Abiotische und biotische Faktoren

des „unteren Teiches“

in den Alfelder Anlagen

unter besonderer Berücksichtigung

der Schwefel- Bakterien- Fauna

Inhalt

Vorwort....3
I.2 Was ist ein Ökosystem? 4
I.2.1 Ökosystem Teich....5
I.3 Was sind Bakterien....6
I.3.1 Was sind Schwefelbakterien? 9
II.1 Untersuchungsmethoden....10
II.1.1 Herangehensweise vor Ort....10
II.1.2 Möglichkeiten im Labor 11
II.2 Darstellung des Ökosystems „unterer Teich“ 12
II.2.1 Abiotische Faktoren....12
II.2.2. biotische Faktoren....13
II.2.3 Schwefelbakterienfauna des „unteren Teiches“....13
III Schluss....17
III.1 Ergebnisse der Untersuchungen 17
III.2 Nachgedanken 18
Quellenverzeichnis 19
Verwendete Materialien 20
Bilderverzeichnis....43

Vorwort

„Die Ethik der Ehrfurcht vor dem Leben „(*Albert Schweizer*) kann als Aphorismus für meine nun folgende Arbeit mit der Überschrift „Abiotische und biotische Faktoren des „ unteren Teiches“ der Alfelder Anlagen unter besonderer Berücksichtigung der Schwefelbakterienfauna“ gelten.

In meinem Fall, ist das System ein Teich, der nur einen sehr kleinen Baustein aus der Gesamtheit des mächtigen Ökosystems darstellt. Dennoch versuche ich am Beispiel eines Gewässers die wundervolle schützenswerte Natur konkret aufzuzeigen, auch wenn sie nicht gleich auf den ersten Blick erkennbar und begreifbar erscheint.

I.2 Was ist ein Ökosystem?

Zunächst möchte ich klären, was Ökologie ist:
[zu griech. oíkos >Haus< und lógos >Lehre<] Ökologie ist eine Wissenschaft die sich mit den Wechselbeziehungen der Organismen und ihrer sowohl belebten, als auch unbelebten Umwelt befasst, sowie mit dem Stoff- und Energiehaushalt der Biosphäre und ihrer Untereinheiten (z. B. Ökosysteme) [6; Band 16 S.179]

Ökosystem:
Ein Ökosystem ist ein zur Selbstregulation befähigtes System in der Biosphäre, in der Biotope und Biozönosen in vielfältiger Wechselwirkung zueinander (auch untereinander) stehen. [3] Das heißt, die Lebensräume von Tieren haben in einem solchen System ebenso Einflüsse, wie die Tiere untereinander und umgekehrt.
Ökosysteme sind die funktionellen Einheiten der ökologischen Welt.
Alle Lebewesen, die in ihre physikalische und chemische (=abiotische) Umwelt eingebunden sind, sodass durch einen Energiefluss klar erkennbare Nahrungsketten und eine Vielfalt von biologischen Wechselwirkungen bestehen, bilden mit dieser Umwelt ein Ökosystem.
Solche Systeme unterliegen einem ständigen Wandel in Zeit und Raum;
→ Sie entwickeln sich. [1]

In einem Ökosystem leben also sehr viele verschiedene Arten, die eine Biozönose (Lebensgemeinschaft) bilden und einem bestimmten Biotop (Lebensraum) besiedeln.
Man kann in einem Ökosystem lebende Arten z. B. durch ihre Ernährung unterscheiden und sie verschieden trophischen Ebenen zuordnen. Diese sind untereinander durch Nahrungsketten und Nahrungsnetze verknüpft.
Beispiel: Pflanzen → Pflanzenfresser → Tierfresser
Solche Nahrungsketten sind meist relativ kurzgliedrig, denn je länger eine solche Nahrungskette ist, umso instabiler ist sie. Durch „Nahrungsgeneralisten“
wie z. B. die Schwefelbakterien werden Nahrungsketten zu Nahrungsnetzen verknüpft. [1]

Man unterscheidet prinzipiell zwischen:
Produzenten (z. B. Pflanzen),
Konsumenten (Pflanzenfresser/ Tierfresser) und
Destruenten (z.B. Bakterien und Pilze).
Normalerweise sind diese drei Ebenen in einem sehr feinen Gleichgewicht, das (man) schnell umkippen kann.
Man nennt diese Fähigkeit des Gleichgewichtes Homöostasie[1].
Dieses Gleichgewicht ist keineswegs statisch, denn das Gesamtgleichgewicht wird durch eine Vielzahl von Ungleichgewichten aufrechterhalten. Erst bei komplexer Betrachtung eines Ökosystems ergibt sich so etwas wie ein sog. Fließgleichgewicht.
Auf dieses biologische Gleichgewicht und somit auch auf das gesamte Ökosystem wirken die abiotischen und biotischen Faktoren ein.
Unter den abiotischen Faktoren, also den Unbelebten, versteht man unter anderen das Wasser, Temperatur, Licht, Tageslänge, aber auch zum Beispiel die Konzentration an Nährsalzen und anderen chemischen Stoffen.
Diese Einflüsse haben die verschiedensten Wirkungen:
Z. B. hat das Licht die ausschlaggebende Auswirkung auf die Photosynthese und somit auch auf Produktion von organischem Material.

Die biotischen Faktoren ergeben sich aus den Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Arten in einem Ökosystem. Man unterscheidet diese nach Vor- und Nachteilen der jeweiligen Spezies.
So gibt es z. B. Parasitismus. Dabei hat der Parasit einen Vorteil, der Wirt allerdings einen Nachteil.
Dann gibt es z. B. die Symbiose: Hierbei handelt es sich um Biozönosen zum beiderseitigen Vorteil.
Und eben diese Wechselwirkungen zwischen Lebewesen in einem System, als auch mit ihrer Umwelt zeichnet ein Ökosystem aus und beeinflusst dieses. [1]

I.2.1 Ökosystem Teich

Ich möchte mich nun konkret dem Ökosystem „Teich" zuwenden, das auch limnisches System genannt wird und zu den offenen Systemen gehört.
Ein Teich lässt sich in verschiedene Bereiche einteilen.
(↗ Schematatafel; Schema 2)
Es gibt einen Freiwasserbereich, dass Pelagial und einen Bodenbereich, genannt Benthal, das man aber noch in zwei Untergruppen einteilen kann.
Die Uferzone, dass Litoral und die Tiefenzone, dass Profundal. [4]
Diese Bereiche werden von ganz verschieden Lebewesen bewohnt und können natürlich von System zu System völlig verschieden sein. Z.B. kann das Litoral ein befestigtes Ufer sein oder aber auch ein steiler Abhang.
Ebenso verschieden wie die Formen der einzelnen Bereiche sind, so verschieden sind ihre Bewohner.
Es gibt, wie schon erwähnt, zunächst drei trophische Stufen:
Produzenten, Konsumenten, Destruenten.
In einem Teich gehören zu den Produzenten Wasserpflanzen und verschiedenste Algen (mikroskopische und makroskopische). Sie synthetisieren organisches Material aus Anorganischem, das dann von anderen Organismen aufgenommen und verwertet wird.
Zu der Gruppe der Konsumenten können viele verschieden Arten gehören z. B. Fische, Vögel, Insekten, aber auch Mikroorganismen wie Ruderfußkrebse. Ihre Aufgabe ist die Aufnahme von organischen Stoffen zur Verstoffwechselung und Energiegewinnung.
Die dritte und letzte Gruppe, die der Destruenten, setzt sich aus Mikroorganismen wie z. B. Bakterien zusammen, deren Aufgabe der Abbau des organischen Materials zu anorganischen Stoffen ist. Sie schließen den Nahrungskreislauf, indem sie Nährsalze wieder für Produzenten verfügbar machen. [1][4]
Da ein solcher Teich nicht abgeschirmt ist, können dort natürlich auch viele Lebewesen hingelangen, die dort gar nicht leben, sehr wohl aber einen Einfluss auf das System haben. Z. B. wenn Zugvögel an einem Teich etwas trinken und ihren Kot hinterlassen, könnten dort Samen von Pflanzen enthalten sein, die dort eigentlich nicht wachsen, nun aber von den Vögeln dort hingebracht wurden.
Wenn diese Pflanzen dort keimen, würde dies das System vielleicht verändern.
Deshalb ist der Teich ein offenes System und einem ständigen Wandel unterworfen; nicht zuletzt auch durch den Menschen. [4]

[1)] Homöostasie (gr. homo= gleich; lat. stare= stehen)

I.3 Was sind Bakterien

Definition:
Bakterien [*griech. baktéria >Stab<, >Stock<*], Sg. Bakteri|e die -, oder Bakterium das-,
früher **Spaltpilze, Schozomycetes,**
einzellige Mikroorganismen ohne echten Zellkern, die daher als *Prokaryonten* bezeichnet werden. Bakterien bilden zusammen mit den Blaualgen (*cyano procaryota*) das Reich der Eubakterien[1]. Die Archaebakterien[1], die sich von klassischen Bakterien in wesentlichen Merkmalen unterscheiden, werden in ein eigenes Reich gestellt. Die Größe der Bakterien liegt in der Regel
zwischen 1- 10µm, schwankt aber in Extremfällen von 0,2µm bis über 50µm Länge. Bakterien gehören zu den ältesten bekannten Lebewesen. Erste fossile Reste anaerober Bakterien (die auch in der an teilweise freiem Sauerstoff oder von ihm freien Uratmosphäre existieren konnten) fanden sich in Sedimenten von vor etwa 3.5 Mrd. Jahre.

Formen

Bakterien bilden hauptsächlich die Grundformen der Kugel (Kokken), des geraden Zylinders (Bakterium) oder die des gekrümmten Zylinders (Vibrio) mit zum Teil schraubigen Windungen (Spirillum). Es kann nach der Teilung zu Aneinanderhaftungen kommen, die dann Zellhaufen (Staphylokokkus), Zellpakete (Sacrina) oder Zellfäden (Streptokokkus) bilden. Viele Bakterien können sich mit einer oder mehreren Geißeln aktiv bewegen. Die Art der Bewegung erfolgt auf äußere Reize hin und je nach Art des Reizes als Chemo-, Aero-, Photo- oder Magnetotaxis. Diese Geißeln können bei einigen Bakterien bis zu durchschnittlich
3000 U/min erreichen. Die Geschwindigkeit kann dann bis zu 200µm/s betragen
(z. B.: Bacillus megatherium).

Aufbau der Bakterienzelle

Das Zytoplasma einer Bakterienzelle ist wenig strukturiert. Einen großen Anteil nehmen die Ribosomen ein. Das genetische Material liegt als ringförmiger, geschlossener Doppelstrang vor und ist in einem nicht scharf abgegrenzten Raum, dem Kernäquivalent (Nukleoid) lokalisiert. Es wird als Bakterienchromosom oder Genopher bezeichnet. Im Plasma verteilt befinden sich weitere, viel kleinere ringförmige DNS- Doppelstränge, die Plasmide.
Außerdem besitzen Bakterien intrazelluläre Membransysteme, die bei phototrophen Bakterien zum Teil lichtabsorbierende Pigmente besitzen. Des Weiteren liegen dort Komponenten des photosynthetischen Elektronentransports sowie der Phosphorylierungssysteme vor. Das Zytoplasma wird durch eine Zellmembran begrenzt, der eine Zellwand aufgelagert ist. Sie besteht bei Bakterien aus Murein[3]. Die netzartig verbundenen Mureinmoleküle bilden eine elastische Hülle, den Mureinsacculus. Verschiedenheiten der Zellwandstruktur können durch die Gram-Färbung[4], ein wichtiges taxonomisches[5] Unterscheidungsmerkmal erkannt werden.
Man unterschiedet in gram- negativ und gram- positiv. Der Zellwand kann außerdem eine Kapsel oder Schleimhülle von außen aufgelagert sein, die meist aus Polysachariden oder Polypeptiden besteht. Diese bietet Schutz vor Phagozytose[6] und erhöht somit die Virulenz[7] pathogener[8] Bakterien.

(↗ Bildertafeln; Tafel 1; Aufbau der Bakterienzelle)

Vermehrung

Bakterien sind Einzeller und teilen sich stets durch Querteilung (↗ Bildergalerie V; Bild 5), wobei sich nach Bildung einer Querwand die Zelle der Fläche nach teilt (daher: Spaltpilze). Allerdings ist es möglich, dass Veränderungen des genetischen Materials vorkommen können. Dies geschieht z. B. durch Mutation oder durch Rekombination. Bei der Rekombination gibt es drei Möglichkeiten: entweder durch Verschmelzung ganzer Zellen mit direkter Genübertragung (Konjugation), durch Aufnahme freigesetzter DNS (Transformation) oder durch Genübertragung mithilfe von Bakteriophagen (Transduktion).

Ernährungsweise

Bezüglich der Ernährungsweise zeigen Bakterien eine enorme Vielfalt.
Zur Charakterisierung der Ernährungsweise werden Energiequelle, Wasserstoffdonator und Kohlenstoffquelle angegeben. **Phototrophe Bakterien** verwenden als Energiequelle Licht, während **chemotrophe Bakterien** ihre Energie durch Oxidation (aerobe Bakterien) oder Gärung (anaerobe Bakterien) der als Nährstoff dienenden Substrate gewinnen.
Als Wasserstoffdonatoren kommen organische Verbindungen (**organotrophe Bakterien**) oder anorganische Verbindungen (H_2, NH_3, H_2S, Fe^{2+} u. a.; **lithotrophe Bakterien**) infrage. Je nach Herkunft des Zellkohlenstoffs werden **autotrophe Bakterien** (CO_2 als Kohlenstoffquelle) oder **heterotrophe Bakterien** (organische Verbindungen als Kohlenstoffquelle) unterschieden.
Manche Bakterien benötigen Sauerstoff zum Leben (**aerobe Bakterien**), andere leben teilweise oder gar ganz ohne Sauerstoff (fakultativ oder obligat **anaerobe Bakterien**, wobei für Letztere der Sauerstoff toxisch ist).
Die anaeroben Bakterien gewinnen ihre Energie durch Gärung. Viele Bakterien sind ausgesprochene Spezialisten bezüglich der Nahrungsquelle.

Bedeutung

Im Stoffkreislauf der Natur sind vor allem die Boden- Bakterien unentbehrlich. In etwa 30 Jahren würde das gesamte Kohlendioxid der Luft durch die CO_2- assimilierenden grünen Pflanzen in deren Cellulose festgelegt und somit weiteres Pflanzenleben unmöglich gemacht werden, wenn Bakterien nicht erzeugte Pflanzenmasse wieder in Kohlendioxid und Mineralbestandteile zerlegen würden und der Kreislauf von neuen beginnen könnte.

Auch die von den Pflanzen gebildeten organischen Stickstoffverbindungen werden von Boden- Bakterien bis zum Ammoniak (NH_3) zersetzt und durch nitrifizierende Bakterien in das von den Pflanzen aufnehmbare Nitrat (NO_3^-) umgewandelt. Besonders wichtig sind Bakterien die den sonst von Organismen nicht verwendeten Luftstickstoff (N_2) zu Eiweißstoffen verarbeiten können (z. B. Knöllchenbakterien).
Ins besondere in einem Ökosystem kommt den Bakterien, neben der eben erwähnten wichtigen Aufgabe, eine weitere bedeutsame Rolle hinzu. Bakterien werden als eine

Art Nahrungsgeneralisten bezeichnet und verknüpfen somit die relativ kurzgliedrigen Nahrungsketten zu großen, umfangreichen Nahrungsnetzen. Dies macht ein Ökosystem in seinem vollen Umfang komplexer und stabiler.
Auch der Kreislauf der übrigen, als Nährstoffe dienenden Elemente wird durch Bakterien gefördert. Bakterien spielen im Kreislauf der Natur also eine große Rolle, was leider oft verkannt wird. Sie werden heutzutage aber immer mehr „geschützt“ und vor allem genutzt
z. B. in der Wasserreinigung oder der Pharmazie. [6; Band 2 S. 521f]

---

[1]Eubakterien/
Archaebakterien: Eubakterien ist die neuere Bezeichnung für Bakterien, in das die Mehrzahl der bekannten Prokaryonten einschließlich der Strahlenpilze, phototrophen Bakterien und Blaualgen eingeordnet werden. Die übrigen Prokaryonten werden im Reich der Archaebakterien zusammengefasst.

[2]Taxis: zusammenfassende Bezeichnung für durch äußere Reize ausgelöste zur Reizquelle hin (positive Taxis) oder von ihr weg (negative Taxis) gerichtete, aktive Ortsveränderungen frei beweglicher Lebewesen zur Orientierung im Raum.

[3]Murein: Peptidoglykan, Polysaccharid- Peptid- Komplex, besteht aus Polyssaccharidketten aus N- Acetylglukosamin und N- Acetyl- Muraminsäure, die durch Tetra- oder Pentapeptidseitenketten miteinander vernetzt sind.

[4]Gram- Färbung: spezielle Bakterienfärbemethode zur taxonomischen Bestimmung von Bakterien; entwickelt vom dän. Phatologen HANS CHRISTOPH JOACHIM GRAM

[5]Taxonomie: Wissenschaft der Klassifizierung von Organismen

[6]Phagozytose: Aufnahme fester Partikel in das Zellinnere von Phagozyten mit intrazellulärem Abbau

[7]Virulenz: sog. Giftigkeit; Grad der Aggressivität von Mikroorganismen

[8]phatogen: Krankheiten erregend, verursachend

I.3.1 Was sind Schwefelbakterien?

