Niedersächsischer Landesbetrieb
für Wasserwirtschaft und Küstenschutz
- Betriebsstelle Aurich -

ehemals
Staatliches Amt für Wasser und Abfall Aurich

Ostfriesische Meere

Staatliches Amt für Wasser und Abfall
Aurich

Ostfriesische Meere

Staatliches Amt für Wasser und Abfall
Aurich

Untersuchung ausgewählter

Ostfriesischer Meere

Tannenhausener Kieskuhle
Ewiges Meer
Ottermeer
Sandwater
Uphuser Meer
Bansmeer

Inhalt

		Seite
1.	Einleitung	2
2.	Limnologie von Seen	4
2.1.	Wärmehaushalt	4
2.2.	Stoffhaushalt	5
2.3.	Eutrophierung von Seen	5
2.3.1.	Trophiesystem	6
2.4.	Lebensgemeinschaft der stehenden Gewässer	7
2.5.	Plankton	8
2.5.1.	Hauptgruppen des Phytoplanktons	8
2.5.2.	Hauptgruppen des Zooplanktons	9
3.	Untersuchungsprogramm	11
3.1.	Physikalische und chemische Untersuchungen	11
3.2.	Biologische Untersuchungen	12
3.3.	Ermittlung morphometrischer und hydrologischer Daten	12
3.4.	Witterungsverhältnisse im Untersuchungszeitraum	13
4.	Beschreibung der untersuchten Seen	16
4.1.	Tannenhausener Kieskuhle	14
4.2.	Ewiges Meer	20
4.3.	Ottermeer	25
4.4.	Sandwater	30
4.5.	Uphuser Meer	36
4.6.	Bansmeer	44

Die Kapitel 4.1. bis 4.6. sind wie folgt gegliedert:

Morphometrische und hydrologische Angaben
Entstehung
Nutzung
Wärmehaushalt
Stoffhaushalt
Phytoplankton
Zooplankton
Benthische Flora und Fauna
Zusammenfassung

5.	Zusammenfassung	50
6.	Literatur	51

1. Einleitung

Stehende Gewässer unterliegen vielfältigen, oft konkurrierenden Nutzungsansprüchen. Sie dienen einerseits wirtschaftlichen Zwecken, sind aber auch attraktiver Anziehungspunkt für Erholungssuchende.
Darüberhinaus sollen die Seen als Ökosysteme erhalten bleiben, die die Landschaft bereichern und bedrohte Pflanzen- und Tierarten beherbergen.
Demgegenüber führt die intensive Nutzung der Gewässer und ihrer Umgebung im Laufe der Jahre zur Eutrophierung (Nährstoffanreicherung) der Seen, die dadurch erheblich belastet werden.
Inwieweit die ostfriesischen Seen von dieser negativen Beeinflußung der Wasserqualität betroffen sind, soll diese Untersuchung klären.
Dazu wurden 6 "Meere", wie die stehenden Gewässer in Ostfriesland genannt werden, ausgewählt.
Es handelt sich dabei um das Ewige Meer, das Sandwater, die Tannenhausener Kieskuhle, das Ottermeer, das Uphuser Meer und das Bansmeer.
Sie unterscheiden sich in Größe, Lage, Form und Nutzung und reagieren daher unterschiedlich auf die zunehmende Eutrophierung.
Die Untersuchung befaßt sich in der Hauptsache mit dem Stoff- und Wärmehaushalt sowie dem Vorkommen von pflanzlichem und tierischem Plankton.
Diese Daten dienen zur Ermittlung des derzeitigen Trophiegrades und können als Grundlage für die weitere Nutzung, Pflege und Gestaltung der ostfriesischen Meere herangezogen werden.

