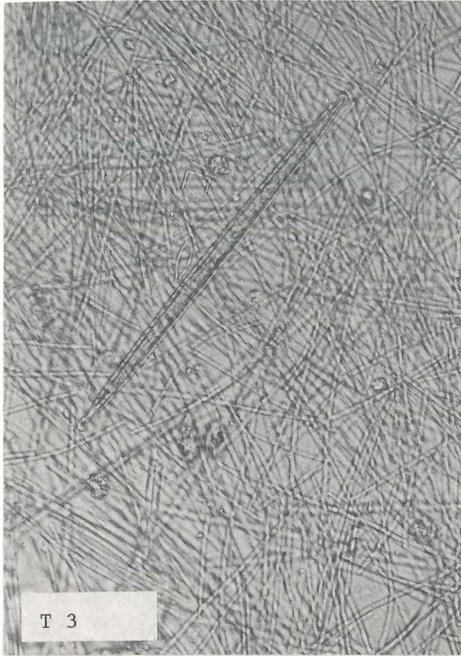


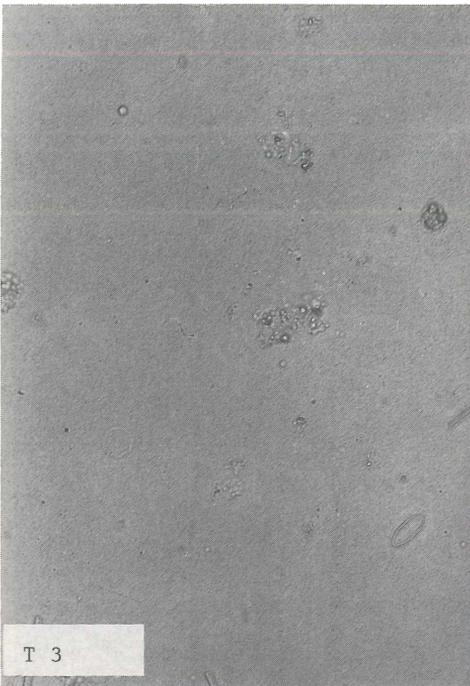
Abb. 5: oben: Chlorophyll a -Gehalt in den Teichen III und IV während der Versuchsperiode 1 a/unten: Zooplanktondichte und Dichte der dominanten Art *Daphnia longispina* im Teich IV während der Versuchsperiode 1 a (Übersichtsaufnahmen s. Abb. 6).

Diese beschriebene Versuchsanlage ist kontinuierlich über 3 Jahre betrieben und mit dem Ziel optimiert worden, eine hohe Stabilität der biologischen Prozesse zu erreichen, um Störungen im Betrieb weitgehend auszuschließen; die Stabilität der Versuchsanlage zeigt sich in einer gleichmäßigen und signifikanten Reduzierung der abwasserrelevanten Parameter sowie in einer gleichmäßigen Entwicklung des Zooplanktons ohne große Schwankungen in der Dichte. Die Optimierung (Durchfluß, Raumbelastung, Anordnung der Teiche, feed back) erfolgte unter dem Aspekt einer hohen Abwasserbelastung, d.h. geringe Aufenthaltszeiten bei einem geringen Flächenbedarf der Anlage. Diese Untersuchungen haben die Leistungsfähigkeit der Versuchsanlage bestätigt (Reduktion von BSB5 und CSB um 80 bzw. 90 %) und zu einem Flächenbedarf von 4,5 m²/EWG bei einer mittleren Aufenthaltszeit von 5 Tagen geführt; auch das Konzept der Schadstoffretention hat sich als effizient erwiesen (NOURI und GUNKEL 1988; NOURI, in Vorber.).