Schwefelbakterien (sulphur bacteriae) bezeichnen zunächst Bakterien verschiedener systematischer Stellungen, die Sulfid bzw. Schwefelwasserstoff sowie elementaren Schwefel und Thiosulfat oxidieren. Die Schwefelverbindungen dienen im Energiestoffwechsel als Elektronendonatoren (schwefeloxidierende Bakterien) und/ oder als Quelle für Reduktionsäquivalente (Schwefelpurpurbakterien). Sie benutzen die bei der Oxidation bzw. Reduktionsäquivalente freiwerdende Energie für ihren Stoffwechsel.
Man unterscheidet zwei Gruppen von diesen Bakterien:

1. die phototrophen Schwefelbakterien und
2. die chemotrophen Schwefelbakterien

Auf die phototrophen Schwefelbakterien werde ich noch genauer in den speziellen Untersuchungen der Schwefelbakterienfauna des „unteren Teiches“ (II.2.3) eingehen.
Was bedeutet jedoch chemotroph im Zusammenhang mit den Bakterien? Chemotroph [zu griech. trophé >Nahrung<] heißt,
dass sich Organismen mittels Oxidation von Stoffen Energie für ihren Stoffwechsel verschaffen. Man unterscheidet auch hier wieder zwischen:

1. chemolithotroph und
2. chemoorganotroph

und zwar in Abhängigkeit des Wasserstoffdonators.
Oxidieren/ Reduzieren die Organismen anorganische Substanzen wie z. B. Schwefelwasserstoff, so ist ihr Stoffwechsel chemolithotroph (z. B. Thiobazillen, Beggiatoa). Benutzen die Organismen allerdings organische Stoffe für die Oxidation/ Reduktion, so besitzen sie einen chemoorganotrophen Stoffwechsel.
Da ich die Ernährungsweise von Bakterien schon etwas erläutert habe (I.2), möchte ich hier nicht weiter auf genauere Unterscheidung (chemolithoauto-/ heterotroph, etc.) eingehen. [6; Band 19 S. 583][12; S. 265ff]

I. 4 Vorstellung des Themas

Ich möchte in dieser Arbeit meine Untersuchungen des Ökosystem „unterer Teich“ darlegen und auch kritisch sachlich erörtern.
Ich habe mich 2 Monate mit diesem System beschäftigt, allerdings unter besonderer Berücksichtigung der Schwefel- Bakterien Fauna.
Sicherlich gelang es mir nicht das vollständige System zu erforschen, da ein solches ökologisches System sehr komplex ist (siehe I.1/ I.1a).
Da ein Ökosystem allerdings nur im Ganzen verstanden werden kann, versuchte ich möglichst viele Faktoren zu untersuchen, um das Ökosystem „unterer Teich“ in groben Zügen zusammenhängend zu verstehen und darzulegen. Dennoch blieben mir einige Faktoren sowohl, biotische als auch abiotische verwehrt. (Näheres in II.2.1 und II.2.2)
Es war schwer biotische Faktoren zu untersuchen, da diese sich fast ausschließlich durch Wechselbeziehungen zwischen Arten zeigen. Da dieser Teich aber keine größeren Tiere beherbergt, gab es da einige Probleme.
Auch das gesamte Spektrum der abiotischen Faktoren war nicht zu untersuchen, einfach aus dem Grund, als dass z. B. nicht alle klimatischen Einflüsse in den zwei Monaten vorkamen. Auch nachts bzw. in Dunkelheit war es schwer den Teich zu untersuchen. Außerdem weist so ein Ökosystem zu verschieden Jahreszeiten verschiedene Floren und Faunen auf, die mir natürlich größtenteils aufgrund der kurzen Beobachtungszeit nicht zugänglich waren. Dennoch kann man schon einige Aussagen über das limnische System „unterer Teich“ treffen.

II.1 Untersuchungsmethoden

II.1.1 Herangehensweise vor Ort

Um ein Ökosystem zu erforschen und zu beschreiben, bedarf es viel Zeit und Ruhe. Man kann solche Systeme fast ausschließlich nur über Veränderungen, Wechselbeziehung und andere Sachverhalte beschreiben.
Deshalb untersuchte ich systematisch zunächst die verschiedensten auf ein Ökosystem wirkenden Faktoren.
Als Erstes entnahm ich Wasserproben an verschiedenen Stellen des Teiches, um dem Teich eine Saprobie[1] zuweisen zu können.
Im Anschluss daran wollte ich Tiere beobachten, doch leider gab es außer Molchen (↗ Bildergalerie III) und Insekten keine Tiere mit bloßem Auge zu entdecken.
Ich versuchte bei den Molchen eine Arten- und Geschlechtszuordnung vorzunehmen, um eventuell etwas Genaueres über den Teich und seine Qualität herauszufinden.
Da ich tagsüber keine „größeren" Tiere sah, habe ich den Teich in der Dämmerung beobachtet und hoffte z.B. auf Fledermäuse, die leider aus blieben, obwohl das Gewässer auch jetzt schon genügend Insekten versorgte und z.T. deren Larven beherbergte.
Nach Abschluss der makroskopischen Tierweltbeobachtung, die an diesem Teich sehr dürftig ausfiel, widmete ich mich der Kleintierwelt. Zunächst hielt ich erneut Ausschau diesmal nach den Insekten. Anschließend fing ich an die Mikroflora zu beobachten. Dies gelang natürlich nur im Labor, also unter dem Mikroskop, dennoch suchte ich am Teich bestimmte Stellen auf, wie z. B. den Zulauf oder Ablauf und fing mit einem selbstgebauten Planktonnetz (*Anleitung: H. Miegel; praktische Limnologie; Deisterweg Salle Sauerländer*) eine Vielzahl an Mikroorganismen.
An verschieden Tagen und zu verschiedenen Wetterlagen versuchte ich herauszufinden, welche Tierchen sich wann, wo und wie viel sich aufhielten. Dies ging natürlich alles nur Stichprobenartig.
Die einzelnen Ergebnisse führe ich noch mal in Abschnitt II.2.1 und II.2.2 aus.

Schwefelbakterienfauna:
In diesem Absatz möchte ich die Schwierigkeiten und Erfolge meiner Arbeiten bezüglich der Schwefelbakterien erläutern. Allerdings beschränke ich mich hier auf den Teil, den ich direkt am Teich beobachten konnte.
Die Suche nach den Schwefelbakterien erwies sich zunächst als unlösbar.
Wie soll man denn auch Mikroorganismen mit dem bloßen Auge erkennen?
Ich rief also den mir empfohlenen Berater an und erfuhr sogleich
wo ich Schwefelbakterien zu suchen hatte. Die Antwort war so überzeugend, dass man hätte denken können, sie auf Anhieb zu finden.
Leider tat sich ein neues vielleicht sogar schwerwiegenderes Problem auf.
Viele Bakterien sind Fäulnisbewohner und leben demnach im Faulschlamm.
Doch zu meinen Ungunsten wurde der Teich Ende des Jahres 2003, also Ende Herbst Anfang Winter entschlammt. Nun war es äußerst fraglich, ob sich noch Schwefelbakterien in diesem Teich aufhielten.
Ich beobachtete den Teich Tag ein Tag aus und fand dennoch keine Bakterien.
Schon hatte ich vor, die Suche vorerst einzustellen, als ich in einem Geflecht aus Blaualgen (cyanoprokaryota), die einem Pilzgeflecht sehr ähnlich sahen, einen „weinroten Teppich" fand. (↗ Bildergalerie IV; Bild 1 & 2)

Ich selektierte einen Teil dieses Teppichs, von dem ich annahm es seien die gewünschten Bakterien, und legte Kulturen an. (↗ Bildergalerie IV; Bild 3) Anschließend betrachtete ich das erfolgreiche Ergebnis unter dem Mikroskop (↗ II.1.2).
Erschwerend kam hinzu, dass Bakterien sich auch bewegen, das heißt, dass man die „roten Teppiche“ immer wieder an verschieden Stellen suchen musste. Allerdings als ich dann wusste, wo ich zu suchen hatte, war es leichter sie zu entdecken.
Letzten Endes konnte man die Bakterien nur als „rote Matten“ im Teich wahrnehmen und musste sie unter dem Mikroskop untersuchen.

II.1.2 Möglichkeiten im Labor

Da der Teich, wie schon erwähnt, nicht allzu viele Lebewesen beherbergte, die man mit und ohne technische Hilfe untersuchen konnte, musste ich oft zum Mikroskop greifen und das nicht ausschließlich um die Bakterien zu untersuchen.

Die mir dauerhaft zur Verfügung stehenden Materialen waren ein Lichtmikroskop mit Vergrößerungen von (10x, 80x, und 100x mit Öl- Immersion) und eine kleine Kamera, um Mikroorganismen festzuhalten (↗ Bildergalerie VI).
Die Bakterien kultivierte ich zunächst in handelsüblichen Marmeladengläsern, später in kleinen Eppendorf-Röhrchen. Des Weiteren hatte ich Mikropipetten, um hinreichend dünne Wasserfilme auf die Objektträger aufzutragen zu können, damit ich die Organismen gut anschauen konnte und nicht zu viele Schärfeebenen beim Mikroskopieren hatte.
Des Weiteren konnte ich meine Proben zentrifugieren, um leichter bestimmte Objekte, sei es Algen oder Krebschen zu entnehmen.

Zunächst erwies sich das Kultivieren von Bakterien als relativ schwierig. Doch als ich die Bedürfnisse der Bakterien besser kannte, konnte ich die Population besser aufrechterhalten. Ich gab ihnen Vitamin B_{12} und nur eine begrenzte Menge Faulschlamm. So ließen sich diese Mikroorganismen besser anzüchten.
(↗ Bildergalerie IV; Bild 3)
Um die Wasserproben zu bestimmen hatte ich verschiedenste Testersubstanzen:
Sauerstoff (O2), Gesamthärte (GH), Nitrat (NO3), Nitrit (NO2),
Ammonium (NH4), Phosphat (PO4), pH- Wert (pH)

---

[1]Saprobien(system): biologisches System zur Ermittlung und Klassifizierung der Größenordnung des Abbaus organischer Substanzen in Gewässern zur Beurteilung der Wassergüte.
Auch: Wassergütezuordnung

II.2 Darstellung des Ökosystems „unterer Teich“

II.2.1 Abiotische Faktoren

In einem Ökosystem wirken sehr viele Faktoren, die man in zwei Monaten nicht alle gründlich untersuchen kann. Ich gehe deshalb auch nur auf die von mir untersuchten Faktoren ein.
Als erstes untersuchte ich das Licht. Dieser Faktor ist in meinem Fall ein ganz besonderer, denn ich konnte zusehen, wie sich die Einwirkung des Lichtes auf den Teich veränderte. Zunächst standen viele Bäume um den Teich, die ihn eher zu einem schattigen Plätzchen im Park machten und er war nicht stark bewachsen, was sich jedoch rasch änderte. Der Park wurde teilweise abgeholzt, da er angeblich zu dunkel war. Auch rund um den Teich wurden die Bäume gefällt und somit kam mehr Licht auf den Teich. Er lag nun fast den ganzen Tag in der Sonne. Dies hatte zur Folge, dass die Algen sofort anfingen zu wuchern und schon sehr bald einen großen Teil des Teiches bedeckten. Mit der Zahl der Algen, stieg auch der Sauerstoffgehalt des Wassers von etwa 10mg/l auf etwa 14mg/l an.
Die Veränderung des Faktors Licht hatte große Wirkung gezeigt. Der Teich war nun durchweg sauerstoffreicher als vor den „Aufräumarbeiten“. Des Weiteren erwärmt das Licht den Teich und somit wuchsen nicht nur die sichtbaren Algen, sondern auch mikroskopisch große Algen und damit die gesamte Mikrofauna.
Dies hat zur Folge, dass die Konkurrenzsituation größer war. Man kann dieses bei Mikroorganismen, bei denen Dimorphismen auftreten festmachen. Bei *Keratella spec.* ist dies der Fall. Manche dieser Facetten- Rädertierchen können zu verschiedenen Jahreszeiten verschieden lange bzw. verschieden viele Dornen ausbilden. Dies könnte nun durch den verstärkten Lichteinfall und somit durch mehr Mikroorganismen verstärkt auftreten.
Als zweiten Faktor untersuchte ich Wasser und Niederschlag.
Da der Teich einen Zu- und einen Ablauf hat, hatte dieser Faktor weniger großen Einfluss. Der Wasserstand im Teich stieg somit nicht an. Allerdings löste der Regen manchmal Erde vom angrenzenden Hang, die in den Teich geschwämmt wurde und sich am Boden sammelte. Dieser Humus bildete dann neue Nahrung für Mikroorganismen. Die Temperatur des Teiches betrug im Mittel 12°C in allen Tiefen und wurde durch Niederschläge nicht beeinflusst, da das Wasser ständig ausgetauscht wird.
Die Anpassung der Pflanzen konnte ich leider nur in groben Zügen herausarbeiten, da im Moment ausschließlich Algen im Teich vorkommen. Neben der Vielzahl an einzelligen Algen gibt es auch größere Algen; diejenigen, die den Teich bedecken. Diese haben keine Blätter und auch keine Wurzeln. Ich konnte leider nicht feststellen, wie sie sich vermehren. Fest steht nur, dass sie bis an die Wasseroberfläche wachsen und bis jetzt noch nicht blühen. Es könnte also eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch abschnüren einzelner Teile (Fragmentation) stattfinden oder durch Sporen. Natürlich ist im Moment eine geschlechtliche Fortpflanzung noch nicht ausgeschlossen. Diese Algen einer Art zuzuordnen gelang mir leider nicht, da Algen sich sehr ähnlich sehen. Es könnte sich, aufgrund ihrer Form um Fadenalgen handeln.
Als dritten und letzten Faktor untersuchte ich die Einflüsse von Fremdkörpern, also Müll. Der Teich befindet sich genau hinter der Carl- Benscheidt- Realschule Alfeld und ist deshalb auch ein wenig verschmutzt. Öfter liegen im Teich Flaschen und Plastiktüten. Teilweise laufen die Flüssigkeiten aus den Flaschen noch in den Teich hinein, bevor sich an ihnen Algen absetzen. Die anderen Verbundmaterialien schwimmen einfach nur im Teich und verunstalten ihn. Sie schaden dem Teich als Ökosystem nicht. Nur optisch mindern sie den Teich. Der gesamte Müll hat auf Dauer

kaum Auswirkungen auf das Ökosystem, da weder Tiere dies fressen (da die meisten zu klein sind) noch die Wasserqualität gemindert wird, da es einen Zu- und einen Ablauf gibt, und es sich nicht um verrottbaren Abfall handelt.
Für weitere Untersuchungen anderer abiotischer Faktoren war die Zeitvorgabe zu kurz.

II.2.2. biotische Faktoren

Wie schon mehrmals erwähnt, stellte sich die Untersuchung der biotischen Faktoren als ein Problem dar.
Dennoch konnte ich einige Wechselbeziehungen zwischen verschiedenen Arten herausarbeiten.
Als erstes vielen mir die Molche auf. Es waren Teichmolche (*Triturus vulgaris*). Diese leben scheinbar ohne natürliche Feinde in diesem Teich. Molche, die zur Gattung der Schwanzlurche zählen, leben zumindest zur Paarungszeit (April/Mai) im Wasser und haben dann einen seitlich abgeflachten Schwanz. Sie ernähren sich dann von im Wasser lebenden Mikroorganismen, Insekten und deren Larven.
Dies ist also eine Räuber- Beute- Beziehung.
Weitere Systeme dieser Art finden sich bestimmt auch bei vielen Mikroorganismen, die man aber schlecht untersuchen kann. Teilweise ernähren sich Arten auch gegenseitig voneinander.
Was ich allerdings bei Mikroorganismen feststellen konnte, waren Symbiosen. Es gibt einen Mikroorganismus, der in Symbiose mit *Chlorella spec.* Algen lebt. Dieser bietet den Algen Lebensraum und Verbreitungsmöglichkeit und sie ihm die Photosyntheseprodukte.
Ähnliches habe ich bei einem Waffentierchen (*Stylonychia spec.*) entdeckt. Ich kann es nicht mit voller Sicherheit sagen, ob es sich hierbei um eine Symbiose handelt. Fest steht jedoch, dass das Tierchen mit inkorporierten Bakterien (C. okenii) zusammenlebt. Dies ließ sich aus der Tatsache schließen, dass sich die Bakterien im Körper des Schwefelbakteriums noch bewegten und sich auch nicht in dem Verdauungstrakt befanden.
Allerdings kann ich nicht sagen, was derer beiden Nutzen ist.
Bei dem Schwefelpurpurbakterium C. okenii konnte man noch etwas weiteres beobachten. Dieser Mikroorganismus lebt allen Anschein nach in Harmonie mit Blaualgen (*cyanoprokaryota spec.*). Im Teich habe ich sie vermehrt zusammen entdeckt (↗ Bildergalerie IV; Bild 1 & 2).
Sicherlich gibt es in der Welt der Mikrolebewesen viele weitere Beziehungen zwischen den verschiedenen Arten, die mir aber leider verwehrt blieben

II.2.3 Schwefelbakterienfauna des „unteren Teiches“

In diesem Abschnitt möchte ich nun die Schwefelbakterienfauna meines Biotops darstellen. Doch bevor ich konkret auf den Teich eingehen werde, bedarf es der Beschreibung und Klassifizierung der von mir beobachteten Schwefelbakterien.
Wie schon vorangegangen (I.2) beschrieben unterscheidet man:

3. die phototrophen Schwefelbakterien und
4. die chemotrophen Schwefelbakterien

Ich möchte nun hinsichtlich meiner Untersuchungen die Gruppe der phototrophen Schwefelbakterien genauer erläutern.
Phototrophe Schwefelbakterien [zu griech. photo >Licht< und trophé >Nahrung<] sind Bakterien die die Fähigkeit besitzen das Licht als Energiequelle zu benutzen. Man unterscheidet dabei zwei Gruppen:

1. die anaerob lebenden Purpurbakterien und Grüne Bakterien, welche Bakteriochlorophylle und Carotinoide besitzen und
2. die aeroben Cyanobakterien (Blaualgen, neuer: cyano prokaryota) mit Chlorophyll a, Carotinoiden und Phycobilinen.

Hier differenziert man noch die grünen Bakterien der Arten Chlorobiaceae und Chloroflexaceae, und die Gruppe der schwefelfreien Purpurbakterien (Rhodospirillaceae) und den Schwefelpurpurbakterien (Chromatiaceae).
Dennoch möchte ich im Nachfolgenden nur die anaeroben
Schwefelpurpurbakterien beobachten.
Wie vorangegangen schon erwähnt, benutzen diese Bakterien das Licht als Energiequelle.
Aber im Gegensatz zu den grünen Pflanzen können sie nicht Wasser, sondern müssen Schwefelwasserstoff, molekularen Wasserstoff oder organische Verbindungen als Wasserstoffquelle benutzen und betreiben unter anderem deshalb auch eine anoxygene Photosynthese, das heißt, Photosynthese, bei der kein molekularer Sauerstoff (O_2), sondern molekularer Schwefel (S_2) entsteht. Diese anoxygene Photosynthese erfolgt auch nur über ein Photosystem, Photosystem I. Manche Arten können den molekularen Schwefel in Form von Kugeln speichern und bei Bedarf weiter verarbeiten und dadurch neue Energie gewinnen. Andere Schwefelpurpurbakterien lagern den Schwefel außen um sich.
Den für die Photosynthese benötigten Kohlenstoff (C) gewinnen die meisten Schwefelbakterien durch Fixierung von Kohlenstoffdioxid (CO_2). [12; S. 275 ff]

Nach der allgemeinen Schwefelpurpurbakterienbeschreibung , möchte ich nun zur Vorstellung der von mir beobachteten Schwefelbakterien am „unteren Teich“ übergehen.
Wie in Abschnitt II.1.1 schon ausgeführt, erwies sich das Finden von diesen Mikroorganismen als äußerst schwierig. Durch schon erwähnte Entschlammung wurde nicht nur der sich am Boden befindende Faulschlamm beseitigt, sondern mit ihm auch gleich die dort in ihm lebenden Schwefelbakterien.
Nach Unterlagen die vor einem Jahr erstellt wurden und Aussagen von Zeitzeugen, lebten in diesem Teich sehr viele Schwefelbakterien. Aufgrund meiner Arbeiten und Beobachtungen am Teich kann ich darauf schließen, dass sich die Schwefelbakterienfauna erst am Anfang einer Reorganisation befindet. Das Vorkommen dieser wichtigen Mikroorganismen ist noch sehr rar.
Nach und nach kann man immer mehr „Kolonien“ erkennen, allerdings sind diese noch sehr instabil, d.h. die „roten Matten“ verschwinden gelegentlich so schnell wie sie aufgetaucht sind. Die bestehende Fauna ist noch zu gering, als dass sie augenscheinlich

bedeutenden Einfluss auf das Ökosystem hätte. Sicher zersetzen die Bakterien abgestorbene Lebewesen, d. h. sie nutzen den bei der Zersetzung von Eiweißen entstehende Schwefelwasserstoff als Wasserstoffdonator für die Photosynthese.
Erschwerend hinzukommend für die Ausbreitung der anaeroben Bakterien ist der hohe Sauerstoffgehalt des Teiches durch die wuchernden Algen. Selbst in den tieferen Zonen des Pelagial ist der Sauerstoffanteil im Vergleich zur benötigten Menge für die Bakterien sehr hoch.
Das Bakterium gehört ja zu den Leitorganismen der polysaproben Zone, und lebt überwiegend in sauerstoffarmen oder gar sauerstofffreien Bereichen. Dies ist im „unteren Teich" nicht der Fall.

