

Unbeabsichtigte und gezielte Eingriffe in aquatische Lebensgemeinschaften

Begrüßung und Einleitung in das Thema

Otto SIEBECK

Sehr geehrter Herr Ministerialdirigent Dr. Engelhardt,
sehr geehrter Herr stellvertretender Landrat Neuberger,
sehr geehrter Herr Präsident Dr. Hamm,
sehr geehrte Gäste,
liebe Kolleginnen und Kollegen,

ich heiße Sie zur Teilnahme am 3. Franz-Ruttner-Symposium alle sehr herzlich willkommen ! Es freut mich sehr, daß dieser über hundertzwanzig Teilnehmer fassende Benediktussaal im Bildungszentrum des ehemaligen Klosters Seeon fast bis auf den letzten Platz gefüllt ist.

Mit den Franz-Ruttner-Symposien erinnern wir an den international herausragenden österreichischen Limnologen aus der Zeit vor dem 2. Weltkrieg, der über mehrere Jahrzehnte die Biologische Station Lunz der Österreichischen Akademie der Wissenschaften geleitet hatte und zu jenen Ökologen zählte, deren Forschungsstrategie immer darauf ausgerichtet war, Freilanduntersuchungen mit Experimenten zu verbinden. Er hat damit eine Strategie verfolgt, die für den Erkenntnisfortschritt der Ökologie unverzichtbar ist. Die heutigen Vorträge werden diese Tatsache erneut eindrucksvoll belegen.

Die Ausrichtung der Franz-Ruttner-Symposien ist eine besondere Aufgabe, die sich unsere im Jahre 1983 gegründete "Gesellschaft der Freunde und Förderer der Limnologischen Forschungsstation Seeon der Ludwig-Maximilians-Universität München" e.V. (GFL) im Rahmen der in ihrer Satzung festgelegten Verpflichtungen gestellt hat. Diese im Hinblick auf die jeweilige Finanzierung recht kühne Absicht konnte jedoch erst dann zu einem festen Entschluß werden, nachdem die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) ihren Beistand für die Durchführung des Symposiums und die Publikation der Vorträge zugesichert hatte. Dafür gebührt der ANL unser herzlichster Dank, den ich hier in meiner Eigenschaft als 1. Vorstand der GFL zum Ausdruck bringen darf.

Erfreulicherweise ist es bei allen bisherigen Franz-Ruttner-Symposien immer gelungen, einen Schirmherrn zu finden. Das erste Symposium (Thema: Elemente der Steuerung und der Regulation in der Pelagialbiozönose) stand unter der Schirmherr-

schaft des damaligen Vorsitzenden des Ausschusses für Umweltfragen und Landesentwicklung, Herrn A. Glück, das zweite Symposium (Thema: Wirkungen von UV-B-Strahlung auf Pflanzen und Tiere) stand unter der Schirmherrschaft des damaligen Bürgermeisters von Seeon-Seebruck, Herrn Werner Thusbaß.

Unser heutiges 3. Franz-Ruttner-Symposium steht unter der Schirmherrschaft des Bayerischen Staatsministers für Landesentwicklung und Umweltfragen, Herrn Dr. Thomas Goppel. Ich danke ihm auch von dieser Stelle aus sehr herzlich für seine Bereitschaft, diese Funktion zu übernehmen und damit sein Interesse an den heute zu behandelnden Themen zu bekunden.

Meine Damen und Herren, mit den Ruttner-Symposien verfolgt unsere Gesellschaft den Zweck, aktuelle Themen aus der Forschung, deren Bedeutung für die Praxis des Umweltschutzes bereits erwiesen oder in absehbarer Zeit zu erwarten ist, zu bündeln, einem interessierten Publikum vorzutragen und zu diskutieren. Begreiflicherweise dauert es immer eine erhebliche Zeit, bis aktuelle Themen der Forschung, die in verschiedenen Fachzeitschriften publiziert worden sind, in einer einzigen Publikation zusammengestellt erscheinen. Wir wirken diesem Nachteil entgegen, indem wir die Gelegenheit des Zusammentreffens der Experten zu einem Symposium nutzen und die Ergebnisse durch Publikation einem erweiterten Interessentenkreis zur Verfügung stellen.

Mit diesem Anliegen haben wir uns in das Aufgabenfeld der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege begeben, die alle darin vertretenen Themenbereiche in herausragender Weise behandelt und für ihre Verbreitung sorgt. Dort fühlen auch wir uns gut versorgt, und wir sind dankbar, daß wir mit dem Franz-Ruttner-Symposium, welches in einer eigenen Reihe der ANL-Publikationen im Rahmen der Laufener Seminarbeiträge erscheint, eine kleine Nische im Aufgabenbereich der ANL besetzen durften und - wie wir hoffen - auch weiterhin halten dürfen.

Ich möchte mich nun dem Thema unseres Symposiums zuwenden und versuchen, Sie durch die folgenden Ausführungen auf die Grundlagen, Ergeb-

nisse und Thesen einzustimmen, die uns von den heutigen Referenten dann in konzentrierter Form geboten werden.

Das Thema lautet "**Unbeabsichtigte und gezielte Eingriffe in aquatische Lebensgemeinschaften**". Der Ausdruck "Eingriff" umfaßt alle denkbaren mechanischen, chemischen und biologischen Maßnahmen. Von "gezielten Eingriffen" ist die Rede, wenn, beispielsweise in der wasserwirtschaftlichen Praxis, aufgrund hinreichender Erfahrungen und Kenntnisse uneingeschränkt sicher ist, daß diese zu ganz bestimmten Ergebnissen führen. Es gibt sie im Prinzip seit Menschengedenken. Mit dem technischen und wissenschaftlichen Fortschritt eröffneten sich aber immer neue Möglichkeiten und mit der wachsenden Bevölkerungsdichte nahmen sie an Zahl und Umfang fortlaufend zu. In der Forschung sind "gezielte Eingriffe" wesentlicher Bestandteil von Untersuchungsmethoden, die man zur Analyse unbekannter Zusammenhänge anwendet.

In der wasserwirtschaftlichen Praxis handelte es sich bisher jedoch kaum um "gezielte Eingriffe in aquatische Lebensgemeinschaften", sondern fast immer um "gezielte Eingriffe" in die gegebenen strömungsphysikalischen Eigenschaften der Gewässer.

Was die hierzu erforderlichen Kenntnisse betrifft, so liegen sie bezüglich **mechanischer Maßnahmen** auf dem Gebiet der Hydrographie, der Hydraulik, der Hydrodynamik und der Hydrologie. Diese Kenntnisse werden genutzt, um beispielsweise Fließgewässer durch geeignete Maßnahmen zu stauen, in Kanälen mit Schleusen zu leiten usw. Auch die Ziele sind sehr verschieden. Es geht beispielsweise darum, elektrischen Strom zu gewinnen, günstige Voraussetzungen für die Berieselung von Ländereien bzw. für die Schifffahrt zu schaffen, für einen hinreichenden Hochwasserschutz zu sorgen und vieles anderes.

Durch solche gezielten, in der Regel aber massiven Eingriffe in die Gewässer werden die betroffenen aquatischen Lebensgemeinschaften meist erheblich geschädigt. Oft gehen sie sogar zugrunde. In diesen Fällen werden sie durch andere Lebensgemeinschaften "ersetzt". In Bezug auf das mit dem Eingriff in das Gewässer erreichte Ziel wurden alle diese Folgen über viele Jahrzehnte hinweg grundsätzlich als vernachlässigbare Nebenwirkungen gewertet, sofern sie überhaupt zur Kenntnis genommen wurden. Auf keinen Fall waren sie das Ziel des Eingriffs und insofern hinsichtlich der aquatischen Lebensgemeinschaft ein "unbeabsichtigter Eingriff".