1a

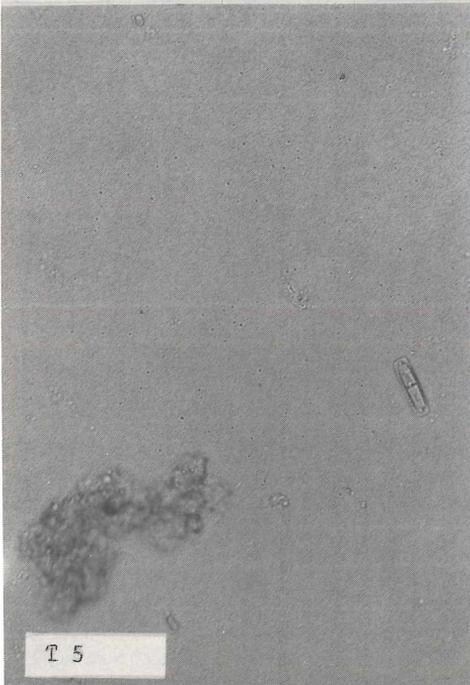
Abb. 6: Übersichtsaufnahmen des Phytoplanktons (dominante Art: *Oscillatoria redeckeii*; Absetzmenge $0,6 \mu\text{m}^3$ /Übersichtsaufnahme) und des Zooplanktons (dominante Arten: *Simocephalus vetulus* und *Daphnia longispina*; Absetzmenge 1,8 Liter/Übersichtsaufnahme bei 1:1 Verdünnung); Versuchsphase 1 a.



T 3



T 3 1:5



T 5



T 5 1:1

Abb. 7: Übersichtsaufnahmen des Phytoplanktons (Absetzmenge $0,6 \mu\text{m}^3$ /Übersichtsaufnahme) und des Zooplanktons (dominante Art: *Daphnia magna*; Absetzmenge 1,8 Liter/Übersichtsaufnahme bei 1:1 Verdünnung); Versuchsphase 1 b

5. SCHLUßBETRACHTUNG

Dieses Konzept einer funktionell getrennten sukzessiven Teichanlage - auch der Begriff 'mehrstufige Teichkläranlage' wird verwendet - hat sich auf der Stufe einer Modellanlage bewährt und eine außerordentlich hohe Leistungsfähigkeit gezeigt. Dies gilt sowohl für die anaeroben und aeroben Destruenten als auch für die aufgebauten langfristig stabilen Nahrungskettenbeziehungen. Die vorhandenen Ergebnisse zeigen, daß Art und Struktur der Nahrungsketten durch die Betriebsparameter der Versuchsanlage gesteuert werden können. Die hohe Stabilität der biologischen Prozesse in den verschiedenen Teichen läßt die Versuchsanlage als weitgehend störunanfällig erscheinen, während gleichzeitig der Betreuungsaufwand entsprechend gering wird; prozeßsteuernde Eingriffe sind in der Regel nicht notwendig, da dieses System eine hohe Dämpfungskapazität aufweist.

Dieses Verfahren, besonders in Verbindung mit der Fischproduktion, ist ein Beitrag für die landwirtschaftliche Entwicklung in semiariden und ariden Gebieten, da in diesen Ländern häufig nicht ausreichend Wasser für eine Intensivierung der Fischproduktion zur Verfügung steht. Die Mehrfachnutzung des Wassers ist eine wesentliche Forderung zur Schonung der Wasserressourcen.

Mehrstufige Teichkläranlagen nach dem vorgestellten Konzept können auch in anderen Regionen einen wesentlichen Beitrag für die dezentrale Abwasseraufbereitung liefern; eine Fischproduktion in Verbindung mit abwassergedüngten Teichen wird in den osteuropäischen Ländern durchgeführt und weiterentwickelt - nicht die knappen Wasserressourcen, sondern Minimierung der Produktionskosten in der Fischwirtschaft stellen Kriterien für die Bewertung dar; zugleich findet eine Abwasserbehandlung zu geringen Kosten statt.