Da Bakterien nur sehr schwer zuzuordnen sind, kann ich nicht mit größter Sicherheit sagen, um welche Art es sich handelt. Mit Hilfe diverser Bestimmungsliteratur gelang mir jedoch eine relativ präzise Zuordnung, die sich dann auch durch meine Beobachtungen größtenteils bestätigten.
Meinen Untersuchungen zur Folge handelt es sich um das Schwefelpurpurbakterium ***Chromatium okenii*** (rotes Faß- Schwefelbakterium).
(↗ Bildergalerie V, Bild 1)
Das Schwefelbakterium ***Chromatium okenii*** ist ein anaerobes photolithoautotrophes Schwefelbakterium, das heißt:
Dieser Mikroorganismus bezieht seine Energie für den Stoffwechsel bzw. für die Photosynthese aus dem Licht. Es besitzt somit automatisch Chromatophoren, in denen sich die lichtabsorbierenden Moleküle befinden. Das Bakterium besitzt, wie alle phototrophen Bakterien, nur das Photosystem I. ***C. okenii*** besitzt hauptsächlich Karotinode; daher auch die Rotfärbung. Des Weiteren geht aus dieser taxonomischen Beschreibung hervor, dass dieses Bakterium den für die Photosynthese benötigten Wasserstoff aus anorganischen Substanzen in diesem Fall Schwefelverbindungen bezieht.
Da Schwefelwasserstoffe ein Zersetzungsprodukt von Eiweißen sind, kommen diese Arten im Faulschlamm vor; so auch im „unteren Teich". (näheres zum Fundort, siehe II.1.1)
Das Schwefelbakterium ***Chromatium okenii*** ist also ein Fäulnisbewohner, das die Elektronen zur Synthese aus S^{2-}, S, $S_2O_3^{2-}$ und H_2 erhält.
Den nun noch fehlenden, für die Photosynthese benötigten Kohlenstoff (C) bekommen die Mikroorganismen durch die Fixierung von CO_2 => autotroph. [5]
Dieses Schwefelbakterium ist Artentypisch; es ist sozusagen das Vorzeigebakterium der Schwefelpurpurbakterien.
Es ist unter dem Mikroskop hellrot gefärbt und etwa zwischen 7,5- 15µm lang und 4,5- 6µm breit. Die rote Färbung ist auf die lichtabsorbierenden Pigmente (Carotinoide) zurückzuführen. Das Bakterium gehört zu der Spezies, die den Schwefel molekular, in Form von Tröpfen speichern können (↗ Bildergalerie V, Bild 2/ Schemata; Schema 1). Den molekularen Schwefel kann das Bakterium bei Bedarf, also bei Schwefelwasserstoffmangel weiterverarbeiten; er dient dann als Elektronendonator. Das Bakterium besitzt im Übrigen keine Gasvakuolen, allerdings benötigt es Vitamin B_{12} für das Wachstum.
Chromatium okenii ist ein Bakterium, das keine Art von Verbänden bildet; es ist ein Einzelgänger und gehört zu den größeren Vertretern der Spezies *bacteriae*
[8; S. 110]

Es war noch ein anderes Schwefelbakterium im Teich zu entdecken.
Beggiatoa spec.

Wie schon erwähnt ist die Zuordnung solcher Mikroorganismen sehr schwer und da es mir nicht genauer gelang dieses Bakterium einzuordnen, verwende ich hier die Schreibweise: *species (spec.)*
Kurz zur Beschreibung:
Beggiatoa ist fadenförmig und etwa 3-4µm breit. Die Länge der Fäden kann mehrere Millimeter betragen. **Beggiatoa** bildet im Gegensatz zu **C. okenii** spinnwebenförmige Überzüge über den Faulschlamm. Im Cytoplasma befinden ich auch hier Schwefelkügelchen. **Beggiatoa** besitzt keine Geißel, kann sich aber trotzdem gleitend bewegen. [8; S. 112]
Ich habe dieses Bakterium nur als Mikroorganismus unter dem Mikroskop entdeckt. Normalerweise bilden diese Bakterien eine aufgrund der Lichtbrechung in den Schwefeltröpfen weißleuchtende Schicht auf dem Faulschlamm, die ich im Teich leider nicht gefunden habe. Es ist also davon auszugehen, dass diese Art noch nicht wieder so rekultiviert in diesem Teich vorkommt und damit **Beggiatoa** im Moment nicht so große Auswirkungen auf das limnische System hat.

Dennoch hat sich durch den Eingriff, den der Entschlammung das gesamte limnische System verändert. Es werden z. B. weniger Nährsalze freigesetzt, die den Pflanzen zur Verfügung stehen würden. Außerdem werden organische Materialien nicht so schnell abgebaut.
Das System wurde also antrophogen so verändert, dass es nicht nur Auswirkungen auf die mikrobiologische Welt hatte, sondern auf das gesamte limnische Ökosystem.

III Schluss

III.1 Ergebnisse der Untersuchungen

Ich möchte nun alle Ergebnisse meiner zweimonatigen Arbeit am „unteren Teich“ darlegen.
Beginnen möchte ich mit der offensichtlichsten Gegebenheit, dass in dem Teich dauerhaft keine größeren Lebewesen als Molche leben. Das soll natürlich nicht ausschließen, dass nicht doch etwa Enten oder andere Vögel, vielleicht auch Fledermäuse diesen Teich besuchen. Dennoch habe ich keines dieser Tiere gesehen.
Leider ist nicht nur die makroskopische Fauna sehr rar, sondern auch die Flora. Der Teich enthält seit der Entschlammung bis jetzt keine anderen Pflanzen außer verschiedene Arten von Algen. Laut Literatur über den Park, waren vorher Wasserpest (*Elodea canadensis*), Wasserknöterich (*Polygonum amphibium*), Tausendblatt (*Myriophyllum*) und sogar der auf der roten Liste stehende Tannenwedel (*Hippuris vulgaris*) hier heimisch. [10; S. 18ff] Leider konnte ich auch nach gründlicher Suche keine der eben genannten Pflanzen finden.
Aufgrund dieser Tatsache könnte der Teich bei flüchtigem Blick von dem Einen oder Anderen als tot angesehen werden. Aber ganz im Gegenteil: Der Teich besitzt eine „blühende“ Mikrowelt. In diesem Gewässer kommt eine Unmenge an Kleinstlebewesen vor. Eine fast schon gewaltige Artenvielfalt birgt dieser Teich.
Sowohl bei den Pflanzen, als auch in der Tierwelt.
In diesem Teich leben verschiedenste Rädertiere und Flagellaten. [11]
Was diesen Teich aber so besonders macht, ist das Vorkommen von ***Chromatium okenii***; einem Schwefelpurpurbakterium. Meinen Nachforschungen zur Folge, ist dies laut einer Bremer Studie das einzige Vorkommen in ganz Norddeutschland in einem Gewässer dieser Art.
Leider steht die Bakterienfauna wieder am Anfang ihrer Entwicklung.
Dadurch, dass der Teich entschlammt wurde, wurde die so gut wie gesamte Population der Bakterien beseitigt. Und als wenn das nicht genug wäre, verschwanden auch die oben genannten Pflanzen vollständig.
Und dies sind nur die kurzfristigen Folgen. Über die vielleicht auftretenden langfristigen Folgen der Entschlamung vermag ich noch nichts sagen zu können.
Somit kann man sagen, dass dieser Eingriff relativ große Auswirkungen auf das Ökosystem „unterer Teich“ hatte.
Allerdings blieb das nicht die einzige anthropogene Veränderung, denn vor kurzem wurde der Park zum Teil abgeholzt, da er angeblich zu dunkel war.
Folglich wurden auch die Bäume und Sträucher rund um den Teich gefällt, was sich wieder auf das limnische System auswirkte. Man konnte die Auswirkungen schon kurze Zeit später erkennen: Der Teich „veralgt“. Was dies nun noch für Folgen haben wird, abgesehen von dem erhöhten Sauerstoffgehalt des Wassers und das zunehmende pflanzliche Material, kann ich aus meinen Beobachtungen nicht abschätzen.
Noch droht der Teich allerdings nicht anaerob zu werden, also „umzukippen“. Deshalb meine ich sagen zu können, dass dieser Teich im Moment noch ein intaktes Ökosystem ist.

Abschließend möchte ich meine Erfahrungen, die ich während dieser Arbeit sammelte darstellen.
Ich ging an diese Arbeit ohne zu wissen, was mich genau erwartet. Ich musste mich zunächst schlau lesen und das gelesene anwenden. Dadurch konnte ich zusehen, wie sich nach und nach ein Puzzle zusammensetzte.

Ich habe bei dieser Arbeit viel gelernt: wissenschaftliche Vorgehensweisen, selbstständiges Erarbeiten einer völlig unbekannten umfangreichen Aufgabe, das Lösen von Problemen verschiedenster Art, Gelerntes praktisch anzuwenden und dass (das erste) sehen nicht immer gleich glauben ist.
Mir hat diese Arbeit viel Spaß bereitet, besonders das erforschen der mikrobiologischen Welt. Ich habe sogar so viel Gefallen an der unglaublichen Welt der Mikroorganismen gefunden, dass ich eventuell weiterhin den Teich beobachte.

III.2 Nachgedanken

Dennoch bleiben für mich nach dieser Arbeit einige Fragen offen.
Zum Beispiel: Warum wurde dieser Teich entschlammt? War dies nötig? Keiner konnte mir auf diese Frage eine Antwort geben. War es bürokratische Willkür?
Hätte es nicht andere Maßnahmen gegeben den Teich zu bearbeiten? Man hätte ihn ja vielleicht teilentschlammen können und hätte es vielleicht nur eingehender Bedenken sollen.
Aber die vielleicht wichtigste Frage die sich mir stellt, deren Antwort allerdings facharbeitsfüllend wäre ist: Wann beginnt Artenschutz bzw. Naturschutz?
Sind Bakterien denn keine Lebewesen? Zugegebenermaßen: Sie sind recht klein, was aber noch lange kein Grund ist, sie nicht zu schützen. Den Bakterien kommt in der Natur eine wichtige Rolle zu, was leider so wie es scheint viel zu wenige Menschen wissen. Dennoch ist ja nicht nur die Zerstörung der Bakterienfauna auf die Entschlammung zurückzuführen. So wie es scheint, hat man mit diesem Eingriff gleich auch noch mehrere wichtige Pflanzen aus dem Teich mit entsorgt. Die daraus resultierenden Folgen sind noch nicht absehbar.
Dieser Teich hätte ein Lehrteich werden können; scheinbar hat man sich aber entschlossen ihn zum Leerteich zu machen. Der Teich beheimatete vor der Entschlammung noch viel mehr Mikroorganismen als jetzt. Keine Frage: Sicher kann man noch viele Kleinstlebewesen beobachten, dennoch hätte es ein Teich werden können, der seines gleichen sucht. Man hätte aus ihm ein Paradebeispiel für limnische Ökosysteme machen können, mit seltenen in Norddeutschland verbreiteten Mikroorganismen.
So etwas ist schade. Immer wieder stellst sich mir die Frage: was soll denn nun Vorrecht haben: Naturschutz oder Landschaftsgestaltung? Ich denke man muss selbst regional mehr Aufklärungsarbeit betreiben, damit die Menschen lernen, die Natur zu schätzen, denn dann würden solche, wenig durchdachten Eingriffe in die Natur auch weniger werden.
Wie viele Menschen, ja selbst Alfelder, wissen nicht einmal wie ein einfacher Molch aussieht?
Und dies wird im „Silizium- Zeitalter“ nicht besser.
Ja die Natur lässt sich nicht einfach mal so manipulieren. Es handelt sich schließlich um die Natur Gottes, von Menschen verkanntes erstes Weltwunder.
Für mich steht fest: Spezies *Anthropos* fällt ihr eigenes Urteil.

Quellenverzeichnis

[1] www.uni-potsdam.de/u/zfu/ub/vc/3_4_funktionen.htm

[2] www.uni-potsdam.de/u/zfu/ub/vc/3_oekosysteme.htm

[3] www.learn-line.nrw.de/angebote/genbiotec/medio/320.htm

[4] www.egbeck.de/skripten/bs11-25.htm

[5] www.sciencenet.com.au/cokenii.htm

[6] F. A. Brockhaus GmbH (Hrsg.) Brockhaus- Die Enzyklopädie in 24 Bänden;Leipzig, Mannheim 1997

[7] Herder Lexikon der Biochemie und Molekularbiologie in drei Bänden; o. O. 1992

[8] Heinz Streble und Dieter Krauter Das Leben im Wassertropfen; Franckh- Kosmos Verlags- GmbH & Co; Stuttgart 2002

[9] Gustav Fischer Verlag (Hrsg.) Bestimmung und Ökologie der Mikrosaprobien nach DIN 38 410; Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm 1997

[10] Sabine Lichtenberg- Diefenbach Die Alfelder Wallanlagen – freiraumplanerisches Gutachten: Voruntersuchung Parkpflegewerk; Gerzen April 2003

[11] Dr. Tauscher mündliche Quelle: Gronau

[12] Prof. Dr. Hans G. Schlegel Allgemeine Mikrobiologie; Georg Thieme Verlag; Stuttgart 1969

[13] www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d42/t3.htm

Verwendete Materialien

		Seite:
Quelle[1]	Uni- Potsdam	19-21
Quelle [2]	Uni- Potsdam	22-24
Quelle [3]	Learn- Line	25-27
Quelle [4]	Egbeck Skripten	28-32
Quelle [5]	Science net	33-35
Quelle [10]	Die Alfelder Wallanlagen	36-39
Quelle [13]	Uni- Hamburg	40

Quelle [1] Uni- Potsdam

Inhaltsverzeichnis

3.4. Funktion von Ökosystemen

Vom funktionellen Standpunkt aus wird ein Ökosystem über Energieflüsse, Nahrungsketten, Mannigfaltigkeitsmuster in Raum und Zeit, geogeochemische Nahrungszyklen sowie Entwicklung und Evolution beschrieben.

Ökosysteme befinden sich normalerweise in einem **Gleichgewichtszustand**, der nur vom Menschen auf Dauer irreversibel zerstört werden kann. Der Gleichgewichtszustand wird durch die Fähigkeit zur Selbstregulation immer wieder, selbst nach großen Katastrophen, hergestellt.

Wie am Beispiel der Großfeuer z.B. im Yellowstone-Nationalpark (USA) demonstriert werden kann, führen auch solche, auf den ersten Blick verheerenden Eingriffe nicht zu einer Vernichtung des Ökosystems, sondern vielmehr zu dessen Erneuerung. Menschliche Eingriffe dagegen, die zunächst positiv bewertet wurden, sind oft vom Ökosystem nicht zu kompensieren.

3.4.1. Das ökologische Gleichgewicht im Ökosystem

Homöostasie (homeo= gleich; stasis= stehend) ist der Fachausdruck für die Eigenschaft der biologischen Systeme, Veränderungen zu widerstehen und in einem Gleichgewicht zu verharren. Die Wechselbeziehungen zwischen den Organismen in einem Ökosystem führen zu einem dynamischen Gleichgewicht, das auf **Selbstregulation** beruht. Sie werden stark von der Offenheit bzw. Geschlossenheit eines Systems beeinflußt. Je artenreicher das Ökosystem, um so stabiler ist es. Ausfälle können dann relativ leicht kompensiert werden.

Der Begriff "ökologisches Gleichgewicht" wird oft falsch verstanden, denn in Ökosystemen wird das Gesamtgleichgewicht durch eine Vielzahl von kleinen Ungleichgewichten aufrechterhalten. Erst bei komplexer Sicht ergibt sich ein Fließgleichgewicht, das niemals statisch ist. Die Gleichgewichte ist dabei nicht identisch, vielmehr können sie sehr unterschiedliche Formen aufweisen. Der Mensch greift oft in "Ungleichgewichte" z.B. bei der Schädlingsbekämpfung ein und erzeugt damit ein "künstliches Gleichgewicht", das in der Natur so niemals entstanden wäre, normalerweise auch weiterhin auf den Eingriff des Menschen angewiesen bleibt und eigentlich ein Ungleichgewicht darstellt. Ein Grund dafür ist, daß durch den Menschen die Artenmannigfaltigkeit normalerweise verringert wird und dadurch labilere Gleichgewichte entstehen.