Bei den **chemischen Eingriffen** ist es nicht anders gewesen. Einer der wichtigsten "gezielten Eingriffe" bestand darin, die Seen über viele Jahrzehnte hinweg als Aufnahmebecken und die Fließgewässer als Transportmittel, z.B. für alle Arten von flüssigem Müll, zu nutzen. Veränderungen in den betroffenen Lebensgemeinschaften bis zur Vernichtung der ursprünglichen Lebensgemeinschaften waren

unausweichlich, aber natürlich nicht das angestrebte Ziel und insofern ebenfalls ein "unbeabsichtigter Eingriff" in die Lebensgemeinschaft.

Auch die Praxis der **biologischen Eingriffe** vermittelt über viele Jahre hinweg kein anderes Bild. Gezielte Eingriffe beschränkten sich im wesentlichen auf den Fischbestand. Ihr Ziel ist die Steigerung oder die Sicherung des bisher erreichten Fischertrags durch Besatzmaßnahmen. Eine Analyse der Folgen für die vorhandene aquatische Lebensgemeinschaft wurde kaum in Betracht gezogen, obgleich sie aufgrund bestehender Nahrungsbeziehungen nahe liegt. Solange aber das angestrebte Ziel erreicht wurde, bestand aus der Sicht der Fischerei zu entsprechenden Untersuchungen kein unmittelbarer Anlaß. Man ging davon aus, daß keine wesentlichen Änderungen entstanden waren. Wurden sie dennoch nachgewiesen, so waren sie jedenfalls nicht beabsichtigt und insofern nicht das Ergebnis des "gezielten Eingriffs" in das Gewässer, sondern Folge eines mit dem gezielten Eingriff verbundenen "unbeabsichtigten Eingriffs" in die Lebensgemeinschaft.

Fassen wir zusammen: Ausgangspunkt dieser in die Thematik einführenden Bemerkungen ist die Tatsache, daß man von "gezielten Eingriffen" spricht, wenn aufgrund hinreichender Kenntnisse die Sicherheit besteht, daß die erwarteten Folgen eintreten. "Gezielte Eingriffe" in komplexe Systeme - das gilt für terrestrische Ökosysteme ebenso wie für aquatische - haben neben diesen Folgen, die man bereits kennt und daher im Bedarfsfall verwirklichen kann, jedoch unzählige weitere Folgen, die man als Ergebnis "unbeabsichtigter Eingriffe" bezeichnen kann. Sie sind mit dem "gezielten Eingriff" aber untrennbar verbunden: Der "gezielte Eingriff", ein Fließgewässer in einen Stausee zu verwandeln, indem eine Staumauer gebaut wird, läßt sich von dem damit verbundenen Eingriff in die Lebensgemeinschaft des Gewässerbodens nicht trennen. Der "gezielte Eingriff", Abwässer in einen Bach einzuleiten, ist nicht zu trennen von dem "unbeabsichtigten Eingriff" in dessen Sauerstoffhaushalt. Der "gezielte Eingriff", die Makrophyten aus einem Weiher zu entfernen, ist nicht zu trennen von dem "unbeabsichtigten Eingriff" in die Pelagialbiozönose, in welcher es u.a. zu einer massiven Entwicklung des Phytoplanktons kommt.

Daraus folgt, daß die in der Umgangssprache übliche Unterscheidung zwischen gezielten und unbeabsichtigten Eingriffen aus ökologischer Sicht überflüssig ist: Ob es um "gezielte" oder um "unbeabsichtigte Eingriffe" geht, spielt keine Rolle. Jeder Eingriff in eine Landschaft oder in ein Gewässer ist auch ein Eingriff in die betroffene Lebensgemeinschaft, d.h. in ein vernetztes System, und zwar grundsätzlich im Sinne einer **Störung**. Den Ökologen interessiert die Art der Störung, ihr Ausmaß und die Reaktion der Lebensgemeinschaft.

Mit der Präferenz für die in der Umgangssprache üblichen Bezeichnungen "gezielte" bzw. "unbeab-

sichtigte Eingriffe" anstelle des Wortes "Störung" im Thema unseres Symposiums wird hier und heute ein besonderer Zweck verfolgt: Es soll zunächst an die Fülle vermeidbarer und unvermeidbarer, in jedem Falle aber unbeabsichtigter Eingriffe in die aquatischen Lebensgemeinschaften erinnert werden. Dasselbe gilt ja auch an Land und betrifft hier selbstverständlich alle terrestrischen Lebensgemeinschaften. Darüber hinaus soll deutlich werden, daß es neben den "unbeabsichtigten Eingriffen" in aquatische Lebensgemeinschaften, die unvermeidbar mit den "gezielten Eingriffen" zusammenhängen, zahllose "unbeabsichtigte Eingriffe" in aquatische Lebensgemeinschaften gibt, die durch die unterschiedlichsten Aktivitäten (Konsumverhalten, landwirtschaftliche und industrielle Produktion u.a.) der Bevölkerung in den Einzugsgebieten der jeweils zugehörigen Gewässer zustandekommen.

Betrachtet man das enge **Gewässernetz** in den exorheischen Regionen der Erde - ein Ausschnitt aus dem südlichen Teil Deutschlands möge dies dokumentieren (Abb.1) -, so muß man sich nur noch die Bevölkerungsdichte, die landwirtschaftlich genutzten Flächen, die Großstädte und die zahlreichen kleineren Städte und Dörfer, die Industrien und die Verkehrswege vor Augen halten, um das Ausmaß und die Fülle von Einflüssen zu ermessen, die an Land in den verschiedenen Einzugsgebieten zustandekommen und unbeabsichtigt aber auch unvermeidbar die zugehörigen Gewässer beeinflussen.

Es ist keineswegs übertrieben, wenn man sagt, daß es in den dichtbesiedelten Ländern mit hochentwickelter Industrie und/oder Landwirtschaft keine Landschaften und infolgedessen auch keine Gewässer mehr gibt, die nicht permanent unzähligen unbeabsichtigten Eingriffen des Menschen ausgesetzt sind. Zwar gibt es Naturschutzgebiete und Nationalparke, die eine gewisse Restnatur mit relativ geringen anthropogenen Einflüssen einschließen, uneinflusst sind sie aber bekanntlich keinesfalls. Das liegt nicht nur daran, daß alle diese Gebiete im Verhältnis zu den dichtbesiedelten Landschaften klein sind, daß sie oft von Gewässern durchflossen werden, deren Oberlauf intensiv genutzte Einzugsgebiete durchquert und daß ihnen schließlich auch viele Substanzen durch Wind und Niederschläge zugeführt werden. Es liegt aber auch daran, daß der Mensch schon seit geraumer Zeit vom unbedeutenden Konsumenten zum **globalen Manipulator** avanciert ist und damit die Folgen seines Tuns weit über den Ort seiner Aktivitäten hinausreichen.

Nach dem zweiten Weltkrieg erreichte die Verschmutzung von **Fließgewässern** durch häusliche Abwässer in Deutschland so hohe Werte, daß der Gehalt an organischen Substanzen als alleinige Ursache für das Fehlen der zuvor vorhandenen typischen Lebensgemeinschaften und für die Verteilung und Abundanz gewisser noch vorhandener Indikatororganismen betrachtet werden konnte. In dieser extremen Situation war es daher möglich, diesem Problem gezielt entgegenzuwirken, d.h. durch den Bau von Kläranlagen mit biologischer Reinigungs-

stufe vor allem auf die Reduzierung organischer Substanzen hinzuarbeiten.