Diese Broschüre wurde auf Umweltschutzpapier gedruckt

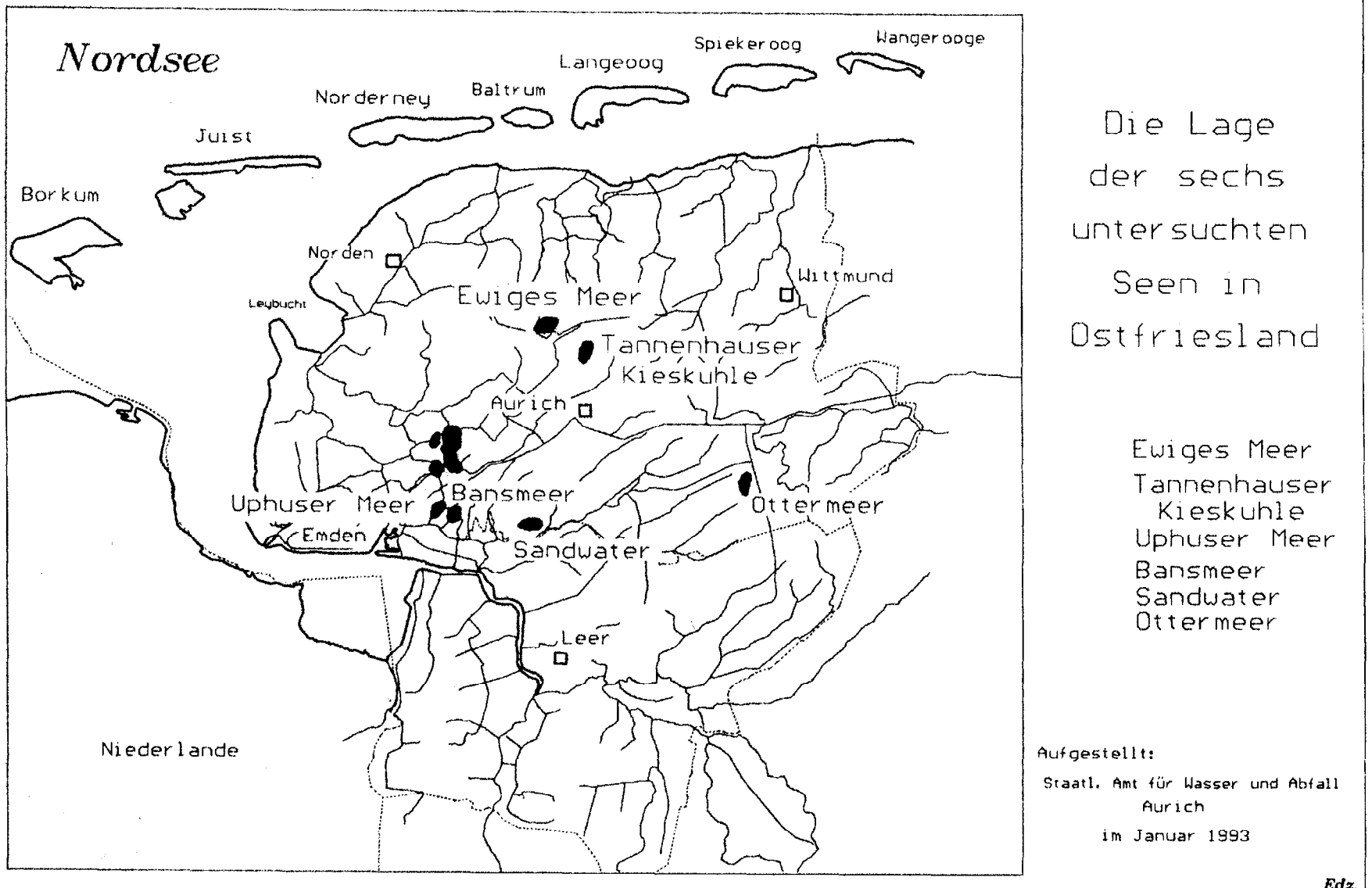
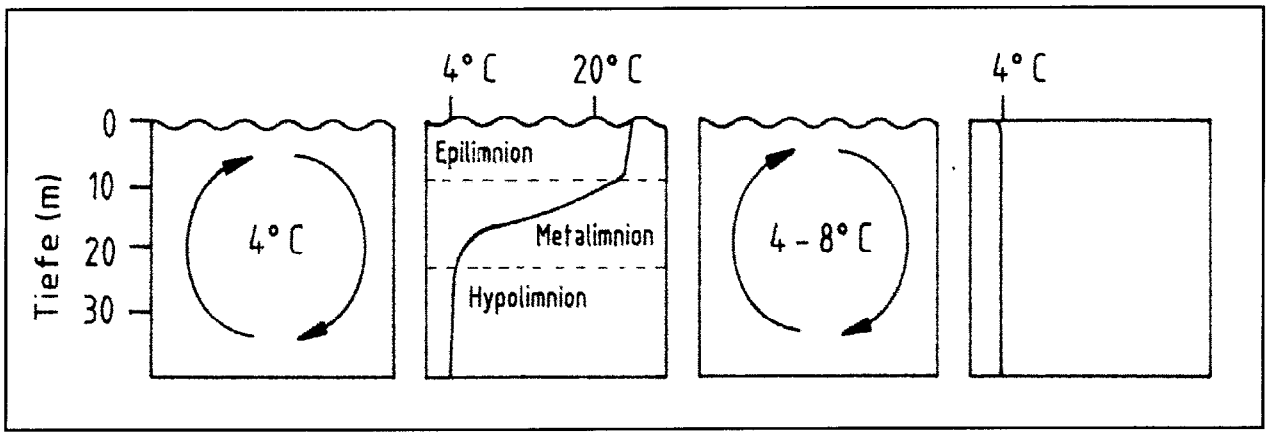