An einem Teich (See) erkennt man ohne Schwierigkeiten, daß er ein **offenes System** ist, denn es werden Stoffe von außen eingebracht und wieder entfernt. Beispiele bieten die Tiere - man denke nur an Frösche oder Libellen mit ihrem Lebenskreislauf. Dieses offene System macht aber eine begrenzte Selbstregulation durchaus nicht unmöglich, wenn der Mensch nicht massiv eingreift, indem er beispielsweise den Tümpel zuschüttet oder durch Gülle vergiftet. Diese Selbstregulation ist u.a. erkennbar an einer vielfältigen, voneinander abhängigen Naturausstattung. Bei Untersuchungen über längere Zeit erkennt man auch an unserem Teich, daß trotz starker kurzfristiger Änderungen (z.B. Auftreten auffälliger Tier und Pflanzenarten zu bestimmten, oft kurz begrenzten Zeiten wie Laichzeit der Erdkröten im Frühjahr) die Zahl der Arten und auch der Individuen im Rahmen der **natürlichen Schwankungsbreite** relativ konstant bleibt. Die **Biozönose** des Teiches ist auch gegenüber äußeren Einflüssen relativ stabil. Über **Nahrungsketten**, z.B. den **RäuberBeute-Beziehungen** regeln sich die Populationen selbst

Im Ökosystem Teich sind die Organismenarten nicht gleichartig verteilt. Selbst die einzelnen Entwicklungsstadien können unterschiedlichen Bereichen (Kompartimenten) angehören. Die Libellenlarve lebt im Wasser, während die Imago, der Vollkerf nicht mehr an das Wasser gebunden ist und damit sogar einen anderen Biotop besiedeln kann. Das zeigt auch die Schwierigkeiten bei der Begrenzung des Ökosystembegriffs. Trotz der außerordentlichen Mannigfaltigkeit haben alle uns

bekannten Ökosysteme Gemeinsamkeiten in ihrer Struktur, die man in entsprechenden Schemata verdeutlichen kann. Entscheidend in einem Ökosystem ist die Verteilung von Produzenten, Konsumenten und Reduzenten, die das **Fließgleichgewicht** aufrechterhalten. Im Verlaufe der Zeit verändert ein solches Ökosystem auch ohne menschlichen Einfluß die Qualität seines Zustandes .

Biomasse und Umsatz der autotrophen Organismen kennzeichnen die **Trophie**, Biomasse und Umsatz der heterotrophen Organismen kennzeichnen die **Saprobie** eines Gewässers. Durch die Zufuhr von organisch abbaubaren Stoffen mit Abwässern werden die Nahrungsverhältnisse für die heterotrophen Mikroorganismen im Gewässer verbessert und das Gleichgewicht von Trophie und Saprobie wird gestört. Ein System von **Indikatororganismen**, aufgrund derer man ein Fließgewässer in einem **Saprobiensystem** von der Stufe stärkster Verunreinigung (polysaprobe Zone) bis zum Fehlen jeglicher Abwasserbeeinflussung (katharobe Zone) bonitieren kann, spielt in der biologischen Gewässergütebeurteilung eine große Rolle.

3.4.2. Nahrungsbeziehungen

Nahrungszusammenhänge stellen in erster Linie Mittel des funktionellen Zusammenschlusses von Ökosystemen dar. Die als **Nettoprimärproduktion** verbleibende Biomasse und die darin enthaltene Energie wird durch wiederholtes Fressen und Gefressenwerden über verschiedene Konsumentenebenen weiterverteilt. Es entwickeln sich **Nahrungsketten,** deren einzelne Glieder den trophischen Ebenen entsprechen.

Nahrungsketten können unterschiedlich lang sein - in der Praxis sind sie eher kurzgliedrig. Durch Nahrungsgeneralisten, die von unterschiedlichsten Stoffen leben können, kommt es meist zur Vernetzung der Ketten. Solche Nahrungsnetze komplizieren die Beziehungsgefüge und sind meist nur schwer zu überschauen.

Wie für Konsumenten der höheren Trophiestufen das Spektrum der Beutetiere breit gefächert ist (der Uhu lebt von über 80 Wirbeltierarten!), so stellen andererseits bestimmte Pflanzen Nahrung für viele Tierarten dar. Auch Kadaver und Exkremente können vielgestaltige Nahrungsnetze bilden. Die Vielfältigkeit der Nahrungsnetze ist Ausdruck einer erhöhten Stabilität des Ökosystems.

Nahrungspyramiden (ELTONsche Zahlenpyramiden) lassen auch quantitative Aussagen zu. Die Basis bilden die Primärproduzenten, die von verschiedenen Konsumentenebenen gefolgt werden. An der Spitze steht der Gipfelkonsument, meist ein größeres Raubtier. Jede untere Schichtstufe muß notwendigerweise breiter sein als die nach oben folgenden, damit für dessen Vertreter ausreichend Biomasse als Nahrung vorhanden ist. Das ist mit zunehmender Abhängigkeit von unten nach oben verbunden. Anderseits müssen die Biotopgrößen für die Individuen der aufeinanderfolgenden Konsumentenstufen zunehmen, da die größeren Konsumenten der oberen Etagen mehr Lebensraum beanspruchen als die kleineren der unteren.

Relativ stabile Pyramiden sind typisch für terrestrische und Flachwasser- Ökosysteme mit meist langlebigen Produzenten.

Ein **limnisches Ökosystem** wie ein See kann durch seine **Trophie** sehr gut charakterisiert werden. Sie hängt im wesentlichen vom Nährstoffangebot ab. Die für uns herrliche Klarheit von oligotrophen Seen zeigt starke Nährstoffarmut an. Ein blaues Meer bedeutet eine Wasserwüste. Durch natürlichen oder heute anthropogenen Nährstoffeintrag wird ein mesotropher, eutropher und polytropher Zustand erreicht. Diese **Seenalterung** ist ein natürlicher Prozeß, der allerdings tausende von Jahre dauert. Durch die menschliche Aktivität wird diese Entwicklung, die bei Standgewässern kaum umkehrbar ist, rasant beschleunigt. Ein oligotropher See unterscheidet sich

von einem polytrophen u.a. durch die Existenz völlig anderer Lebensgemeinschaften. Die Artenvielfalt wird mit Zunahme der Trophie drastisch gesenkt, während die Biomasse

(Individuenzahl) der einzelnen Glieder stark zunimmt. Im Bereich des Gülper Sees findet man in Grabensystemabschnitten mit stärkerer Strömung und sandigem Untergrund eine Reihe von neu auftretenden Organismenarten, die im übrigen Bereich fehlen. Dieses Arten (z.B. der Gründling) treten aber in geringen Individuenzahlen auf.

3.4.3. Energiefluß im Ökosystem

Das Leben auf der Erde ist bekanntlich von der Energie der Sonne abhängig, von deren Strahlungsbilanz auf der Erde. Mit Hilfe der Sonnenenergie und CO_2 baut die grüne Pflanze im Prozeß der Photosynthese organische Substanz, die Biomasse als sog. **Primärproduktion** auf. Nach dem **Entropiegesetz** folgt die Zunahme nicht verwertbarer Energieformen, hier beispielsweise von Wärmeenergie. Die Energieweitergabe **(Energiefluß)** ist daher sozusagen eine Einbahnstraße. Dagegen laufen die Stoffe selbst in einem Kreislauf. Durch Energieflußdiagramme kann man diese Verhältnisse deutlich machen.

Dabei ist wichtig, daß mit jedem trophischen Niveau die mit der Nahrung weitergegebene Energiemenge immer geringer wird (). In der Regel rechnet man mit 9/10 Verlust pro Stufe. 90% der in der Nahrung enthaltenen Energie werden also nicht an die nächste Stufe weitergeben. Eine lange Nahrungskette ist daher immer mit großen Energieverlusten verbunden. Pflanzliche Ernährung ist daher energiegünstiger als tierische. Das ist für unsere Ernährung unter dem Aspekt der Energieressourcen sehr wichtig. Eine ausschließlich pflanzliche Ernährung hat aber für den Menschen als Allesfresser Nachteile wegen der entstehenden Proteinlücke (Qualität der Aminosäuren).

Die Betrachtung des **Energiehaushaltes** sagt u.U. mehr über ein Ökosystem aus als nur die der Naturausstattung. Genauere Untersuchungen dazu sind sehr aufwendig und kompliziert. Doch sollte man den Aspekt des Energieflusses bei der Betrachtung von Ökosystemen zumindest im Auge behalten.

Die Masse aller Organismen **(Biomasse)** wird als Lebend oder Trockengewicht angegeben, der Energiegehalt der Biomasse in Joule (Kalorien). Einen Teil der **Bruttoprimärproduktion** benötigt die Pflanze selbst. Der Rest steht als **Nettoprimärproduktion** (Urproduktion, standing crop) den Konsumenten zur Verfügung .

Ohne auf Details näher einzugehen, können daraus einige Schlußfolgerungen gezogen werden. Die Produktion ist in den einzelnen Ökosystemen sehr unterschiedlich. Jeder wird auch ohne tiefere Kenntnis davon ausgehen, daß sie in Trocken- und Permafrostgebieten gering ist, in tropischen dagegen sehr hoch. Die Üppigkeit der Tropen täuscht jedoch darüber hinweg, daß die Nettoprimärproduktion insgesamt recht gering ist. Die Zonen höchster Nettoprimärproduktion sind die gemäßigten Klimate. In den Ozeanen treten die größten Werte in den Bereichen kalter Meeresströmungen auf. Die gesamte Nettoprimärproduktion der Erde beträgt etwa $1{,}64 \times 10^{11}$ t Trockengewicht.

(4.5.96)

Inhaltsverzeichnis

nächstes Kapitel

oekbildung@rz.uni-potsdam.de

Quelle [2] Uni- Potsdam

Inhaltsverzeichnis

3. Das Ökosystem

Wir wollen im folgenden versuchen, die kurz wissenschaftlich dargestellten Zusammenhänge am Beispiel eines Ökosystems zu veranschaulichen. Dabei soll das limnische Ökosystem herangezogen werden. Einmal als Vorbereitung und Untersetzung des Wochenkurses im Bereich der Unteren Havel (Gülper See), zum anderen, weil sich geeignete limnische Ökosysteme wohl in jeder Gegend finden lassen und sich gut für unsere Zwecke eignen. Es können z.B. ein Teich im Umfeld des Wohnortes sein oder auch größere Seen oder Flüsse der Umgebung.

Ökosysteme sind die funktionellen Einheiten der ökologischen Welt.

Alle Lebewesen, die in ihre physikalische und chemische (=abiotische) Umwelt eingebunden sind, so daß durch einen Energiefluß klar erkennbare **Nahrungsketten** und eine Vielfalt von **biologischen Wechselwirkungen** bestehen, bilden mit dieser Umwelt ein Ökosystem. Es ist durch die Fähigkeit zur **Selbstregulation** ausgezeichnet. Solche **offenen Systeme** unterliegen einem Wandel in Zeit und Raum, sie entwickeln sich.

Meist stehen solche Systeme untereinander in einem hierarchischen Zusammenhang, sind zugleich Elemente unter- und/oder übergeordneter Systeme. Dem Menschen sind die verwirrenden Vorgänge in einem Ökosystem nur teilweise zugänglich und verständlich. Er greift nachhaltig in diese Systeme ein, ohne sie als Ganzes voll verstehen zu können. Dabei schafft er die uns allen gut bekannten lokalen, regionalen und globalen Probleme.

Das **Substrat** ist die abiotische Umwelt. Es läßt sich unterteilen in anorganische Substanzen (Wasser, Mineralstoffe, Sauerstoff, CO_2, N, P, C) und organische Substanzen (Kohlehydrate, Aminosäuren, Proteine, Lipide, Humussubstanzen usw.). Zu den Strukturelementen gehören auch die klimatische Faktoren wie z.B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung.

Die Organismen stehen in einem Ökosystem in vielfältigen Wechselbeziehungen und bilden eine **Lebensgemeinschaft** (=**Biozönose**), die einen bestimmten **Biotop** (=Habitat) (grch. topos: Ort; lat. habitation: Wohnung) besiedeln.

In unserem Bezugssystem **Teich (See)** sind die leblosen (abiotischen) Faktoren anorganische und organische Verbindungen wie Wasser, CO_2, O_2, N, Phosphor, Aminosäuren, Huminsäuren usw. Ein kleiner Teil davon befindet sich in Lösung und steht den Organismen zur Verfügung, der sehr viel größere Teil ist festgelegt und bildet in den Bodensedimenten und auch in den Organismen eine Reserve. Diese Bestandteile kann man teilweise mit einfachen Untersuchungsmethoden charakterisieren. Natürlich haben die Ergebnisse, die wir z.B. im Praktikum mit einem Wasseruntersuchungskoffer erzielen, nur einen sehr begrenzten wissenschaftlichen Wert. Für die Zwecke der Umweltbildung reichen sie aber durchaus.

Auf den ersten Blick sind die **Grenzen des Teiches** (Sees) durch den Wasserstand scharf gezogen. Doch wissen wir alle aus Erfahrung, daß in Abhängigkeit von der Jahreszeit, also bedingt durch Niederschlag und Verdunstung der Wasserspiegel extrem schwanken kann. Dieser **abiotische Faktor** Wasser beeinflußt das Leben im Teich ganz entscheidend. Aber wir kennen alle auch weitere solcher äußeren Faktoren, z.B. die Temperatur, die Beschaffenheit des Untergrunds, die Lichtverhältnisse usw. Die meisten dieser Dinge wirken wiederum in einem Faktorenkomplex. Eine erste Voraussetzung, eine Lebensgemeinschaft zu verstehen, besteht zweifellos in der Analyse und Kenntnis dieser abiotischen Faktoren .

Die Organismen spielen als Individuen normalerweise keine Rolle, sondern nur in ihrer Gesamtheit

als Populationen. Diese Populationen zeigen in den jeweiligen Ökosystemen eine eigene Evolution.

Die Organismengruppen im Teich (See) gehören hinsichtlich ihrer Ernährung unterschiedlichen **trophischen Ebenen** an, die untereinander durch **Nahrungsketten** und **Nahrungsnetze** verknüpft sind.

Zu den **Produzenten** gehören neben **Algen** und **Großpflanzen** des Röhrichtgürtels oder des Schwimmpflanzengürtels die Pflanzen der höheren untergetauchten (submersen) Flora an. Durch die dramatische Trübung des Wassers auch ursprünglich klarer Gewässer gehen die untergetauchten Schwimmpflanzenbestände stark zurück, da ihnen das Licht zur Assimilation fehlt. Im Gülper See fehlen sie heute fast völlig. Auch die Schilfbestände (*Phragmites communis*) leiden durch verschiedene Ursachen sehr stark, während der Rohrkolben (*Typha*) sich in flachen Bereichen ebenso wie die Seerosenbestände stark ausbreiten - Anzeiger für stark eutrophe~ oder polytrophe Gewässerbeschaffenheit. Dieser Rückgang der Unterwasserflora hat auch Auswirkungen auf die Konsumenten, denen die Nahrung entzogen wird und/oder die Unterstände verlorengehen. So ging der Hecht in den letzten Jahrzehnten im Gülper See stark zurück, während der Zander zunahm. Ursache ist u.a., daß der Hecht als Lauerjäger zum einen Unterstände (Verstecke) und auch ausreichende Sicht benötigt, während der Zander als Freiwasserjäger beides weniger braucht.

Wichtiger als die Großpflanzen ist im limnischen Ökosystem das **Phytoplankton,** das aus winzigen, schwebenden Pflanzen, normalerweisen Algen besteht. Sie sind über den ganzen Wasserkörper in Abhängigkeit vom Licht verteilt.

Von den Produzenten leben die **Konsumenten**. Als **Primärkonsumenten** bilden sie normalerweise das Zooplankton (z.B. Wasserflöhe). Dazu gehören aber auch Mollusken (Weichtiere) und pflanzenfressende Tiere wie Fische, Entenvögel oder Bisamratte und Biber. Auch die Detritusfresser (Geschwebefresser) gehören hierher. Sie bilden ein wichtiges Regulativ bei der Eindämmung von Massenvermehrungen von Primärproduzenten (z.B. Algen) und können bei künstlicher Förderung durch den Menschen die Qualität des Wassers deutlich verbessern. Gewässermanagement kann z.B. durch Förderung der kleineren Raubfische über die Nahrungskette erfolgen. Es werden künstlich Barsche, Hechte und Zander eingesetzt, die sich von Weißfischen ernähren. Es gibt weniger Weißfische, die natürlich weniger Primärkonsumenten wie Wasserflöhe fressen. Diese können sich vermehren und fressen die Algen, auf die hauptsächlich die Wassertrübung zurückgeht. Das Wasser wird klarer.

Die **Sekundärkonsumenten** werden vom zoophagen (grch. phagein= essen, fressen) Zooplankton (z.B. Hüpferlinge) oder von anderen fleischfressenden Tieren repräsentiert. Zu letzteren gehören Raubfische (Hecht, Zander, Barsch, Rapfen, Stichlinge), Säugetiere (Fischotter, Wasserspitzmaus) und Vögel wie Fischadler, Seeadler, Eisvogel, Kormoran oder Graureiher. Die Größe spielt dabei keine entscheidende Rolle. Auch Parasiten wie die Karpfenlaus oder Trematoden (Saugwürmer) gehören hierher. Schließlich kann man Sekundärkonsumenten, die sich von Sekundärkonsumenten ernähren, auch zu den **Tertiärkonsumenten** zählen. Der Hecht als Brutstadium ernährt sich als Sekundärkonsument von Zooplankton, als erwachsener Hecht als Tertiärkonsument von kleinen Barschen und Hechten. Für den Menschen gilt gleiches, nur daß der Mensch an jeder Stufe der Nahrungskette stehen kann.

Reduzenten (**Destruenten**, Zersetzer) bauen die Biomasse schließlich über verschiedene Ebenen zu Wasser, CO_2 und Mineralstoffen ab. Damit ist der Stoffkreislauf wieder geschlossen. Bei den Reduzenten unterscheiden wir **Saprophage** als Abfallfresser, z.B. die meisten Kleintiere des Bodens einschließlich der Regenwürmer und **Mineralisierer,** z.B Bakterien und Pilze im Boden. **Reduzenten** wie Bakterien und Pilze sind über das gesamte Gewässer verteilt und bauen die tote organische Substanz in organische Grundsubstanzen ab. Diese Stoffe werden durch weitere reduzierende Mikroorganismen mineralisiert, d.h. in anorganische Grundsubstanzen übergeführt.

Diese Verhältnisse trifft man in allen Ökosystemen an. Der **Teich** (See) stellt nun kein Großökosystem dar, sondern gehört zu einem übergeordneten Ökosystem. Wenn es auch scheint, daß er hinsichtlich seiner biologischen Komponenten unabhängig ist, beeinflussen äußere Faktoren besonders kleinere Gewässer doch sehr stark. Durch künstliche (anthropogene) Zufuhr von Nährstoffen kann das Ökosystem Teich sehr rasch zerstört werden. Daher muß das gesamte **Einzugsgebiet** des Ökosystems in die Betrachtungen miteinbezogen werden.

Entsprechend ihren Anpassungen und Ansprüchen treten die Organismen in unterschiedlichen **Individuenzahlen** auf. Die Wechselbeziehungen der Lebewelt in einem Ökosystem sind nicht nur auf die Ebenen der Nährstoffe beschränkt. Solche wichtigen Fragen wie Bestäubung und Samenverbreitung lassen wir hier völlig außer Acht.