Aus der Gewässergütekarte Bayerns, die Ende der 50er Jahre noch viele Gewässer enthielt, die in roter Farbe (= Güteklasse IV: übermäßig verschmutzt), in oranger Farbe (= Güteklasse III-IV: sehr stark verschmutzt) und in gelber Farbe (= Güteklasse III) gekennzeichnet waren, ist heute eine Karte entstanden, in welcher Grün vorherrscht. Diese Farbe enthält die höchst erfreuliche Information, daß die betreffenden Fließgewässer der Güteklasse II (= mäßig belastet) zuzuordnen sind. Nun ist es allerdings nicht mehr möglich, viele der noch bestehenden Unterschiede in der Besiedelung innerhalb von Fließgewässern mit der Güteklasse II bzw. II bis III ausschließlich auf Unterschiede in der Belastung durch organische Substanzen zurückzuführen.

Die Erklärung ist einfach: Nach dem Wegfall der Folgen des hohen Gehalts an organischen Substanzen schlagen die vielen anderen Faktoren wieder durch, die zuvor getrost übersehen werden konnten, weil sie in Bezug auf den Faktor Sauerstoffzehrung von untergeordneter Bedeutung waren. Nun ist es für die Wissenschaft erheblich schwieriger geworden, Unterschiede in der Artenzusammensetzung und ihre jeweiligen Abundanzen zu erklären. Neben den **ökophysiologischen** Faktoren, die unter extremer Belastung sehr stark in den Vordergrund getreten sind, gewinnen nun auch wieder **populationsökologische** und **synökologische** Fakten an Bedeutung, wobei unter letzteren die Nahrungsbeziehungen eine besondere Rolle spielen.

In den **Binnenseen** gab es eine ähnliche Entwicklung. In der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg nahmen die Nährstoffimporte durch die intensivierten anthropogenen Aktivitäten in den jeweiligen Einzugsgebieten rapide zu, darunter auch die Importe des in der Regel das Pflanzenwachstum limitierenden Phosphats. Besonders in den Anfangsjahren dieser Entwicklung reagierte das Pflanzenwachstum - im Pelagial das Phytoplankton - prompt auf diese Entwicklung und wieder schien es, als könne man die gesamte Entwicklung der Pelagialbiozönose allein auf den Phosphatanstieg zurückführen.

Diese Einschätzung erlaubte immerhin eine gezielte Gegenaktion: die Herabsetzung der Phosphatimporte, vor allem durch Phosphatelimination in den Kläranlagen und durch die Reduzierung des Phosphatanteils in Waschmitteln. Die Anstrengungen, die im Zuge der Seensanierung in Bayern unternommen worden sind, wurden bereits im Grußwort des Bayerischen Staatsministers für Landesentwicklung und Umweltfragen, Herrn Dr. Thomas Goppel, durch Herrn Ltd. Ministerialdirigent Dr. Engelhardt angedeutet. Der Erfolg ist beachtlich: In fast allen Seen, die sich mehr oder minder im Stadium der rasanten Eutrophierung befanden und zum Teil bereits als hocheutroph zu bezeichnen waren, wurde die weitere Eutrophierung rasch gestoppt. Darüber hinaus wurde eine rasche Abnahme der Phosphatimporte beobachtet und nicht wenige der unmittelbaren Folgen der Eutrophierung sind nun deutlich

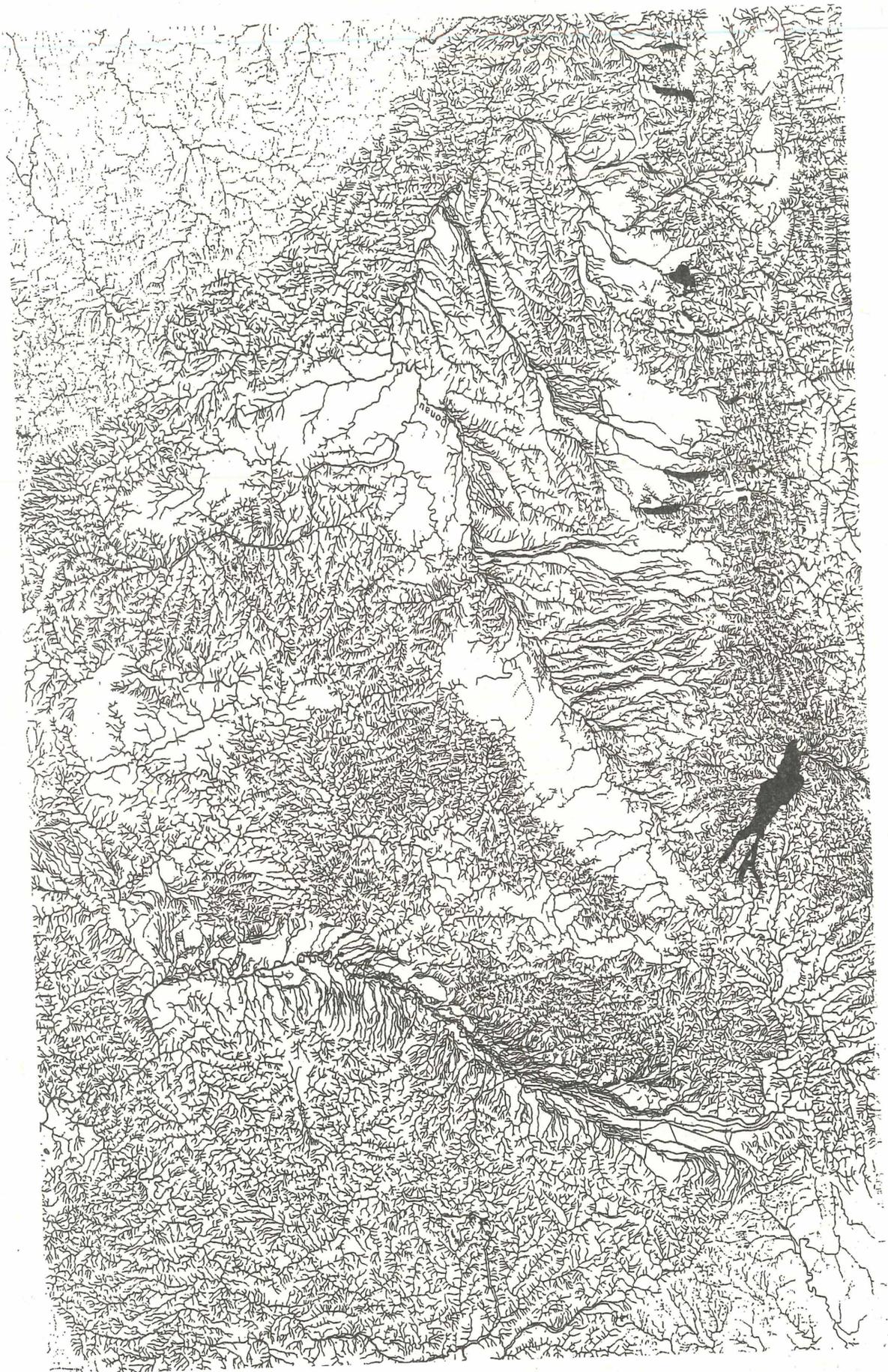


Abbildung 1

rückgängig, wie z.B. die jährliche Biomassebildung durch das Phytoplankton. Heute sind fast alle seinerzeit gefährdeten Seen in einem Zustand, der im großen und ganzen als mesotroph bezeichnet werden kann. Ähnlich wie im Falle der Fließgewässer treten die unmittelbaren Folgen der Überdüngung nun wieder in den Hintergrund, während andere Faktoren an Bedeutung gewinnen.