Abb. 1: Übersichtsplan Ostfriesische Meere

2. Limnologie von Seen

2.1. Wärmehaushalt

Die tiefen Seen unserer Breitengrade weisen im Jahresverlauf unterschiedliche Temperaturschichtungen auf.
Im Frühjahr kommt es zu einer Erwärmung des Oberflächenwassers, während das Tiefenwasser die niedrigen Temperaturen der Wintermonate behält.
Der Sommer bringt eine stärkere Ausprägung der Schichtung, so daß sich der Wasserkörper von der Temperatur und von den Dichteverhältnissen in drei abgegrenzte Bereiche teilt.
Die obere Schicht mit dem erwärmten Wasser wird als Epilimnion bezeichnet. Der mittlere Bereich, der eine starke Temperaturabnahme aufweist, nennt sich Metalimnion oder auch Sprungschicht, während das Tiefenwasser die Bezeichnung Hypolimnion hat.
Aufgrund der physikalischen Eigenschaft des Wassers, bei 4°C die größte Dichte zu haben und deshalb am schwersten zu sein, weist das Hypolimnion meistens diese Temperatur auf.
Die herbstlichen Stürme bei gleichzeitiger Abkühlung der Luft bewirkt eine Umwälzung der Wasserschichten, was zur Folge hat, daß die Temperaturen im gesamten Gewässer ungefähr gleich sind.
Eine weitere Schichtung erfolgt im Winter. Während oben die Temperaturen nahe 0°C sinken, befindet sich im Hypolimnion wieder das Tiefenwasser mit 4°C. (Abb.2)



Frühling Sommer Herbst Winter

Abb. 2: Temperaturschichtung im Jahresverlauf
(verändert n. LAWA, 1990)

2.2. Stoffhaushalt

Die Temperaturschichtung des Wasserkörpers bewirkt unterschiedliche Sauerstoff- und Nährstoffverhältnisse.
Das Tiefenwasser steht dann nicht mehr mit der atmosphärischen Luft in Verbindung. Die abgestorbenen Organismen sinken zu Boden und verbrauchen bei der Zersetzung Sauerstoff (O_2). In eutrophen Gewässern kann es dadurch zur völligen Aufzehrung des Sauerstoffes kommen. Wenn der O_2-Gehalt unter 10 % des Sättigungswertes sinkt, wird an Eisen gebundenes Phosphat aus dem Sediment freigesetzt, geht in Lösung und gelangt in das darüberstehende Wasser. Damit wird eine interne Düngung ausgelöst, die den Eutrophierungsprozeß beschleunigt.
Andererseits können die Nährstoffe, insbes. Phosphor, als wachstumslimitierende Faktoren auftreten, wenn sie von den Algen vollkommen aufgezehrt werden.