LITERATUR

- ATV ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG, 1985: Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik. Bd. IV. Biologisch-chemische und weitergehende Abwasserreinigung. - Verlag für Architektur u. techn. Wiss., 3. Aufl. 1985.
- BAHRE G. (HRSG.), 1985: Mehrstufige Biologische Abwasserreinigung. - 2. Bochumer Workshop Siedlungswasserwirtschaft 1983. - Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum 2.
- BOYD C.E., 1982: Water quality management for pond fish culture. - Development in Aquaculture and Fisheries Science 9. Elsevier Scientific Publishing Company.
- BRENDELBERGER H., 1985: Filter mesh-size and retention efficiency for small particles: comparative studies with Cladocera. - Arch. Hydrobiol. Beih. / Ergebn. Limnol. 21: 135-146.
- DEV 1989: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. - Verlag Chemie, Weinheim, 22. Lieferungen.
- DVWK 1988: Sanierung und Restaurierung von Seen. - DVWK Merkblätter 213/1988.
- EDWARDS P., 1980: A review of recycling organic wastes into fish, with emphasis on the tropics. - Aquaculture 21: 261-279.
- FRIEDRICH G., 1982: Limnologie flacher Seen und Talsperren. - Z. Wasser Abwasser Forsch. 15: 81-88.
- GRAHL K., HORN H., HALLEBACH R., 1981: Zur Beeinflussung von Planktonpopulationen durch Butonat, Trichlorfon und Dichlorvos. - Acta Hydrochim. hydrobiol. 9: 147-161.
- HEISIG G., 1979: Mass cultivation of *Daphnia pulex* in ponds: The effect of fertilization, aeration, and harvest on the population development. - European Mariculture Society, Spec. Publ. 4: 335-359.
- HEISIG G., 1980: Untersuchungen zur Intensivzucht von Zooplankton in Kleinteichen. - Arbeiten des Deutschen Fischereiverbandes 30: 1-13.
- HEISIG G., KAUSCH H., 1987: Untersuchungen zur Produktionssteigerung des Zooplanktons in gedüngten Kleinteichen als Grundlage einer Fischbrutauzucht. - In: DFG Forschungsbericht - Bioakkumulation in Nahrungsketten (Hrsg. K. LILLELUND et al.): 202-206.
- KÖHL P., 1969: Die Bemessung von Abwasserteichen. - Wasser- und Abwasser-Forschung 1/69: 9-18.

- KRAUTH K., STAAB K. F., 1986: Bau von Schönungsteichen als dritte Reinigungsstufe. - Schriftenr. Bundesminister Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten. Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 328.
- KITCHELL J.F., CARPENTER S.R., 1988: Food web manipulation in experimental lakes. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 23: 351-358.
- LAMPERT W., 1983: Biomanipulation - eine neue Chance zur Seesanieung. - Biologie unserer Zeit 13: 79-86.
- LIEBMANN H., 1960: Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie. Bd. II - R. Oldenbourg München.
- LIEBMANN H., SCHERB K., 1972: Möglichkeiten der Abwasserreinigung mit Hilfe von belüfteten Teichen. - Wasser- und Abwasser-Forschung 3/72: 67-76.
- LINCOLN E.P., HALL T.W., KOOPMAN B., 1983: Zooplankton control in mass algal cultures. - Aquaculture 32: 331-337.
- NOURI M. A. (in Vorber.): Abwasserreinigung und Abwassernutzung für die Fischerei mit Hilfe einer sukzessiven Teichanlage. - Diss. Technische Universität Berlin.
- NOURI M. A., GUNKEL G., 1988: Untersuchungen zur Abwasseraufbereitung an einer funktionell getrennten Modellteichanlage. - Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Tagungsband 1988, Bd. 2: 332-337.
- NUSCH E. A., 1980: Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. - Arch. Hydrobiol. Beihefte, Ergebn. d. Limnologie 14: 14-36.
- RIPL W., 1980: Ökologische Steuermechanismen und ihr Einsatz in geschädigten See-Ökosystemen. - Verh. Dtsch. Zool. Ges. 1980: 48-56.
- RIPL W., 1982: Flankierende Maßnahmen zur Sicherung des Sanierungserfolges an flachen Gewässern. - Z. Wasser Abwasser Forsch. 15: 131-135.
- SCHÄPERCLAUS W., 1967: Lehrbuch der Teichwirtschaft. Paul Parey Verlag, 3. Aufl.
- SZLAUER L., 1979: Methods of utilization of waste effluents from mineral fertilizers plants in carp fry cultures. - Pol. Arch. Hydrobiol. 26: 231-246.
- UHLMANN D., 1980: Limnology and performance of waste treatment laggons. - Hydrobiologia 72: 21-30.
- UHLMANN D., 1988: Hydrobiologie. - Gustav Fischer Verlag.
- WRIGLEY T.J., TOERIEN D. F., 1990: Limnological aspects of small sewage ponds. - Wat. Res. 24, 83-90.
- WOHLFARTH G. W., SCHROEDER G. L., 1979: Use of manure in fish farming - a review. - Agricultural Wastes 1, 4: 279-299.

ADRESSE

PD Dr. Günter Gunkel
 Dipl. Ing. Asmail Nouri
 Technische Universität Berlin
 Institut für Technischen Umweltschutz, Sekr. KF 4
 Straße des 17. Juni 135
 D-W-1000 Berlin 12

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [19_2_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Gunkel Günter, Nouri Asmail

Artikel/Article: [Die Nutzung von landwirtschaftlichen Abwässern für die Fischproduktion 698-709](#)