Was ist den beiden Entwicklungen in den Fließgewässern und in den Seen gemeinsam? Es ist die aufkommende dominierende Wirkung eines einzigen Faktors: In Fließgewässern war es die Konzentration an organischer, leicht abbaubarer Substanz, die massiv in den Sauerstoffhaushalt eingriff. Und in den Seen war es die Konzentration des pflanzenverfügbaren Phosphats, der massiv in die Ernährungsbedingungen des Phytoplanktons eingriff. Eine gewisse zeitlang konnte man fast schon den Eindruck gewinnen, daß zwischen der Konzentration organischer Substanz im Fließgewässer bzw. zwischen der Konzentration des pflanzenverfügbaren Phosphats im See und den jeweiligen Wirkungen eine monokausale Beziehung bestand.

So unerwünscht diese Entwicklung vor allem in ihrer maximalen Ausprägung für die Allgemeinheit war, sie bot immerhin die Möglichkeit, diesen beiden Faktoren gezielt und mit bester Aussicht auf Erfolg entgegenzuwirken. Für die Limnologen war diese Entwicklung -das trifft allerdings nur für die Seen zu - sogar ein Glücksfall, fast vergleichbar mit einem Experiment, in welchem ein einziger Faktor variiert wird. Kein Wunder, daß in dieser Zeit ein enormer Erkenntnisgewinn zu verzeichnen war. Erstmals wagte man, **Modelle für das gesamte Seeökosystem** zu entwickeln, die beispielsweise die Beziehung zwischen dem jährlichen Phosphatimport und der Phosphatkonzentration im Seewasser unter dem Einfluß morphometrischer und hydrografischer Eigenschaften zu beschreiben versuchten.

Alles in allem: Die genannten massiven und defizienten Eingriffe haben innerhalb weniger Jahre zu derart gravierenden Störungen in den betroffenen Lebensgemeinschaften geführt, daß es möglich war, wichtige funktionelle Zusammenhänge in den aquatischen Lebensgemeinschaften zu erkennen und unser Wissen über den Stoffhaushalt von Seen wesentlich zu erweitern.

Es wurde bereits angedeutet, daß im Verlauf der zunehmenden Importe von organischen, leichtabbaubaren Substanzen in Fließgewässer und der zunehmenden Importe von pflanzenverfügbarem Phosphat in die Seen Phasen erkennbar waren, innerhalb welcher besonders enge Beziehungen zwischen diesen Störgrößen und ihren Folgen bestanden und daher viele neue Einsichten in kausale Zusammenhänge erarbeitet werden konnten. Nicht weniger interessant waren und sind auch heute noch diejenigen Phasen, innerhalb welcher diese Beziehungen anscheinend lockerer werden oder überhaupt nicht erkennbar sind. Eigentlich sind es gerade diese Fälle, welche die Grundlage für neue Fra-

gestellungen liefern und - wenn sie sich beantworten lassen - zu unerwartet neuen Einsichten führen und nicht etwa solche Fälle, die mit Hilfe überzeugender Plausibilitätskriterien bereits frühzeitig Erklärungen zulassen und damit u.U. weitere Fragestellungen ausschließen. Es muß nicht immer sein, daß die bis dahin entwickelten Vorstellungen durch spätere Untersuchungen widerlegt werden. Es bewahrheitet sich jedoch oft das, was KONRAD LORENZ sinngemäß in einer Vorlesung, der ich als Student beiwohnte, etwa so formuliert hat: *Die Verallgemeinerung von heute ist der Spezialfall von morgen.*

Ich möchte diese Bemerkungen anhand der klassischen Nahrungskette und der Bottom-up-Theorie kurz konkretisieren: Es erschien von Anfang an plausibel, daß die phytoplanktische Biomasse mit der Importzunahme an pflanzenverfügbarem Phosphat wächst. Mit der Zunahme der phytoplanktische Biomasse erhöht sich das Nahrungsangebot für die Phytoplankton fressenden Zooplankter, deren Reproduktion gefördert wird. Davon profitieren räuberische Zooplankter und planktivore Fische. Vom wachsenden Phosphatimport profitiert somit ganz zuletzt auch der Topcarnivor in einem See, z.B. der Hecht (oder wie man's nimmt: der Mensch). Ohne weitere Kenntnisse über die Struktur pelagischer Lebensgemeinschaften und ihre Nahrungsbeziehungen ist diese Entwicklung durchaus plausibel.

Neue Fragestellungen ergeben sich erst, wenn beispielsweise beobachtet wird, daß trotz einer Phosphatimportzu- oder - abnahme keine weitere Steigerung bzw. Verminderung der phytoplanktischen Biomasse erfolgt oder daß der Ertrag an planktivoren Fischen trotz zunehmenden Nahrungsangebots abnimmt. Solche Fälle und viele andere sind bekannt. Sie sind es, die neue Fragen aufwerfen und die Chance zu neuen Einsichten bieten.

Wie kann man derartige Fragen bearbeiten, wo doch von vornherein klar ist, daß sie nur experimentell lösbar sind und in dem komplexen Ökosystem See einen ähnlich massiven Eingriff voraussetzen wie er durch die rasante Erhöhung der Phosphatimporte zustande gekommen war? Am ehesten bietet sich die Ausschaltung einer wichtigen Organismengruppe an, die innerhalb des Nahrungsnetzes dieselbe funktionelle Position einnimmt, wie z.B. der gesamte planktivore Fischbestand. Letzteres wurde praktiziert, wobei allerdings auch alle die Fische mitbetroffen waren, die nicht zur Gruppe der Planktivoren gehörten. Es waren STENSON et al. (Literaturangabe s. Referat Benndorf), die diese Radikalmethode mit Hilfe des Fischgiftes Rotenon in den USA durchgeführt haben.

Aus diesen und anderen **See-Experimenten** ergab sich zunächst ein erwartetes Resultat: Mit der Entfernung der planktivoren Fische stieg die Dichte des herbivoren Zooplanktons. Die Folge war, daß die Biomasse des Phytoplanktons reduziert wurde und damit weitere unerwünschte Folgen der Seeneutrophierung. Aus naheliegenden Gründen ist ein genereller Einsatz dieser Radikalmethode aber nicht zu

verantworten. Erfreulicherweise boten sich auch andere Methoden an, z.B. die Erhöhung des Raubfischbestandes zur Reduktion der planktivoren Fische bei gleichzeitiger Intensivierung des Fanges dieser Konsumentengruppe (Literatur s. Referat Benndorf) und der Einsatz von sogenannten enclosures (= im See an Bojen hängende und mit Seewasser gefüllte Plastiksäcke), die sich nahezu nach Belieben mit Planktonorganismen in unterschiedlicher Komposition besetzen lassen und damit die Möglichkeit bieten, die komplexen Zusammenhänge mit sanfteren Methoden unter Ausnutzung zahlreicher möglicher "gezielter Eingriffe" zu analysieren.

Die Untersuchungen mit Hilfe von "Ganzsee-Experimenten" und enclosures führten in der Grundlagenforschung zu einem enormen Erkenntnisgewinn, der sich u.a. auch in der Theorienbildung (Kaskadentheorie und Top-down/ bottom up Theorie) niederschlug. Es gab Ergebnisse, die zwanglos aus der einfachen (= linearen) Nahrungskette abgeleitet werden konnten und daher den Erwartungen entsprachen. Die Zahl der Ergebnisse, die damit nicht in Einklang zu bringen waren, stieg aber mit der Zahl und Dauer solcher Untersuchungen rasch an. Sie führten u.a. dazu, sich mit einem bis dahin vernachlässigten Aufgabengebiet zu befassen: der Analyse von Struktur und Funktion der Protozoen- und Bakteriengesellschaften im Nahrungsnetz.