(4.5.96)

Inhaltsverzeichnis

nächstes Kapitel

oekbildung@rz.uni-potsdam.de

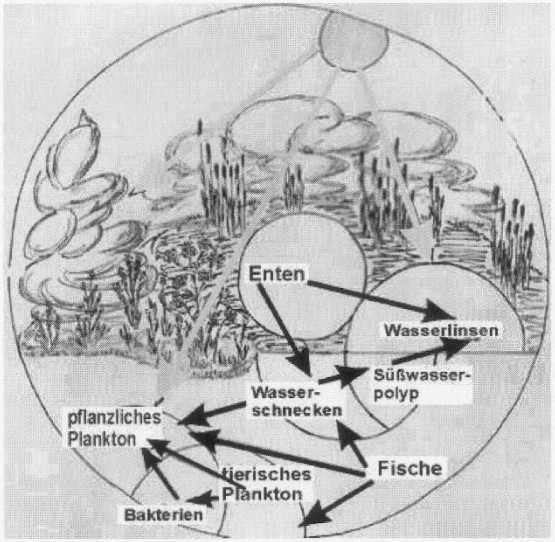
Was ist ein Ökosystem? - Wechselwirkungen in Ökosystemen

zum Inhaltsverzeichnis

Ein Ökosystem ist ein zur Selbstregulation befähigtes System in der Biosphäre (im belebten Raum unserer Erde), in der Biotop (der Lebensbereich bzw. der Lebensraum) und Biozönose (die Lebensgemeinschaft) in vielfältiger Wechselwirkung zueinander stehen.

Das folgende Bild stellt einen Teich als Ökosystem vor. Der Teich befindet sich in der **Biosphäre**, also im belebten Raum unserer Erde.

Quelle [3] Learn- Line



Der **Biotop** (**Lebensraum**) für die Enten, Wasserlinsen, Wasserschnecken, Süßwasserpolypen, Fische, .. .ist das Wasser, der Luftraum über dem Wasser und die Uferzone mit den Pflanzen. Alle in diesem Lebenbereich lebenden Arten (z.B. die Wasserlinsen) bilden eine Fortpflanzungsgemeinschaft, eine Population. Wasserlinsen und Wasserschnecken sind Nahrung für die Enten. Fische fressen ebenfalls Wasserschnecken und auch Süßwasserpolypen. Alle Arten, Beutetiere und Fressfeinde im Ökosystem "Teich" bilden die **Biozönose** (die **Lebensgemeinschaft**), auf die auch noch andere (abiotische) Faktoren, wie das Licht, das Klima und die Wasserbeschaffenheit usw. wirken.

Arbeitsaufträge:

Besprecht in eurer Gruppe:

- Welche Bedeutung haben die Pfeile in der vorstehenden Grafik?

- Welche Bedeutung hat der Begriff **"Wechselwirkung"** in diesem Ökosystem?

Übertragt euer Verständnis vom Ökosystem "Teich" auf ein Ökosystem "Wald" oder "Fluss" oder "Müllhalde" ...
Macht euch jeweils klar, was in diesen Systemen mit Wechselwirkung gemeint ist.

Quelle [4] Egbeck Skripten

2.2 Beispiel eines Ökosystems
2.2.1 Nahrungsbeziehungen

- *Teich*
- *Nahrungskette, Biologisches Gleichgewicht*

Nachdem wir nun die Lebensbeziehungen einiger Organismen zu ihrer Umwelt betrachtet haben, wollen wir uns einem **Ökosystem** als Ganzes zuwenden. Bisher haben wir Landtiere näher untersucht, also wird es Zeit mal ein Gewässer zu analysieren; wir wollen einen **Teich als Modell für ein Ökosystem** heranziehen.

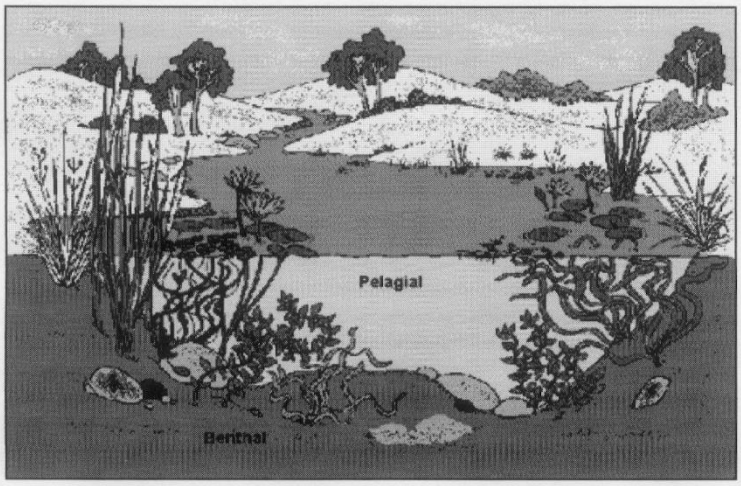


Abb. 1
Ökosystem Teich

Auf der Seite http://www.schnet.edu.au/yarrawater/mp.htm kann man das Ökosystem Teich sehr umfassend erforschen.
In http://www.arch.usf.edu/ficus/ecosyst/outside.htm finden Sie ein Liste vieler verschiedener Ökosysteme zum herumsurfen. Deshalb beschränken wir uns hier auf das Wesentliche.

Die Abbildung zeigt einen Teich mit **Zufluß**, **Freiwasserbereich (= Pelagial)** und **Bodenbereich (= Benthal).** Den Bodenbereich kann man wiederum in **die Uferzone (= Litoral)** und **Tiefenzone (= Profundal)** aufgliedern.

Darin findet man z. B. folgende Organismen:

- Bakterien und **Pilze**
- **Wasserpflanzen** wie Farne, Wasserhyazinthen, Wasserpest, Wasserlilien, Seerosen
- **Rädertierchen**,
- **Süßwasserpolypen**,
- **Phytoplankton** wie Euglena,
- Zooplankton
- **Würmer** wie Röhrenwürmer, Plattwürmer
- **Krebstiere**, wie Wasserflöhe und Ruderfußkrebse
- **Weichtiere** wie Schnecken und Muscheln
- **Insekten** wie Stechmücken, Libellen, Fliegen, Wasserwanzen, Wasserläufer, Springschwänze, Wasserkäfer, deren Larven
- **Spinnen**, Wassermilben
- **Amphibien** wie Frösche und Kaulquappen
- **Fische** wie Forellen und Karpfen
- **Reptilien** wie Schildkröten und Schlangen
- **Vögel** wie Enten und Reiher
- **Säugetiere** wie Wasserratten

Diese stehen in vielfachen Wechselbeziehungen zueinander. Man bezeichnet diese als **biozönotischer Konnex.** Sie bilden ein **Nahrungsnetz**.

Wir erinnern uns: Lebewesen benötigen eine **Energiequelle, Wasser** und **Nahrung**. Überlegt man sich, wer sich von wem oder was ernährt, kommt man schnell darauf, daß es bezüglich der Ernährungsweise 3 Gruppen Organismen gibt:

- **Pflanzen** ernähren sich von anorganischen Stoffen (Salzen, CO_2) und benötigen Licht
- **Pflanzenfresser** nehmen das organische Material der Pflanzen auf
- **Tierfresser** nehmen das organische Material der Tiere auf

So ergibt sich folgende **Nahrungskette:**

Mineralstoffe, CO_2 <-- Pflanzen <-- Pflanzenfresser <-- Tierfresser.

Zu bemerken ist, daß in der Natur eine solch lineare Nahrungskette selten vorkommt. Man findet meist ein ganzes Netzwerk gegenseitiger Abhängigkeiten.

Wie wir aus vielen Beispielen wissen, funktionieren in der Natur bei relativ konstanten Umweltbedingungen die Nahrungsbeziehungen. Die Populationen schwanken zwar, trotzdem ist für jeden ausreichend Nahrung vorhanden. Es muß also genügend Pflanzenfresser als Futter für die Tierfresser geben, genügend Pflanzen für die Pflanzenfresser und ausreichend Mineralstoffe für die Pflanzen. Betrachtet man die obige Kette alleine, so ergeben sich **2 Probleme**:

1. Den Mitgliedern einer solchen Kette geht irgendwann die Nahrung aus wenn z. B. die Mineralstoffe verbraucht sind.
2. Was passiert mit den gestorbenen Mitgliedern der Kette?

Es muß also noch jemanden geben, der für die Beseitigung der Kadaver und Pflanzenreste sorgt und der Mineralstoffe (Dünger) produziert.

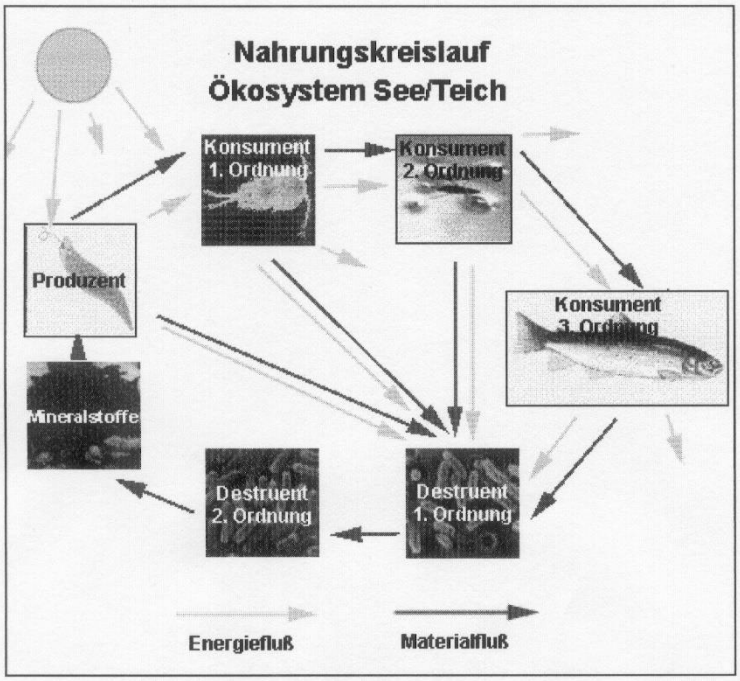
Wir haben beim Kompostierungsbeispiel gesehen, wer dafür sorgt: die **Mikroorganismen und Wirbellosen im Boden**. Benennt man die Organismengruppen einer Nahrungskette nach ihrer Funktion so kann man

- die **Mikroorganismen** als **Destruenten** (Abbau organischen Materials zu anorganischen Stoffen)
- die **Pflanzen** als **Produzenten** (Synthese organischen Materials aus anorganischem durch Photosynthese)
- und die **Tiere** und als **Konsumenten** (Aufnahme organischer Stoffe zur Verstoffwechselung und Energiegewinnung)

bezeichnen.

Wir müssen also die Nahrungskette von oben ergänzen:

Abb. 2



Nahrungskreislauf Teich

Das Phytoplankton und die Wasserpflanzen bilden die **Produzenten**. Pflanzenfresser wie Kleinkrebse nehmen die organischen Stoffe, die die Pflanzen gebildet haben auf (**Konsument 1. Ordnung**). Der Wasserläufer als Tierfresser ernährt sich von anderen Kleintieren (**Konsument 2. Ordnung**), wird aber selbst von Fischen oder Vögeln gefressen (**Konsumenten 3. Ordnung**). Die **Destruenten** 1. und 2. Ordnung wandeln die abgestorbenen organischen Reste in anorganische Nährstoffe für die Pflanzen um.

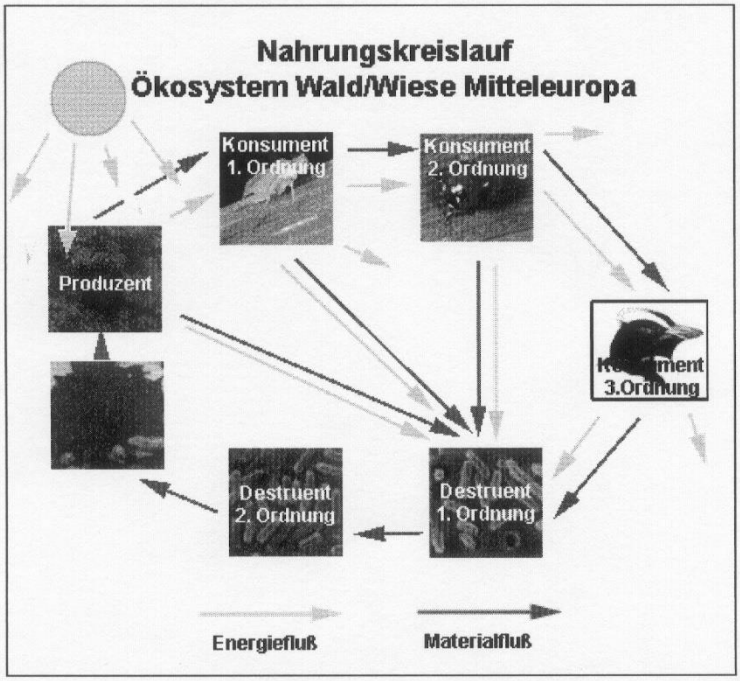


Abb. 3
Nahrungskreislauf Wald/Wiese

Für andere Ökosysteme kann man den gleichen Kreislauf formulieren. Die obigen Abbildungen sind stark vereinfacht und in Wirklichkeit viel komplizierter.

In einem solchen Nahrungskreislauf herrscht unter natürlichen Bedingungen ein **biologisches Gleichgewicht**, d. h. es findet ein ständiger Substanzfluß statt. Da Energie weder geschaffen noch vernichtet werden kann und immer vom höheren zum niedrigeren Niveau fließt (**Gesetze der Thermodynamik**), gibt es den Energiefluß nur in eine Richtung, und zwar von der Sonne durch die Lebewesen hindurch und als Wärme in die Atmosphäre.

Analysieren wir mal den Weg der Stoffe von den Produzenten zu den Konsumenten.

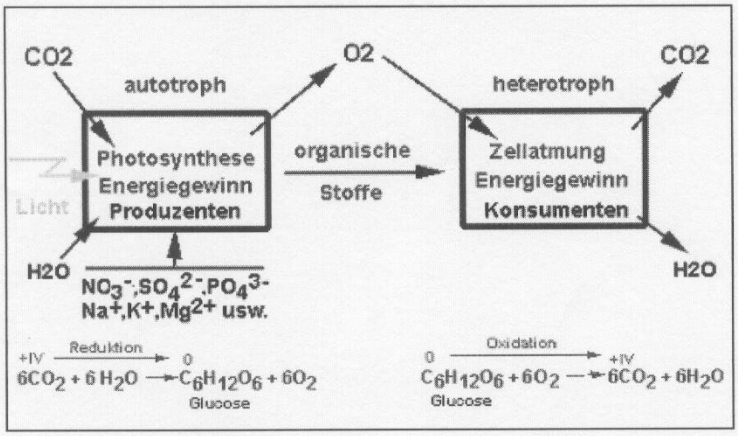


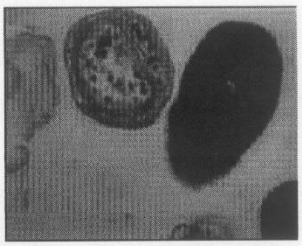
Abb. 4
Stoffwechselwege

Die **Produzenten** bilden mit Hilfe von Licht durch **Photosynthese** aus anorganischen Stoffe organische. Die Lichtenergie speichern sie in ATP, um körpereigene Lebensvorgänge ablaufen zu lassen. Die organischen Stoffe werden von den **Konsumenten** der 1. Ordnung (*Pflanzenfressern*) aufgenommen. Durch die Verdauung werden Kohlenhydrate, Fette und Proteine in **Glucose, Fettsäuren und Aminosäuren** zerlegt und zum Aufbau körpereigener Substanz verwendet. Die Glucose wird zum Energiegewinn abgebaut, woraus die Konsumenten wieder ATP für die Lebenvorgänge gewinnen. Dieser Vorgang heißt **Zellatmung**. Interessant ist, daß er gerade umgekehrt verläuft wie die Photosynthese!

Wenn Sie ihre Chemiekenntnisse anwenden, sehen Sie, daß die Oxidationsstufe des Kohlenstoffs im CO_2 +IV und in der Glucose meist 0 ist.

Das bedeutet, die Photosynthese ist eine **Reduktion** (energieverbrauchend = **endergonisch**), die Zellatmung eine Oxidation (energieproduzierend = **exergonisch**), was man am Verbrauch von O_2 sehen kann.

Abb. 5
Fäulnisbakterium



Nitrosomonas europaea

Konsumenten der 2. Stufe, (*Tierfresser*) nehmen ebenfalls organische Stoffe von den **Konsumenten** der 1. Stufe auf, und verstoffwechseln diese usw.

Betrachten wir noch den Stoffwechsel der **Destruenten**.

Die grundsätzlich wichtigsten Destruenten sind die Bakterien. Dazu gehören Schwefelbakterien in Teichen, Seen, Rieselfeldern der Arten **Beggiatoa** und **Thiothrix.** Weiterhin sind nitrifizierende Bakterien der Gattung **Nitrosomonas** und **Nitrobacter** wichtig.

Abgestorbenes organisches Material wird durch **Fäulnisbakterien** (anaerob) zersetzt, wobei u. a. **H_2S und NH_3** ensteht. Die Schwefelbakterien oxidieren H_2S zu Schwefel und weiter zu Sulfat. Die nitrifizierenden Bakterien oxidieren Ammoniak zu Nitrit und weiter zu Nitrat.

Beggiatoa/ Thiothrix: $H_2S + 0{,}5\ O_2$ -----> $S + H_2O$; $S + H_2O + 1{,}5\ O_2$ -----> $SO_4^{2-} + 2\ H^+$

Nitrosomonas: $NH_3 + 1{,}5\ O_2$ ----->$NO_2^- + H_2O + H^+$

Nitrobacter: $NO_2^- + 0{,}5\ O_2$ -----> NO_3^-

Die Bakterien gewinnen dabei Energie zum Leben. Wie man sieht, brauchen sie O_2, sie sind **aerob**. Eine genaue Liste und mehr Details zur Nitrifikation sieh in http://burgundy.uwaterloo.ca/biol446/chapter8.htm

NO_3^- und SO_4^{2-} sind Dünger für Pflanzen, womit sich der Kreislauf der Materie wieder geschlossen hat.

Produzenten und die Konsumenten der verschiedenen Stufen bilden eine Nahrungspyramide.