Da wir im Verlaufe des Symposiums darüber noch detailliert informiert werden, möchte ich mich hier auf einige Bemerkungen zu den Methoden beschränken. Im Prinzip handelt es sich immer um einen "gezielten Eingriff" in eine aquatische Lebensgemeinschaft, und zwar um eine Störung der gegebenen Nahrungsbeziehungen zum Zweck ihrer

Analyse. In der Praxis erfolgte der "gezielte Eingriff" speziell zur Reduzierung der Phytoplanktonbiomasse. Es wird somit eine Steuerung der Phytoplanktonbiomasse angestrebt. Ein derartiger Eingriff kann als **Manipulation** bezeichnet werden, genauer: als **Bio-manipulation**, weil der Eingriff nicht über eine Veränderung bestimmter physikalischer und/oder chemischer Außenbedingungen erfolgt, sondern direkt an einer bestimmten Organismengruppe. Bedenkt man schließlich, daß diese Bio-manipulation in die Nahrungsbeziehungen eingreift und diese in erheblichem Umfang ändert, so liegt streng genommen eine **Nahrungskettenmanipulation** vor.

Es ist nicht verwunderlich, daß die Nahrungskettenmanipulation nicht nur für die Grundlagenforschung, sondern auch für die Praxis der Seenrestaurierung von Anfang an von ganz besonderem Interesse war, bot sich doch prinzipiell die Möglichkeit, die unerwünschte Primärfolge der Seeneutrophierung, die starke Biomassebildung des Phytoplanktons, zu stoppen, zu reduzieren und eventuell sogar auf einem niedrigen Niveau zu halten. Diese Aussicht erschien vielversprechend, weil eine Phosphatreduktion, die zu dem gleichen Ergebnis führen könnte, nicht immer erreichbar ist. In diesen Fällen bietet sich die Nahrungskettenmanipulation als flankierende Maßnahme an.

Mißerfolge gibt es jedoch auch. In der Grundlagenforschung bedeutet Mißerfolg im Sinne einer nicht zustande gekommenen Übereinstimmung zwischen dem theoretisch zu erwartenden und dem erarbeiteten Ergebnis letztlich aber nur Ansporn zu weiteren Arbeiten.

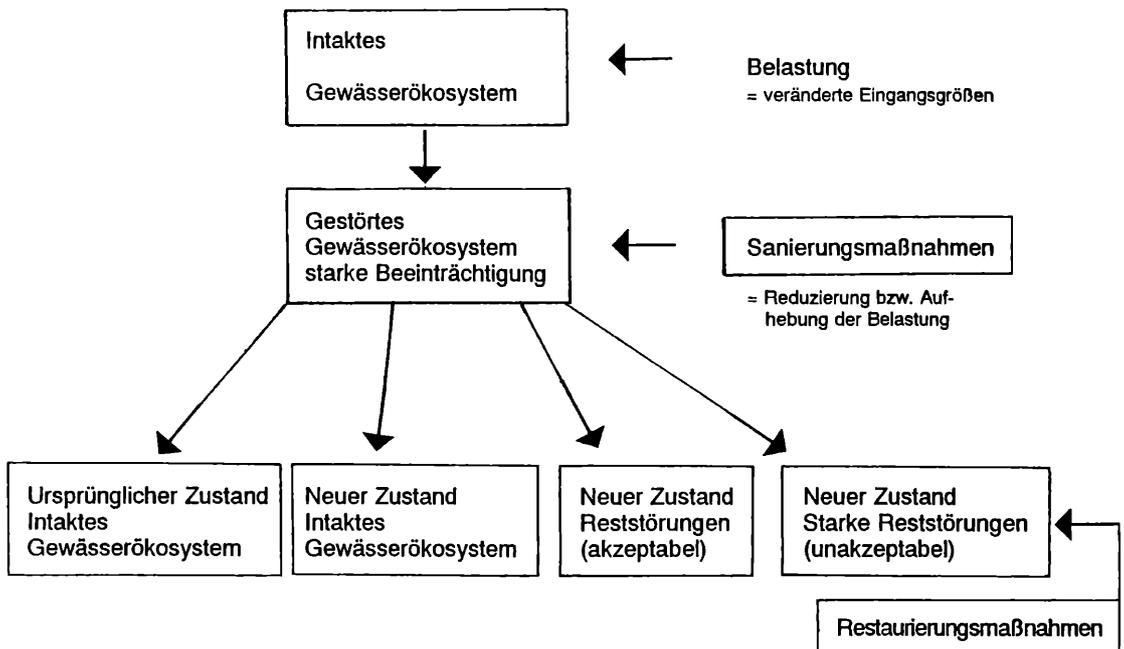


Abbildung 2

Aufgrund der vielversprechenden Chancen, die sich aus der Ergänzung der herkömmlichen Methoden der Seensanierung durch Biomanipulation bzw. Nahrungskettenmanipulation ergeben, sei anhand der Abbildungen 2 und 3 eine Übersicht gegeben. Abbildung 2 deutet die Entwicklung vom intakten zum gestörten Seeökosystem unter dem Einfluß veränderter Eingangsgrößen an und darüber hinaus die durch Sanierungsmaßnahmen im Prinzip erreichbaren Resultate, welche im Falle eines unbefriedigenden Ergebnisses durch Restaurierungsmaßnahmen verbessert werden können.

In unseren Breitengraden ist ein intaktes Seeökosystem hinreichend großer Ausdehnung und Tiefe dadurch gekennzeichnet, daß die Zusammensetzung seiner Lebensgemeinschaften zumindest über Jahrzehnte hinweg zu jeweils gleichen Jahreszeiten keine gravierenden Unterschiede aufweist. Infolge der allmählichen **Verlandung** (die sich innerhalb einer Menschengeneration kaum merklich vollzieht) verändern sich auch die Lebensbedingungen entsprechend langsam. Die Lebensgemeinschaften folgen diesen Veränderungen, indem sie sich anpassen. Anpassungen schließen aber auch Änderungen in ihrer Zusammensetzung ein. Die Aufeinanderfolge derartiger Veränderungen wird als **Sukzession** bezeichnet.

Saisonale Unterschiede in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften sind die Folge jahreszeitlich bedingter Klimaunterschiede, die sich auf Strahlungshaushalt, Wärmehaushalt, Temperaturverteilung, vertikalen Wasseraustausch u.a. Faktoren auswirken. Als rhythmische Veränderungen sind sie **vorhersagbare Störungen**, sodaß sich die Mitglieder der Lebensgemeinschaften im Verlauf

der Evolution unter Ausnutzung verschiedenster Strategien anpassen konnten.

Eine weitere Eigenschaft des intakten Seeökosystems ist seine **"Elastizität"**. Darunter versteht man die Fähigkeit einer Lebensgemeinschaft, in den normalen Zustand, d.h. in eine für die Jahreszeit typische Zusammensetzung zurückzufinden, nachdem durch eine hinreichend kurz befristete massive, unvorhersagbare Störung (dramatischer Witterungseinbruch, Hochwasser, Einleitung abbaubarer Xenobiotika, z.B. Rotenon u.a.) wesentliche Veränderungen in der Lebensgemeinschaft (z.B. übermäßig starke Reduktion der Abundanz bis zur Elimination einer oder einiger Arten) entstanden waren.

Die vom Menschen verursachten **Störungen** sind, naturgeschichtlich betrachtet, sehr jung. Sie zählen daher zu den neuartigen, d.h. **unvorhersagbaren Störungen**. Die in fast allen großen Seen beobachtete anthropogene Nährstoffzunahme durch wachsende Nährstoffimporte war sogar eine besonders massive Störung: Durch die permanente Zunahme der Nährstoffkonzentration und ihre vielfältigen Folgen, änderten sich fortlaufend auch die Lebensbedingungen für viele Seebewohner, auf welche sie nicht eingestellt waren und sich infolge der verhältnismäßig raschen und unvorhersagbaren Veränderungen darauf auch nicht einstellen können.

In der wasserwirtschaftlichen Praxis werden die über die Norm hinausgehenden Veränderungen der Eingangsgrößen meist als "Belastungen" bezeichnet. Im Falle der Nährstoffbelastungen, die vor den Sanierungsmaßnahmen meist durch eine permanente (oft sogar annähernd exponentielle) Zunahme der Konzentrationen gekennzeichnet sind, kommt in den betroffenen Seen eine anhaltende Störung ("ge-

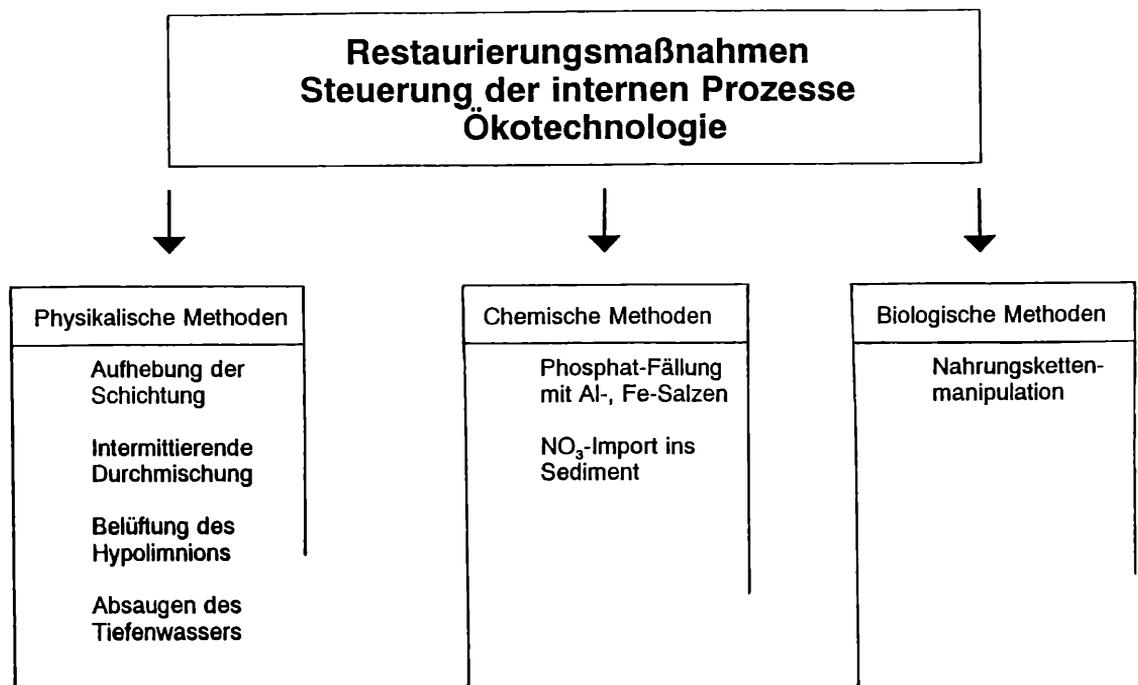


Abbildung 3

störtes Gewässerökosystem", vgl. Abb. 2) zustande, indem viele der bis dahin typischen See-Eigenschaften in erheblichem Maße verändert werden. Als konkretes Beispiel sei hier herausgestellt, daß im Zuge dieser Entwicklung der vom herbivoren Zooplankton durch Fraß aufgenommene Anteil der phytoplanktischen Biomasse immer kleiner und infolgedessen der sedimentierende Anteil immer größer wird. Die Entwicklung anoxischer Bedingungen wird daher gefördert, womit sich die Lebensbedingungen mehr oder weniger rasch für alle Organismen verschlechtern, ausgenommen für anaerobe heterotrophe Bakterien. Aus der "Sicht" der Organismen wächst zugleich die Unvorhersagbarkeit der sich ändernden Umweltbedingungen. Für verhältnismäßig lange lebende Organismen ist der daraus entstehende Nachteil besonders groß. Von ihnen wird gefordert, alle diese neuen aufeinanderfolgenden Zustände bzw. ihren unvorhersagbaren Wechsel zu tolerieren. Kleine kurzlebige Organismen können in ihrer Eigenschaft als r-Strategen auf nicht tolerierbare Zustände bis auf einzelne Individuen oder Dauerstadien verschwinden, um bei günstigerer Gelegenheit wieder "aufzutauchen". Diese Entwicklung und ihre Folgen schränken auch die vom Menschen an Seen gestellten Ansprüche im Hinblick auf Trinkwasserentnahme, Fischerei, Freizeitverhalten u.a. unter Umständen so stark ein, daß erhebliche wirtschaftliche Einbußen entstehen können. Diese drohende Aussicht eröffnet den Weg für massive Gegenmaßnahmen. Ihr Ziel ist nicht nur die Verhinderung einer weiteren Zunahme der Eutrophierung und ihrer Folgen, sondern eine wesentliche Reduzierung der Nährstoffimporte, womit eine sogenannte **Re-Oligotrophierung** angestrebt wird. Alle Maßnahmen, die in diesem Sinne außerhalb der Seen, aber im zugehörigen Einzugsgebiet stattfinden, fallen unter den Begriff "**Seensanierung**".

Im Prinzip sollte es möglich sein, das gestörte See-ökosystem wieder in den Zustand des intakten überzuführen. Die Rückführung hypertropher oder eutropher Seen in einen oligotrophen Zustand, sofern ein solcher vor ca. 50 Jahren und darüber hinaus existierte, ist im Prinzip denkbar, de facto aus verschiedenen Gründen jedoch ausgeschlossen. Wahrscheinlicher ist, daß im Zuge der Seensanierung gegenüber der Ausgangslage (d.h. vor Beginn der anthropogenen Belastung) ein neuer Zustand erreicht wird, wobei es bisher im großen und ganzen gelungen ist, die erwünschten Nutzungen ausnahmslos zu sichern bzw. wieder zu ermöglichen. Das trifft jedenfalls auch für alle großen bayerischen Seen zu.

In vielen kleineren Seen mit wirtschaftlich geringerer Bedeutung ist es in der Regel unmöglich, entsprechend kostenaufwendige Sanierungsmaßnahmen durchzuführen. Kleinere Sanierungsmaßnahmen führen aber häufig nicht ganz zu dem erwünschten Erfolg, sodaß **Reststörungen**, z.B. durch permanente, wenn auch etwas reduzierte Nährstoffimporte in Kauf genommen werden müssen. Diese Reststörungen bewirken Beeinträchti-

gungen, die im Hinblick auf die Nutzungsansprüche entweder noch akzeptierbar sind oder zu so starken Einschränkungen zwingen, daß sie nicht hingenommen werden können. In allen diesen Fällen bieten sich neben den Sanierungsmaßnahmen zusätzlich **Restaurierungsmaßnahmen an** (Abb.3). Unter Letzteren versteht man Maßnahmen mit dem Ziel, interne Prozesse so zu steuern, daß sie die Folgen der Eutrophierung mindern.

Die Seenrestaurierung schließt physikalische, chemische und biologische Methoden ein. **Physikalische Methoden** werden angewandt, wenn die Versorgung des Sees mit Sauerstoff in der Tiefe ungenügend ist. Durch **chemische Methoden** soll die Pflanzenverfügbarkeit der wichtigsten Nährstoffe - Phosphat und Nitrat - mittels einer nachhaltigen chemischen Bindung eingeschränkt werden.