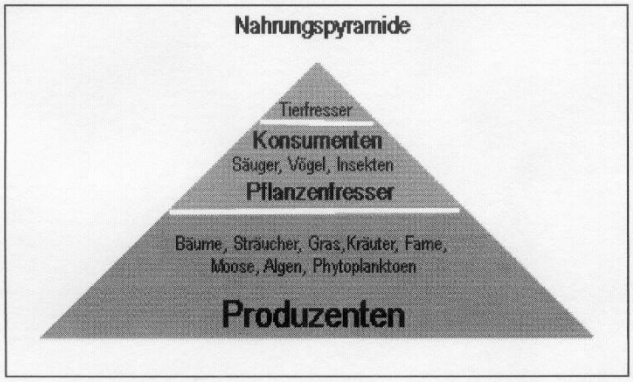


Abb. 6

Nahrungspyramide

Das bedeutet, die **Produzenten sind in gewaltiger Überzahl** vorhanden (z. B. ein Wald mit Millionen von Pflanzen), weit **weniger Pflanzenfresser** nutzen dieses Nahrungsangebot (die Anzahl der Rehe oder Eichhörnchen ist überschaubar) und **wenige Tierfresser** (z. B. Füchse, Uhus) finden ihre Nahrung unter den Pflanzenfressern.

Weiterführende Quellen:

Ökosystem Teich	http://www.uni-potsdam.de/u/zfu/ub/vc/3_oekosysteme.htm
Ökosystem Salzwiesen im Wattenmeer	http://www.erft.de/schulen/ggb/salzw/swinh.html
Ökosystem Regenwald	http://www.ran.org/ran/info_center/factsheets/index.html
Ökosystem Korallanriff:	http://www.cyberlearn.com/zones.htm
Ökosystem Galapagos /Antarktis:	http://www.terraquest.com/
Erde/Ozeane usw.:	http://www.athena.ivv.nasa.gov/index.html
Bakterien im Teich	http://commtechlab.msu.edu/CTLProjects/dlc-me/zoo/ http://pubnix.net/~spond/filter/nitrogen.html
Fische im Korallenriff:	http://www.geocities.com/RainForest/2298/index.html
Phytoplankton	http://www.cedareden.com/phyto.html
Nitrifikation:	http://ucs.byu.edu/bioag/aghort/514pres/nitrify/sld004.htm http://www.agcom.purdue.edu

MicroBioNet

Your Microbiology Universe on the Internet

BACTERIOLOGY

GRAM NEGATIVE

FAMILIES

- *Acetobacteriaceae*
- *Alcaligenaceae*
- *Bacteroidaceae*
- *Chromatiaceae*
- *Enterobacteriaceae*
- *Legionellaceae*
- *Neisseriaceae*
- *Nitrobacteriaceae*
- *Pseudomonadaceae*
- *Rhizobiaceae*
- *Rickettsiaceae*
- *Spirochaetaceae*
- *Vibrionaceae*

Chromatium okenii

CLASSIFICATION	VIRULENCE FACTORS	ENVIRONMENTAL
BIOCHEMISTRY	NORMAL FLORA	INDUSTRIAL USES
GENETICS	PATHOGENS	VACCINES
SEROLOGY	LABORATORY ID	

CLASSIFICATION

The classification of these organisms is based on the shape and flagellation. C. *okenii* are motile rods 4.5-6µm x 8-15 µm. They do not produce slime or gas vacuoles. They have a requirement for vitamin B12. A cell suspension is purple-red. The predominant carotenoid pigment is okenone. The GC content of the DNA is 48-50 mol%.

BIOCHEMISTRY

Quelle [5] Science net

Genera of Unestablished Relationships
Brucella
Chromobacterium

Chromatium okenii is a typical purple sulphur bacterium. In light ATP is produced by cyclic photophosphorylation. There is a relationship between CO2 fixation and sulphide oxidation. *C. okenii* is obligately photolithoautotrophic and requires CO2 and sulphide even when utilising acetate and pyruvate. Generally anaerobic growth in the dark is poor. During dark fermentation they store "suphur" globules, which act as an electron sink. In the dark in the presence of oxygen they have the usual respiratory pathways. *C. okenii* is not able to grow in the dark at low oxygen tension. It requires vitamin B12 for growth.

GENETICS

There is no information.

SEROLOGY

There is no information.

VIRULENCE FACTORS

There are none known to be produced.

NORMAL FLORA

They live predominantly in stratified meromictic lakes, where they sometimes form purple-red layer blooms.

PATHOGENS

They are not pathogenic.

LABORATORY ID

Strains of *C. okenii* can be isolated from natural environments using special inorganic media, containing a variety of rare ions and vitamin B12 and 10% sodium sulphide in light.

ENVIROMENTAL

Normally found in water.

INDUSTRIAL USES

They could be used for the removal of excess sulphide, but this has not been done.

VACCINES

None.

Chromatiaceae

Home | Welcome | Editorial Board | Free Membership | Sponsorship & Advertising | Contact Us | About Us | Help

© Copyright Microbionet

All literary matter in Microbionet is covered by copyright, and must not be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form by electronic or mechanical means, photocopying, or recording, without written permission. This page is to be read in conjunction with the Disclaimer.

Seite 4 war leer

I.2.2 Das heutige Erscheinungsbild

I.2.2.1 Gewässer

Die heute im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Oberflächengewässer dürften lagemäßig mit der Lage zum Zeitpunkt ihrer Entstehung übereinstimmen.

I.2.2.1.1 Der Teich in den oberen Anlagen

Der obere 'Ententeich' , ein künstlich angelegtes, amöbenförmiges Gewässer ohne naturnah gestaltete Bereiche mit befestigten Ufern, zeichnet sich durch eine relativ gute (= mäßig belastete) Wasserqualität aus, die durch die gute Wasserqualität der abgeleiteten Warne bedingt ist.

[Anmerkung: Der Hauptanteil des Wassers wird über eine Länge von fast 400 m durch die beschriebene Verrohrung in etwa 5 m Tiefe unter dem Teich und den Anlagen wie auch unter dem Teich der Joseph-Förster-Anlagen hindurch geführt.]

Die Teichsohle besteht aus einer etwa 50 cm starken Tondichtung. [21)]

Infolge der Durchflussmenge und durch die Verwirbelung aufgrund der Fallhöhe nach dem Wasseraustritt aus dem Wehr ist für einen hohen Sauerstoffgehalt gesorgt.

Belichtung und Beschattung stehen in einem ausgewogenen Verhältnis.
Der Besatz mit Wasservögeln ist kritisch zu sehen.

Das aufgrund der Gewässerqualität anzunehmende hohe Nahrungsangebot (s. I.2.1.2) dürfte durch mehrfache Beobachtung eines Eisvogels und der Gebirgsstelze Bestätigung finden, die zumindest gastweise das Gewässer aufsuchen.

Nicht zu übersehen sind einige Exemplare extrem üppiger Regenbogen- und Bachforellen [Anmerkung: eigentlich von sehr geringer Toleranz hinsichtlich der Umweltfaktoren], die vermeintlich durch die starke Strömung in den Teich gespült wurden und aufgrund der komplizierten Wasserführung der Wehranlage nicht mehr mehr imstande sind, in ihren eigentlichen Lebensraum – das reine Fließgewässer – zurückzukehren.

I.2.2.1.2 Der Teich in den Joseph-Förster-Anlagen

Bei dem unteren Teich handelt es sich um ein ebenfalls künstlich angelegtes Gewässer amorpher Form von geringer Tiefe, dessen Ufer z.Zt. mit ehemaligen Grabeinfassungen des 'alten Friedhofs' befestigt sind.

Die Durchflussmenge ist gering, der Teich ist stark verschattet.
Zu Vermerken sind Bestände von Wasserknüterich (Polygonum amphibium), Wasserpest (Elodea canadense) [häufig] und Tannenwedel (Hippuris vulgaris)[22)] sowie Myriophyllum.

Im Sommer ist extremes Algenwachstum zu beobachten.

[21)] Auskunft der Stadtgärtner

[22)] Gefährdungsstufe 3 der Roten Liste Niedersachsen, allerdings vermutlich durch menschliche Einwirkung hier]. Stufe 3 entspricht der zweitschwächsten Gefährdungsstufe von fünf möglichen Stufen. (Stufe 0 = ausgestorben oder verschollen)

Da die Wasserzuführung des Teiches nicht abschließend geklärt ist (Quellen, Dränagewasser ?) erscheint die Untersuchung der Verhältnisse von besonderem Interesse.

Eine erste Untersuchung der mikrobiologischen Verhältnisse[23)] Mitte März lässt – trotz der wenig appetitlichen Erscheinung des unteren Teiches – darauf schließen, dass es sich bei dem Gewässer um ein dennoch intaktes Ökosystem handelt.

Zwar ist bereits in dieser Jahreszeit (März) eine auffallend große Zahl von Algen (insbesondere unverhältnismäßig starke Populationen von Kieselalgen) zu beobachten, die infolge ihrer sprunghaften Vermehrung in der wärmeren Jahreszeit für das bedenkliche Aussehen des Gewässers verantwortlich sind.

Dafür sei jedoch das Vorkommen bestimmter Muschelkrebse (zu denen z.B. auch Wasserflöhe gerechnet werden) aufgrund der Empfindlichkeit dieser Arten ein relativ sicheres Zeichen dafür, dass das Gewässer nicht zum 'Umkippen' neigt, d.h. keine anaerobe Verhältnisse eintreten, die auf Sauerstoff angewiesenes pflanzliches und tierisches Leben zum Absterben bringen würden.

I.2.2.1.3 Der offene Warnegraben nördlich der Joseph-Förster-Anlagen

Unterhalb des Austritts aus der Verrohrung unter dem Brückenbauwerk bis zur Unterquerung der Holzer Straße ist das Gewässer wieder von der hohen Fließgeschwindigkeit gekennzeichnet, die die Warne vor dem Abschlag am südlichen Wehr aufweist.

Aufgrund des raschen Durchflusses durch die verrohrten Abschnitte ist ein Verlust an Wasserqualität nicht zu vermuten.

Flora und Fauna dürften denen der offenen Warne oberhalb des Wehres ähneln (Fischbesatz konnte im Untersuchungszeitraum allerdings nicht beobachtet werden).

I.2.2.2 Aktuelle Vegetation und Fauna

I.2.2.2.1 Vegetation

guter Satz; auch für meine Untersuchung

Die aktuelle Vegetation und Fauna können aufgrund der Enge des Untersuchungszeitraumes (Februar-März) nur in einer groben Voruntersuchung angerissen werden.

Unterschieden werden können Solitärbäume, Hecken, flächige Gehölzpflanzungen, Bereiche immergrüner (Wild-)Stauden, offene Vegetationsflächen für Wechselbepflanzungen, spontane Vegetation ('Wildwuchs') und Frühjahrsblüher.
Vorkommen von Moosen, Flechten, Mauerritzenvegetation verdienen weiterer Erhebung.

Der aktuelle Baumbestand und schematisierte Flächentypen sind in der Karte skizziert.
Eine Zusammenstellung der angetroffenen Baumarten von ortskundigen Botanikern und Biologen findet sich im Anhang.

[Anmerkung: Die Baumstandorte wurden auf Grundlage eigener Erhebungen g r o b ermittelt. Die Bezeichnung von Baumarten erfordert noch eine Überprüfung und erfolgt ohne Gewähr.]

Vertiefende Untersuchungen, z.B. hinsichtlich Standsicherheit, Stabilisierungsbedarf, Revitalisierung von Bäumen, sollten unbedingt durchgeführt werden, ebenso eine ganzjährige Beobachtung von ein- und mehrjährigen Sommerblumen, Stauden usw..

[23)] Aus fachlichem Interesse heraus hat sich dankenswerterweise Herr Dr.Tauscher, Gronau, spontan bereit erklärt, seine Sachkenntnis praktisch zur Verfügung zu stellen, d.h. am 12.03.03 bereits eine aktuelle Gewässerprobe entnommen und mikroskopisch untersucht

Im Untersuchungszeitraum beobachten werden konnten z.B. an

Wildstauden, heimischen Knollen- und Zwiebelpflanzen

Allium ursinum (Bärlauch)
Anemone nemerosa (Buschwindröschen)
Arum maculatum (Aronstab)
Corydalis cava (Lerchensporn)
Phyllitis scolopendrium (Hirschzungenfarn)
Ranunculus ficaria (Scharbockskraut)

Kulturstauden, eingeführten Knollen- und Zwiebelpflanzen oder Züchtungen

Helleborus niger (Christrose, Nieswurz)
Helleborus x hybridus (?) (purpurrote bis weißlich-rosa blühende Nieswurz)
[Anmerkung: die von SCHIEFERDECKER (s. II.1.2.4) beobachtete heimische Wildform H. viridis (Grüne Nieswurz) wurde 2003 nicht angetroffen.]
Anemone blanda (blaublühende Anemone)
Galanthus nivalis (Schneeglöckchen)
Scilla sibirica (Blausternchen)
Narcissus spec. (Narzissen in Sorten)
Tulipa spec. (Tulpen in Sorten)

Wasserpflanzen

Polygonum amphibium (Wasserknöterich) – reinigend
Elodea canadensis (Wasserpest) – guter Sauerstoffproduzent
Hippuris vulgaris (Tannenwedel) – kalkliebend

I.2.2.2.2 Fauna

Säugetiere

Hinsichtlich des Vorkommens von Säugetieren beschränken sich erwähnenswerte Erkenntnisse zunächst auf die Beobachtung von Fledermäusen, die die Wallanlagen zumindest als Jagdrevier regelmäßig aufsuchen.

Nach Information der ortskundigen Fachkompetenz handelt es sich bei den mit Sicherheit anzutreffenden Arten um die Wasser- und die Zwergfledermaus[24] (Myotis daubentonii und Pipistrellus pipistrellus).
Beide sind Rote Liste-Arten (Niedersachsen) einer mäßigen Gefährdungsstufe.

Während für die Zwergfledermaus als Kulturfolger vor allem Quartiere im Siedlungsbereich charakteristisch sind, werden der Wasserfledermaus vor allem Habitate in Altbaumbeständen zugeschrieben.
Inwieweit tatsächlich geeignete Baumhöhlen in den Anlagen als Überwinterungsquartiere oder Wochenstuben genutzt werden, ist nicht erforscht.

Vögel

Eine Liste der langjährig angetroffenen Vogelarten, die mehr oder weniger regelmäßig in den Anlagen zu beobachten sind, wurde dankenswerterweise von Herrn B. Galland zur Verfügung gestellt.
Hierbei handelt es sich überwiegend um nicht eben seltene Vögel des Landschaftsraumes. Jedoch ist die Vielfalt der angetroffenen Arten im innerstädtischen Bereich bemerkenswert.

[24] Auskunft erteilte freundlich Herr Feldmann

Hervorzuheben als selten gewordene Arten, die besondere Ansprüche an Gewässerqualität (Fließgewässer) stellen sind Gebirgsstelze und als Rote-Liste-Arten Eisvogel und Wasseramsel, die sogar als Brutvogel in den Anlagen beheimatet ist.

Eine ganzjährige Untersuchung der Funktion der Anlagen als Lebensraum für heimische Vögel und Kleinsäugetiere sollte durchgeführt werden.

I.2.2.3 Wegeführung, Ausstattung

Wegeführung

Die aktuelle Wegeführung stimmt (im wesentlichen) mit der aktuellen Liegenschaftskarte überein.

In den oberen Anlagen wurden allerdings zwei von 4 Ost-West-Querverbindungen des umlaufenden Rundwegs sowie ein ehemals kreisförmiger Weg um die Schillerlinde, die in der offiziellen Kartierung noch enthalten sind, zwischenzeitlich aus Rationalisierungsgründen mit Rasen angesät und sind in der Fläche nicht mehr abzugrenzen.

In dem Anlagenteil zwischen Holzer und Ravenstraße sind die Wegeanbindungen an Ravenstraße und Parkplatz sowie das Brückchen über die Warne und der schräg den Wall hinaufführende Hangweg zu ergänzen.

Die Wegeeinfassungen bestehen, der Zeit ihrer jeweiligen Herstellung und ggf. späterer Überarbeitung/ Ergänzung entsprechend, aus verschiedenartigen Materialien, u.a. aus Kalkbruchstein und Beton unterschiedlicher Herkunft.

Sitzplätze und -nischen

Bei den zur Zeit vorgefundenen Bänken handelt es sich (mit Ausnahme zweier rustikaler Halbstammbänke ohne Lehne) um ein gängiges, fabrikmäßig gefertigtes Standardmodell, gleiches gilt für Papierkörbe.

Die Bankplätze sind eingefasst mit massiven, i.D. etwa 1 m langen Sandsteinkantensteinen, die teilweise mit Boden hinterfüllt sind.

Sicherungseinrichtungen

Geländer, Gitter, Zäune stammen aus unterschiedlichen Epochen.

Wohl noch aus der 3. Bauphase (1926) ist das filigrane Gitter an der Aussichtsterrasse am Teich der oberen Anlagen erhalten. Die Profile erscheinen schmaler als die in neuerer Zeit im gleichen Ornament nachgebauten Geländerelemente bei der Nicolai-Kirche.

Uferbefestigungen der Teiche und Sicherungsbaumaßnahmen des offenen Warneverlaufs bestehen ebenfalls überwiegend aus Sandstein.

Steine und Gedenksteine

Besonderes Augenmerk zieht in den oberen Anlagen ein kleiner Steinsockel mit der Aufschrift S.M S 1774 am Rande des ehemaligen Goldfischbeckens auf sich.
Hierbei handelt es sich allerdings um ein 'verschlepptes' Objekt, das der ehemalige Gärtner Friedrich Brinkmann als Relikt von dem gemauerten Pfeiler eines Abbruchhauses in Sicherheit brachte.

Andere Gedenksteine tragen Inschriften, die den Sinn ihres Daseins erläutern.