Bei den physikalischen und chemischen Methoden der Seenrestaurierung handelt es sich um "gezielte Eingriffe" in die abiotische Umwelt mit unterschiedlichen Folgen für die Lebensgemeinschaften. Bei den biologischen Methoden erfolgt der "gezielte Eingriff" im Falle der Nahrungskettenmanipulation unmittelbar auf die Lebensgemeinschaft. Dabei wird bisher ausschließlich auf eine Top-down-Steuerung gesetzt: Reduzierung des planktivoren Fischbestandes durch Erhöhung der Raubfischdichte oder durch verstärkten Fang der planktivoren Fische zur Förderung des herbivoren Zooplanktonbestandes mit dem Ziel, die phytoplanktische Biomasse hinreichend stark zu reduzieren.

Die physikalischen und chemischen Methoden der Seenrestaurierung spielen aber auch bei den Sanierungsmaßnahmen durch moderne **Kläranlagen** eine sehr wichtige Rolle. Im Prinzip verfolgt man in diesen das Ziel, die Abwässer so zu behandeln, daß sie im Idealfall nach Verlassen des Nachklärbeckens einer Wasserqualität entsprechen, die jener entspricht, die in gut durchlüfteten Fließgewässern oder Seen mit mäßiger Trophielage angetroffen wird. In diesem Fall würde die Abwasserzuleitung keine Belastung mehr bedeuten. Vorrangig ist der Abbau organischer Substanzen und die Elimination von Nährstoffen, wenn man von Spezialbehandlungen, z.B. Abscheidungen von Schwermetallen durch Fällungsreaktionen, absieht, die uns an dieser Stelle jedoch nicht interessieren müssen.

Da Gärungsprozesse aus begrifflichen Gründen unerwünscht sind, muß auch in den Kläranlagen für eine hinreichende Durchlüftung gesorgt werden. In Anbetracht der in Kläranlagen unvergleichlich höheren Konzentration an organischen Substanzen, genügt es jedoch nicht, die Abbaubedingungen nachzuahmen, wie sie z.B. in Fließgewässern oder in Seen angetroffen oder im Verlaufe von Restaurierungsmaßnahmen erreicht werden. Stattdessen muß durch geeignete Bedingungen gewährleistet sein, daß eine wesentlich höhere Abbaurate organischer Substanzen zustande kommt. Das bedeutet: Optimierung der Lebensbedingungen für die am aeroben Abbau organischer Substanz beteiligten Bakterien. Sie erfordert eine ganze Kette gezielter

Eingriffe, darunter auch solcher, die der **Biomani-
pulation** zuzuordnen sind.

Dasselbe gilt hinsichtlich der Nährstoffelimination, z.B. der Stickstoffverbindungen, unter welchen die Denitrifikation eine herausragende Rolle spielt, weil sie unter geeigneten Reduktionsbedingungen bis zum molekularen Stickstoff läuft. Das ist von Vorteil, weil dieser Stickstoff in die Atmosphäre abgegeben werden kann und somit keine weiteren Maßnahmen erforderlich macht, wie sie nach Ab-scheidungsprozessen, z.B. zur Elimination des Phosphats oder von Schwermetallen, erforderlich sind. Da der Stickstoff im Abwasser aber in Form von Eiweiß, Ammoniak und Harnstoff vorliegt und die denitrifizierenden Bakterien Nitrat bzw. Nitrit benötigen, muß zunächst die Bildung von Ammoniak bzw. Ammonium gefördert werden, dann die Nitrifikation zur Bildung von Nitrat und anschließend die Denitrifikation.

In Seen versucht man durch Restaurierungsmaßnahmen gewisse Beeinträchtigungen der Lebensbedingungen infolge anthropogener Belastungen zu mindern bzw. die durch Sanierungsmaßnahmen erreichten Fortschritte noch zu verstärken. In modernen Kläranlagen versucht man, bestimmte in natürlichen Gewässern vorhandene Prozesse zu optimieren, d.h. auf ein Leistungsniveau zu heben, welches im Bereich der in Seen und Fließgewässern herrschenden Bedingungen niemals erreicht werden kann. Gemeinsam ist beiden Maßnahmen, daß das jeweilige Ziel durch eine Steuerung der internen Prozesse angestrebt wird und insofern lassen sich Restaurierungsmaßnahmen und Optimierungsmaßnahmen unter den Überbegriff der **Ökotechnologie** (Abb.3) stellen. Das trifft selbstverständlich auch für die chemischen Verfahren zu, z.B. für die chemische Phosphatelimination, die sowohl im Zuge der Seenrestaurierung eingesetzt werden kann, als auch bei der Abwasserbehandlung. In ersterem Fall jedoch mit erheblichen Vorbehalten.

Unter den "gezielten Eingriffen" zur Optimierung der mikrobiellen Leistungen in Kläranlagen sind Biomani-pulationen in zunehmendem Maße beteiligt. Die Verwirklichung geeigneter Außenbedingungen zur Schaffung optimaler Lebensbedingungen wird durch die Steuerung physikalischer und chemischer Eigenschaften mittels technischer Einrichtungen erreicht. Das betrifft z.B. auch die Förderung der Entwicklung eines Biofilms, in welchem unter geeigneten Bedingungen eine mikrobielle Lebensgemeinschaft entstehen kann. In Gegenwart von Protozoen und Nematoden werden Nahrungsbeziehungen auf engstem Raum ausgebildet.

Von besonderer Bedeutung ist die Aufgabe, bestimmte mikrobielle Leistungsträger am rechten Ort und zur rechten Zeit zu fördern, um durch deren Stoffwechselprodukte die Voraussetzungen für die Existenz anderer mikrobieller Leistungsträger zu schaffen, die das erwünschte Endprodukt herstellen. Wenn aus dem Nachklärbecken einer Kläranlage über einen Schlammrücklauf Bakterien in das Belebungsbecken zurückgeführt werden, die an die

Aufgaben im Belebungsbecken bereits angepaßt sind, so ist das als "gezielter Eingriff" in die Bakteriengesellschaft eine Biomani-pulation. Durch sie wird erreicht, daß eine hinreichende Menge angepaßter Bakterien von Anfang an in das Geschehen eingreifen kann und sich dort rasch vermehrt. Eine entsprechende Entwicklung würde ohne diese "Impfung" wesentlich länger dauern. Ihren Höhepunkt wird die Biomani-pulation erreichen, wenn gentechnologisch veränderte Bakterien zur Optimierung erwünschter Leistungen herangezogen werden können.

Allen diesen Verfahren zur Seensanierung und Seenrestaurierung, bei welchen natürliche Vorgänge gefördert und in Kläranlagen sogar optimiert werden, ist eines gemeinsam: Es sind Leistungen zur Vermeidung von Schäden, die gewissermaßen als Nebenprodukt des menschlichen Konsumverhaltens, sowie der landwirtschaftlichen und der industriellen Produktion in den Gewässern entstehen könnten. Die Ursachen dieser möglichen Schäden werden nicht am Entstehungsort beseitigt, sondern an besonderen Orten, den Kläranlagen, konzentriert, um erst hier weitgehend unschädlich gemacht zu werden. Dieses Verfahren hat sich bewährt, obgleich man nicht übersehen kann, daß unzählige Substanzen (Schwermetalle, Xenobiotica), die für die verschiedensten Zwecke eingesetzt werden, für aquatische und terrestrische Lebensgemeinschaften aber schädlich werden können, nicht immer auf ähnliche Weise zur Elimination an einem Ort konzentriert werden können.

Obleich in der Industrie gewaltige Anstrengungen, z.B. zur Förderung des Recyclings am Entstehungsort, unternommen werden, ist die Verbreitung vieler dieser Substanzen, die oft erst nach Anreicherung Schäden verursachen, kaum ganz zu vermeiden. Die zunehmende Kenntnis von Langzeitwirkungen haben der Forderung, mit allen Mitteln eine nachhaltige Sicherung der Lebensbedingungen in unserer gesamten Umwelt anzustreben, in den letzten Jahren einen besonderen Nachdruck verliehen.

Wissenschaftlicher Fortschritt, technische Neuerungen und die Anwendung der Ergebnisse der **Gentechnologie** werden unsere Umwelt in Zukunft noch schneller ändern als je zuvor. Die Folgen dieser Veränderungen bedeuten immer auch eine besondere **Herausforderung für die Ökologie**, einer Wissenschaft, die unter anderem den Stellenwert vieler einzelner Vorgänge in ihrer Gesamtwirkung analysieren und bewerten muß.

Die Arbeiten zur Analyse der Nahrungsbeziehungen in der pelagischen Lebensgemeinschaft reichen in ihrer Bedeutung weit über diesen Forschungsgegenstand hinaus, denn es besteht kein Zweifel, daß grundlegende Erkenntnisse auch für andere Lebensgemeinschaften gültig sind. Bedenkt man, daß praktisch alle Lebensgemeinschaften heute schon in irgendeiner Weise vom Menschen im Sinne einer Beeinträchtigung (sie erklärt das Artensterben!) beeinflußt werden und daß sich dieser Einfluß in Zukunft immer mehr verstärken wird, so kann man

leicht einsehen, daß nur dann erfolgreiche Strategien im Sinne eines Entgegenwirkens erarbeitet werden können, wenn die funktionellen Beziehungen in den betreffenden Lebensgemeinschaften hinreichend bekannt sind. Dieses Ziel liegt noch in weiter Ferne, und es führt kein Weg daran vorbei, sich mit präzisen Fragestellungen einer großen Zahl von Teilfragen zu widmen.

Damit kommen wir zu den einzelnen Referaten: Im ersten Vortrag: "**Reaktionen eines Seeökosystems auf kontinuierliche Zu- und Abnahme von Phosphatimporten - dargestellt am Beispiel des Bodensees**" wird Herr Kollege SIMON zahlreiche Befunde präsentieren, aus welchen sich die strukturelle und funktionelle Komplexität der pelagischen Lebensgemeinschaft ergibt. Mehrere überraschende Befunde zeigen, daß die Vorstellung der linearen Nahrungskette mit den zu erwartenden kaskadenartigen Wirkungen der Nährstoffzu- und der Nährstoffabnahme nur eingeschränkt zutrifft und somit als Grundlage für das Verständnis der Reaktionen eines Seeökosystems nicht ausreicht.

Angesichts der Vielfalt von Reaktionen an deren Analyse kaum ein Weg vorbeiführt, um das gesamte System auch nur annähernd zu verstehen, ist es zweckmäßig, sich eine Übersicht über jene Erkenntnisse und Vorstellungen zu verschaffen, die sich aus experimentellen Untersuchungen zur Frage von Steuerungsmechanismen und Regulationsvorgängen ergeben haben. Diese Aufgabe hat Herr Kollege LAMPERT mit seinem Referat "**Nahrungskettenmanipulation: Die Rolle von Kompensationsmechanismen für Top-down-Prozesse**" übernommen. Neben zahlreichen Beispielen zum Thema Verteidigungsstrategien, die sehr eindrucksvoll die Vielfalt der Möglichkeiten zeigen, werden Überlegungen vorgestellt, die für die Theorienbildung von Bedeutung sind.

Herr Kollege BENNDORF setzt sich in seinem Referat "**Randbedingungen für eine wirksame Biomanipulation: Die Rolle der Phosphatbelastung**" mit der Kaskaden- und der Top down / bottom up - Theorie auseinander. Er hinterfragt die Gründe, die bei der Nahrungskettenmanipulation häufig zur Diskrepanz zwischen den aufgrund der Theorie zu erwartenden und den erarbeiteten Ergebnissen geführt haben. In diesem Zusammenhang werden auch die Wirkungen der Nahrungskettenmanipulation in Abhängigkeit von der Phosphatkonzentration des Seewassers aufgezeigt. Sein Beitrag schlägt die Brücke zwischen den Ergebnissen der Grundlagen - und der angewandten Forschung.

Im Referat "**Kalzitfällung und Nahrungskettenmanipulation**" von Herrn Kollegen KOSCHEL wird gezeigt, wie sich die Folgen der Nahrungsket-

tenmanipulation, sofern sie auf einer Zu- bzw. Abnahme der phytoplanktischen Biomasse bzw. der von ihr abhängigen Photosyntheserate beruhen, auf das Kalk-Kohlensäure-System auswirken und damit zugleich auf elementare Vorgänge des Stoffhaushaltes.

Mit der in der bisherigen Forschung vernachlässigten Rolle der Protozoen im pelagischen Nahrungsnetz befaßt sich Herr Kollege ARNDT in seinem Referat zum Thema "**Spiele Protozoen bei der Manipulation pelagischer Nahrungsnetze eine Rolle?**" Seine Ausführungen enthalten zahlreiche Informationen zur Artenzusammensetzung dieser hinsichtlich ihrer Funktion uneinheitlichen Gruppe und zu deren Abundanz, die gerade auch im Vergleich zur Abundanz des Crustaceenplanktons zumindest zeitweise überraschend hoch sein kann. Darüber hinaus ergeben sich durch auffällige Unterschiede in der Protozoenabundanz in Abhängigkeit von der Crustaceenabundanz deutliche Hinweise auf gewichtige Interaktionen.

Herr Kollege GÜDE setzt sich in seinem Referat "**Biomanipulation und das mikrobielle Nahrungsnetz**" mit grundsätzlichen Problemen auseinander, die sich durch die bisherige Vernachlässigung von Protozoen, vor allem aber auch von Bakterien bei der Analyse der Nahrungsbeziehungen im pelagischen Nahrungsnetz ergeben haben. Er legt dar, weshalb dieser Mangel als ein wesentlicher Grund für die Diskrepanz zwischen den theoretisch zu erwartenden und den erarbeiteten Ergebnissen anzusehen ist. Bemerkenswerte Unterschiede in der Bakterienabundanz im Wechselspiel mit Phytoplanktondichte, Protozoen- und Crustaceenabundanz liefern gewichtige Argumente für die Bedeutung des mikrobiellen Nahrungsnetzes als funktionelles Glied im gesamten pelagischen Nahrungsnetz.

Der Wechsel von den bisherigen Themen, die ausschließlich das pelagische Nahrungsnetz zum Gegenstand haben, zu den Prozessen, die in der biologischen Abwasserreinigung stattfinden, stellt keinen Bruch dar. Der Inhalt des von Herrn Kollegen WILDERER vorgelegten Beitrags "**Einfluß periodischer Veränderungen von Milieubedingungen auf mikrobielle Lebensgemeinschaften**" enthält Elemente, welche sich direkt an die Grundsatzbetrachtungen im Referat von Herrn Kollegen Lampert anschließen lassen. Das gilt zumindest für die Bedeutung "periodischer Veränderungen", die ja als "vorhersagbare Änderungen" günstige Voraussetzungen für Anpassungsprozesse liefern. Darüber hinaus wird gezeigt, daß auch auf dem Arbeitsgebiet der Optimierung von Stoffwechselleistungen der Biomanipulation eine besondere Bedeutung zukommt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [3_1997](#)

Autor(en)/Author(s): Siebeck Otto

Artikel/Article: [Unbeabsichtigte und gezielte Eingriffe in aquatische Lebensgemeinschaften 17-26](#)