Quelle [13] Uni- Hamburg

Letzte Änderung: 07/31/2003 16:07:58

Photoautotrophe Bakterien

Gruppe	Typisches Beispiel (Art)	Wachstum unter		Elektronendonatoren für Photosynthese
		anaeroben Bedingungen (belichtet)	aeroben Bedingungen (unbelichtet)	
Nichtschwefel-Purpurbakterien	*Rhodospirillum rubrum*	+	(+)	H_2, organische Substanz, (S^{2-})
Purpurschwefel-Bakterien	*Chromatium okenii*	+	-	S^{2-}, S°. $S_2O_3^{2-}$, H_2
Grüne Schwefelbakterien	*Chlorobium limicola*	+	+	S^{2-}, S°. $S_2O_3^{2-}$., H_2
Chloroflexus-Gruppe	*Chloroflexus aurantiacus*	+	+	organische Substanz
H. G. SCHLEGEL und H. W. JANNASCH, 1981				

© *Peter v. Sengbusch* - *Impressum*

Bilderverzeichnis

Bildertafeln:

Tafel 1: Aufbau von Bakterienzellen 44
Tafel 2: Das limnische System 44
Tafel 3: Das Ökosystem 45

Galerie I (Bilder des Teiches):

Bild 1: Parkanlagen mit Blick in Richtung „unterer Teich“ 46
Bild 2: Teich am 15.03.04; im Hintergrund der realschulzugewandte, noch bewachsene Hang 46
Bild 3: Teich kurz nach der Abholzung der Parkanlagen; Blick von der Realschulseite 46
Bild 4: Ich mit einer Sedimentsprobe des Teiches 47
Bild 5: Teich zwei Wochen nach der Abholzung 47
Bild 6: Bild vom Zulauf des Teiches; ebenfalls nach der Abholzung 47
Bild 7: Bild vom Ablauf des Teiches 48
Bild 8: Ich bei der Suche nach Bakterien nach der Abholzung; Links: der gerodete Hang 48

Galerie II (Ufervegetation):

Bild 1: Hohler Lerchensporn (*Coridalis cava*); violette Art 49
Bild 2: Hohler Lerchensporn (*Coridalis cava*); violette und weiße Art 49
Bild 3: *Anemone spec.* 49
Bild 4: *Anemone spec.* 50
Bild 5: der Realschule zugewandte gerodete Hang 50

Galerie III (Molche):

Bild 1: Teichmolch Weibchen (♀) 51
Bild 2: Teichmolch Männchen (♂) 51
Bild 3: Bergmolche 51

Galerie IV (Bakterienpopulationen):

Bild 1: „rote Matte“ im Teich; erste Fundstelle 52
Bild 2: ebenfalls meine erste Fundstelle 52
Bild 3: für das Mikroskopieren kultivierte Bakterien 52

Galerie V (Chromatium okenii):

Bild 1: C. okenii im Phasenkontrast bei 788-facher Vergrößerung 53
Bild 2: C. okenii im Dunkelfeld bei 1250- facher Vergrößerung; 53
Wunderbar sichtbare Schwefelkügelchen
Bild 3: C. okenii im variablen Phasenkontrast 53
bei 1000- facher Vergrößerung; gut sichtbare Geißel
Bild 4: C. okenii im Diffentiellen- Interferrenz- Konstrast (DIK) 54
bei 1200- facher Vergrößerung
Bild 5: C. okenii im DIK bei 1200- facher Vergrößerung; 54
Das mittlere Bakterium ist im Teilungsstadium
Bild 6: C. okenii im variablen Phasenkontrast 54
bei 1000- facher Vergrößerung; auch hier sieht man
bei dem rechts unten befindlichen Bakterium die Geißel
Bild 7: C. okenii im Dunkelfeld bei 500- facher Vrgrößerung; 55
Hier sieht man wieder sehr gut die Schwefeleinschlüsse
Bild 8: C. okenii im Hellfeld 55

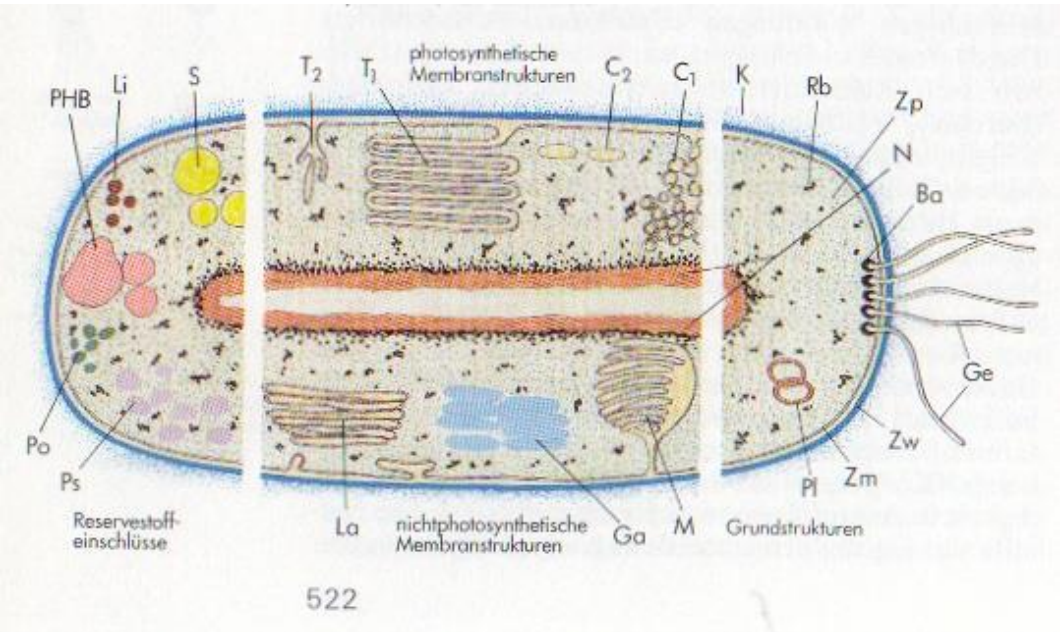
Galerie VI (Mikroorganismen):

Bild 1: *Volvulina steinii* im Phasenkontrast 56
bei 640- facher Vergrößerung
Bild 2: *Closterium ehrenbergii* (Große Mondalge; Klasse der Jochalgen) 56
Im Phasenkontrast bei 200- facher Vergrößerung
Bild 3: *Stauroneis anceps* und *Oscillatoria limosa* 56
(Kreuz- Kieselalge {Klasse der Kieselalgen}
und Schlamm- Schwingalge {Klasse der Blaualgen}) im Phasenkontrast
bei 350- facher Vergrößerung
Bild 4: *Pinnularia spec* .(Klasse: Kieselalgen) im Hellfeld 57
bei 280- facher Vergrößerung
Bild 5: *Fragilaria capucina* (Bruch- Kieselalge; Klasse: Kieselalgen) 57
im Hellfeld bei 164- facher Vergrößerung
Bild 6: Naupliuslarve (Larve des Ruderfußkrebses) 57
mit Chromatien- haltigem Darminhalt im Phasenkontrast
bei 125- facher Vergrößerung
Bild 7: *Paramecium bursaria* (grünes Pantoffeltier; Klasse: Wimpertierchen) 58
Im Phasenkontrast bei 400- facher Vergrößerung
Bild 8: *Stylonychia spec.* (Waffentierchen; Klasse: Wimpertierchen) 58

mit C. okenii im Hellfeld bei 400- facher Vergrößerung;
lebt mit C. okenii eventuell in Symbiose oder ähnlichem
Bild 9: Photo 1-3: Kopf eines Blattfußkrebses im Hellfeld; 58
Photo 4: Rumpf des selben Blattfußkrebses im Hellfeld
Bild 10: Photo 1-4: Schwanz einer Insektenlarve im Hellfeld 59
Bild 11: Photo 1-3: Blattfußkrebs im Hellfeld; 59
Photo 4: Insektenlarvenkopf im Hellfeld;
Bild 12: Photo 1: Kieselalge (Klasse: Kieselalgen) im Hellfeld; 59
Photo 2 und 3: *Fragilaria crotonensis*
(Kamm- Kieselage; Klasse: Kieselalgen) im Hellfeld
Photo 4: Verschiedenes, schwer zu indetifizierendes

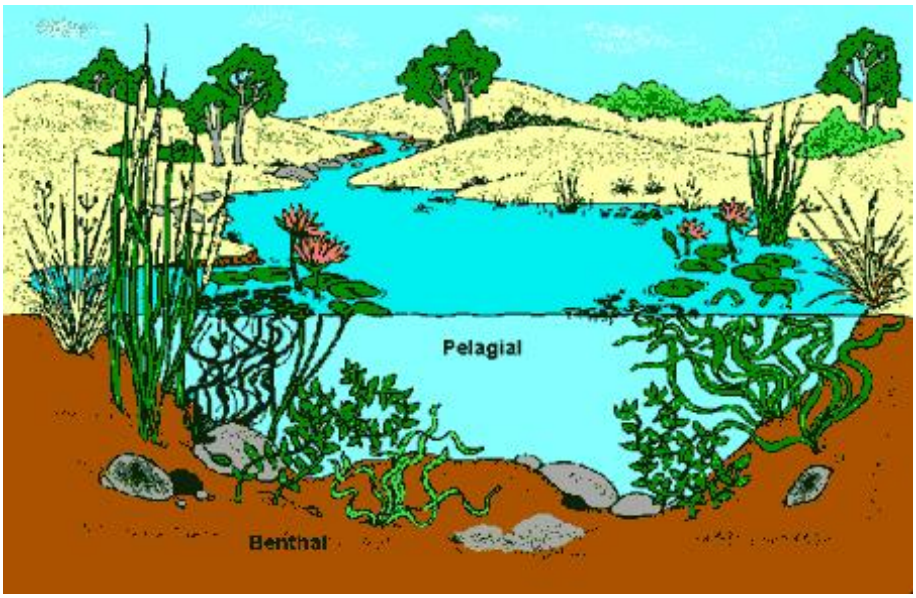
Alle Bilder, auf denen vier einzelne Photos zu erkennen sind, sind bei einer 320- fachen Vergrößerung fotografiert worden. Die Zuordnungen sind mit Hilfe der Quelle [8] gemacht worden.

Bildertafeln

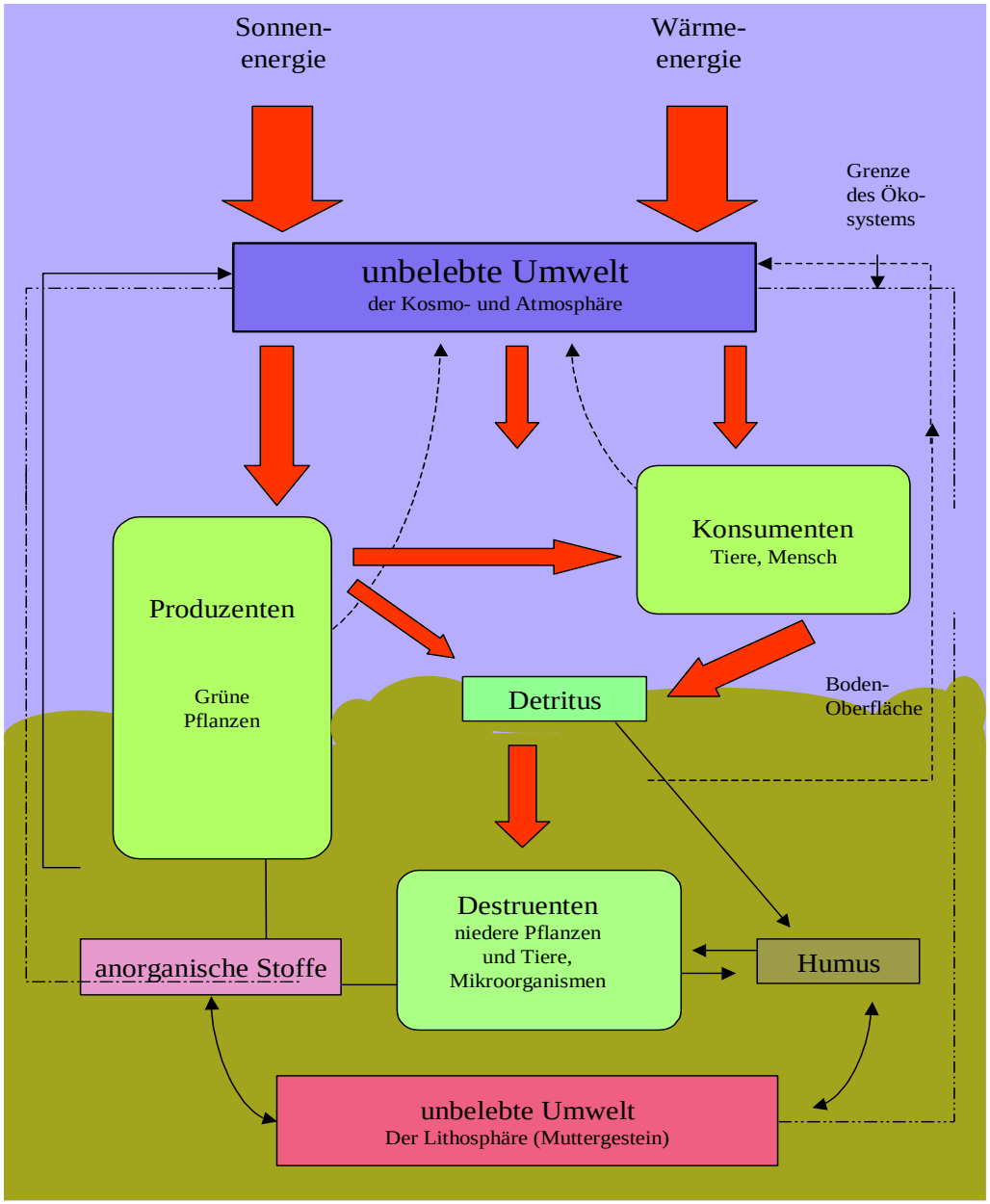


Tafel 1: Aufbau von Bakterienzellen
Kombinierte Darstellung eines schematischen Längsschnittes:
Rechtes Teilbild: Grundstrukturen der begreißelten Bakterienzelle
Mittleres Bild: die bei photosynthetisch aktiven oder nicht aktiven Bakterien zusätzlich Vorkommenden Membranstrukturen
Linkes Teilbild: alle vorkommenden Reserveeinschlüsse

Ba Basaltkörper, **C₁** Chromatophoren, **C₂** Chlorosomen,
Zm Zytoplasmamembran, **Zp** Zytoplasma, **Ga** Gasvakuolen, **Ge** Geißeln,
K Kapsel, **La** Lamellenkörper, **Li** Lipidtropfen,
M Mesosom (Mitochondirenäquivalent), **N** Kernäquivalent (Nukleoid),
PHB Poly-β-hydroxibuttersäue-Grana, **Po** Polyphosphatgranula, **Pl** Plasmid,
Ps Polysaccharid- Granula, **Rb** Ribosomen, **S** Schwefeleinschlüsse,
T₁ Lamellare Thylakoide, **T₂** Tubuläre Thylakoide, **Zw** Zellwand



Tafel 2: Skizze: limnisches System



Tafel 3: Ökosystem [6; Band 16 S. 179]

I

Bild 1

Bild 2

Bild 3

Bild 4

Bild 5

Bild 6

Bild 7

Bild 8

II

Bild 1

Bild 2

Bild 3

Bild 4

Bild 5

III

Bild 1

Bild 2

Bild 3

IV

Bild 1

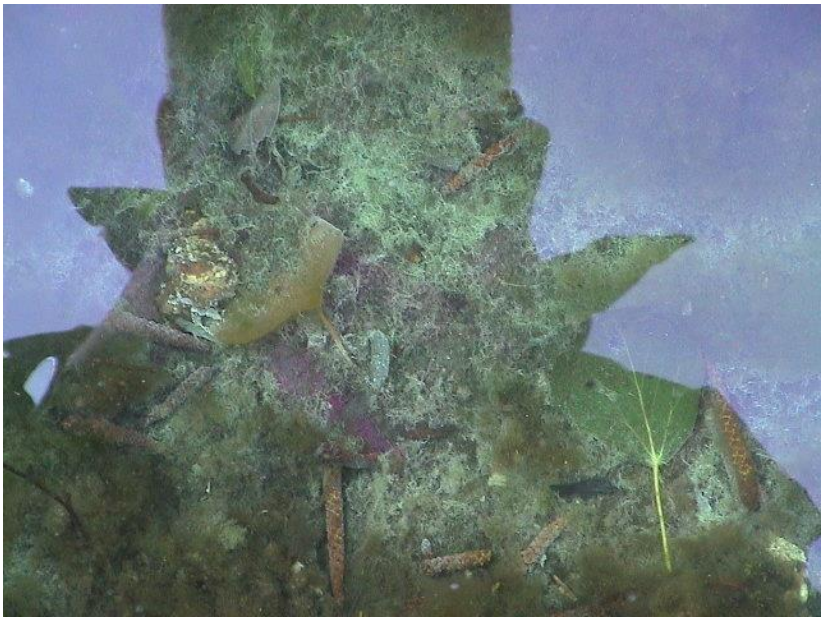


Bild 2

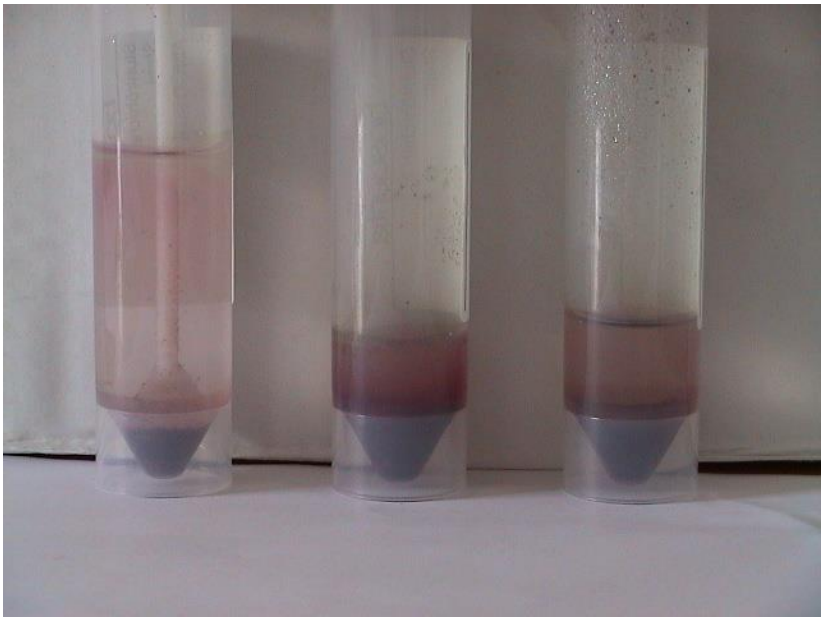


Bild 3

V

Bild 1

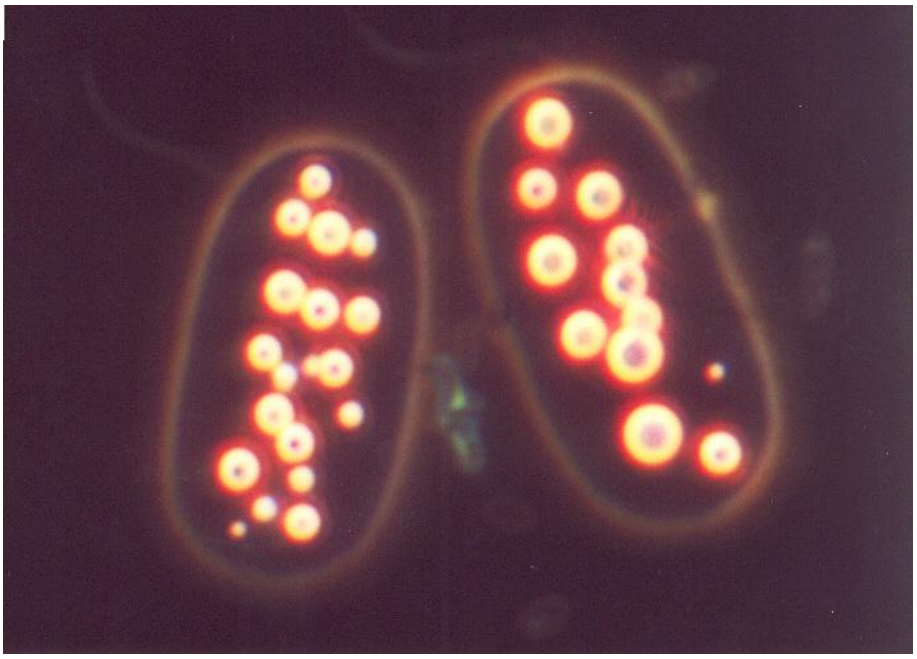


Bild 2

Bild 3

Bild 4

Bild 5

Bild 6

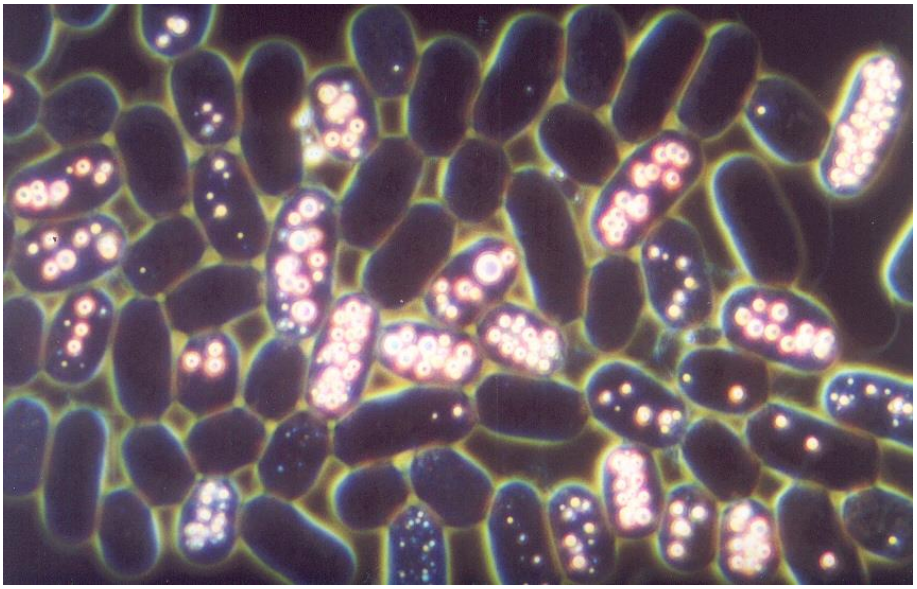


Bild 7

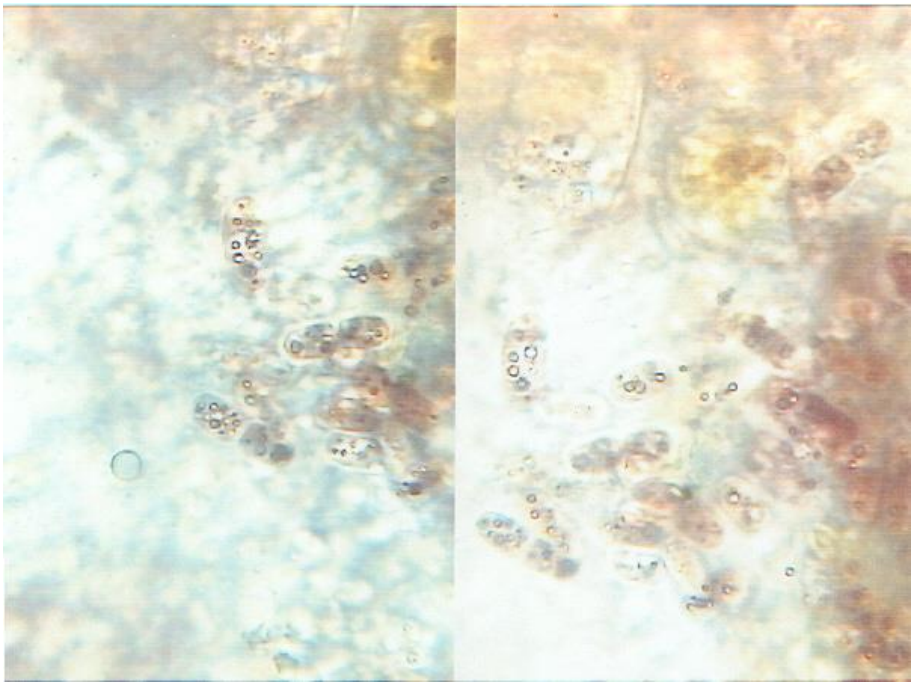


Bild 8

VI

Bild 1

Bild 2

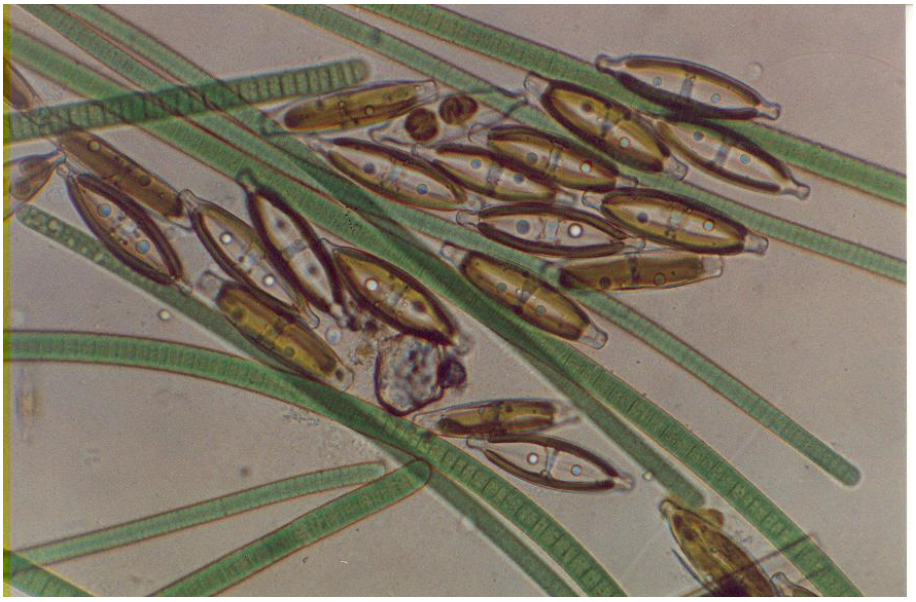


Bild 3

Bild 4

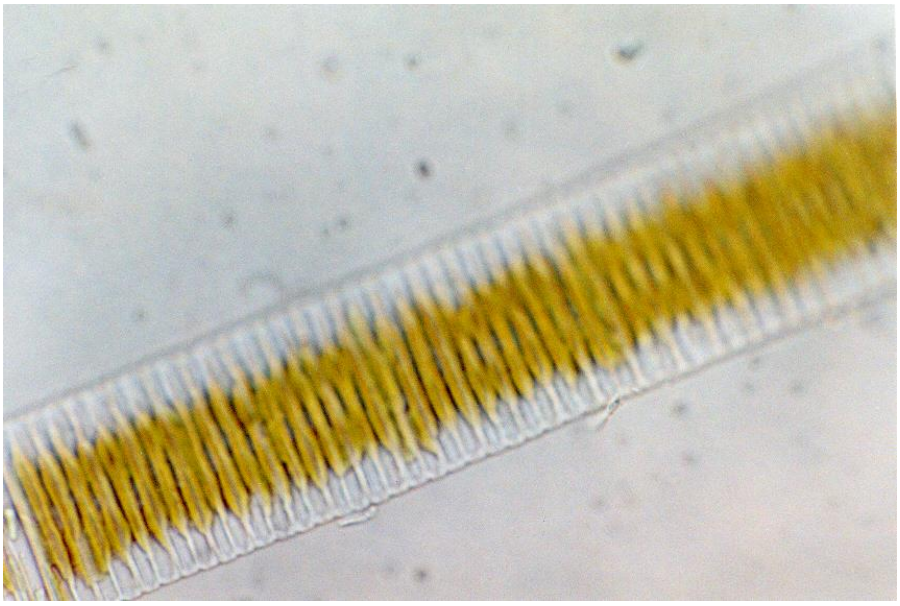


Bild 5

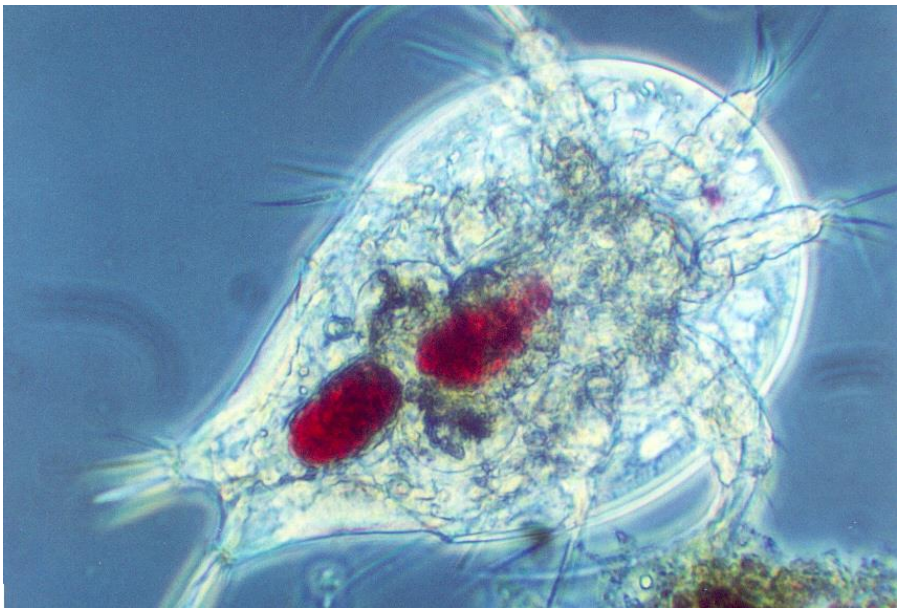


Bild 6

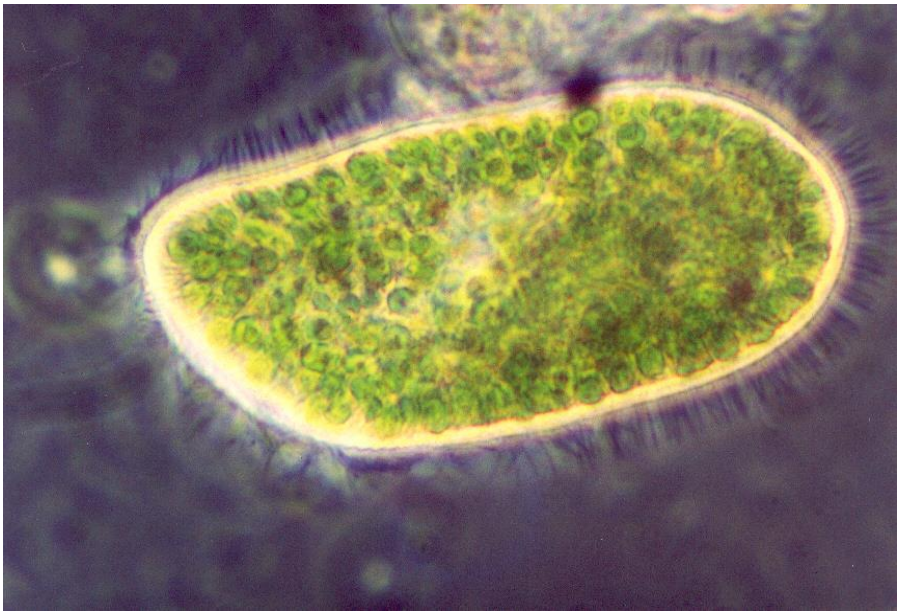


Bild 7

Bild 8

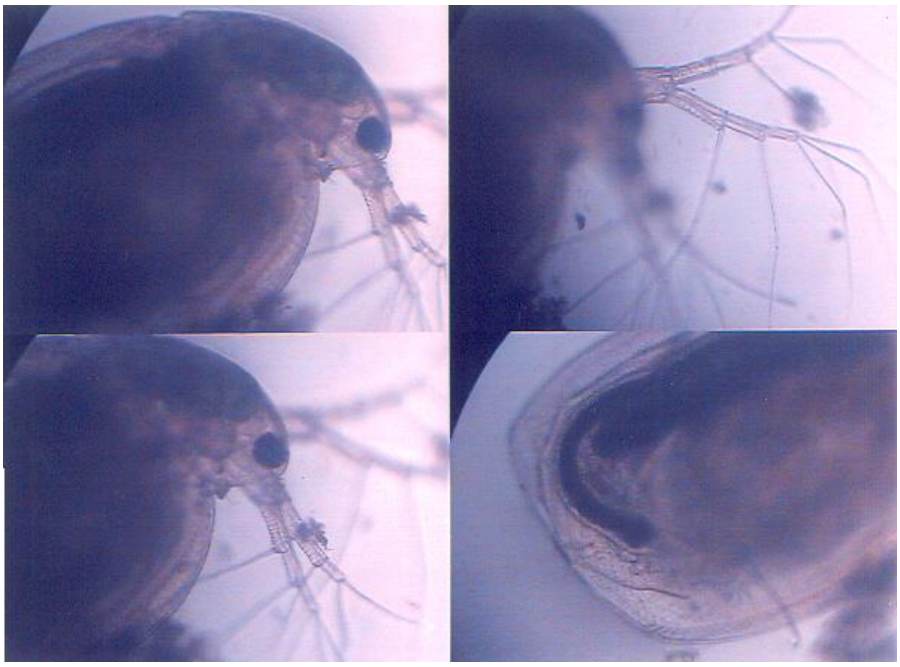


Bild 9

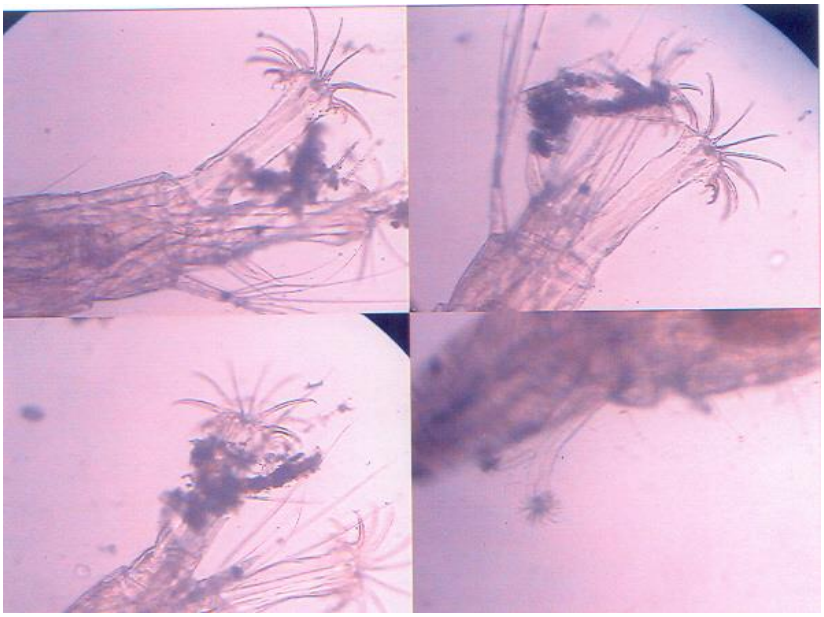


Bild 10

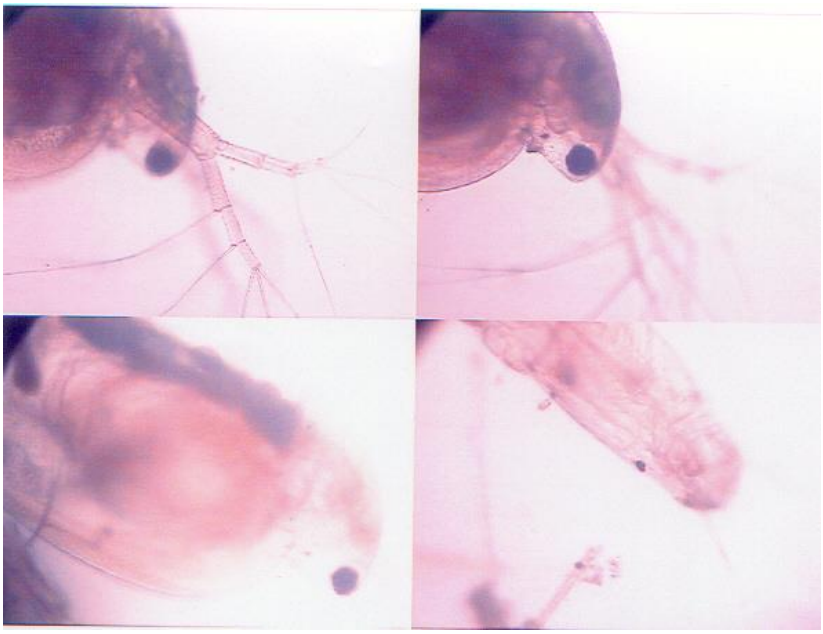


Bild 11

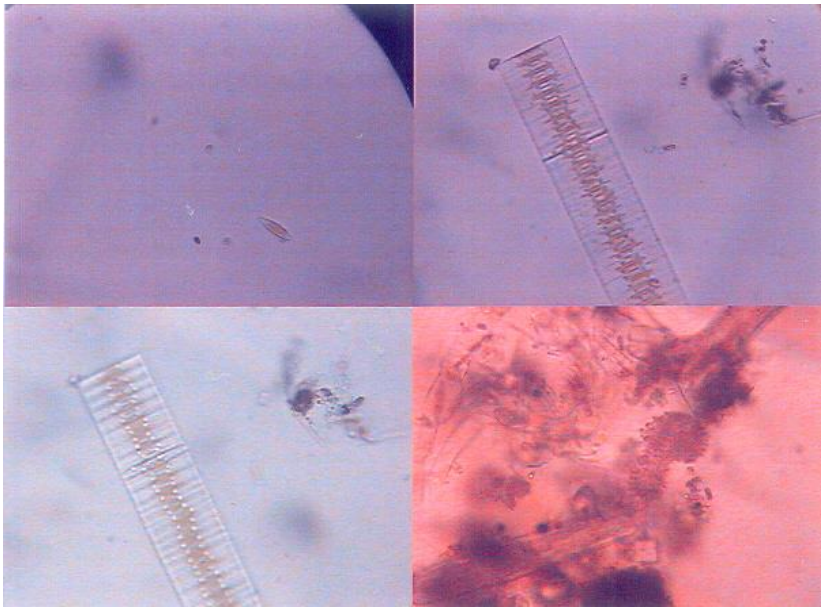


Bild 12