2.3. Eutrophierung von Seen

Als Trophie wird die Intensität der aufbauenden Stoffwechselleistungen der im Gewässer lebenden Organismen bezeichnet. Sie ist bestimmt durch die Menge und Verfügbarkeit der Pflanzennährstoffe.
Diese können schon bei geringsten Konzentrationen zu einer Massenentwicklung führen. Es reichen zum Beispiel schon 0,01 mg/l gel. Phosphat aus, um das Wachstum von 15 Mio. Zellen/l der Kieselalge Asterionella formosa zu ermöglichen.
Die wesentlichen ökologischen Folgen der Eutrophierung sind folgende:
- erhöhte Biomasseproduktion des Phytoplanktons und der Pflanzen
- bei schwacher Eutrophierung erhöhte Produktion von Fischnährtieren und Fischen und Abnahme des Anteils an anspruchsvollen Edelfischen
- Zunahme der Keimzahlen
- Verfärbung und Trübung des Wassers, dadurch Verringerung der Sichttiefe
- Änderung der Nährstoffumsetzung; das Sediment besitzt ein großes Bindungsvermögen für Phosphate, welches unter sauerstofffreien Verhältnissen zum Nährstofflieferanten wird. Deswegen können Sanierungsmaßnahmen sehr zeitaufwendig sein, da sich das belastete Gewässer noch lange Zeit selbst versorgt
- Sauerstoffschwund im Tiefenwasser und Bildung von stinkendem Schwefelwasserstoff; Fischsterben kann auftreten
- bei sehr hoher Nährstoffbelastung kann es zu Krautschwund infolge der starken Wassertrübung kommen. Dadurch kann z.B. in einem Flachsee die gesamte Unterwasservegetation absterben
- Veränderung des Artenbestandes an Pflanzen und Tieren. Meist setzen sich Blaualgen durch, die schlechter verwertbar sind
- "aufgeschlagene" Algenmassen, die sich im Uferbereich ablagern
- Schilfsterben durch Abbrechen der algenbehangenen Halme beim Wellenschlag

(Klapper, 1992; Uhlmann, 1988)

2.3.1. Trophiesystem

Für die stehenden Gewässer wird das folgende Trophiesystem verwendet:

Oligotroph :
* nährstoffarm
* gering produktiv
* Algenentwicklung gering
* Sichttiefe groß durch geringe Planktondichte
* Sauerstoffsättigung des Tiefenwassers am Ende der Stagnationsperiode noch über 70 %

Mesotroph:
* mäßig produktiv
* Algenentwicklung mäßig bei großer Artenvielfalt mit Maximum im Frühjahr
* Sichttiefe mittelgroß (> 2 m)
* Sauerstoffsättigung des Tiefenwassers am Ende der Stagnationsperiode zwischen 30 - 70 %

Eutroph:
* nährstoffreich
* hochproduktiv
* Algenentwicklung hoch
* Sichttiefe gering
* Algenblüten möglich
* oberste Wasserschicht zeitweise O_2-übersättigt
* Sauerstoffmangel im Tiefenwasser am Ende der Stagnationsphase

Polytroph:
(auch hypertroph)
* sehr nährstoffreich
* Sichttiefe nur wenige dm
* Algenblüten ganzjährig
* tagsüber O_2-Übersättigung in den obersten Wasserschichten, nachts O_2-Mangel
* im Tiefenwasser O_2- Mangel schon im Frühsommer
* Faulschlammbildung
* Freisetzung von Schwefelwasserstoff

Dystroph:
(nicht zugehörig zum Trophiesystem)
* Braunwassersee
* nährstoffarm
* gering produktiv
* starke Huminfärbung des Wassers
* Sichttiefe mäßig bis gering
* meist karbonatarm
* schwach bis mäßig sauer

(aus: LAWA, 1990)

Das Trophiesystem hat beschreibenden, keinen wertenden Charakter, denn tiefe Seen sind in der Regel ursprünglich oligotroph, während Flachseen natürlicherweise eutroph sind. Mit zunehmendem Alter unterliegen sie einer Nährstoffanreicherung.

2.4. Lebensgemeinschaften der stehenden Gewässer

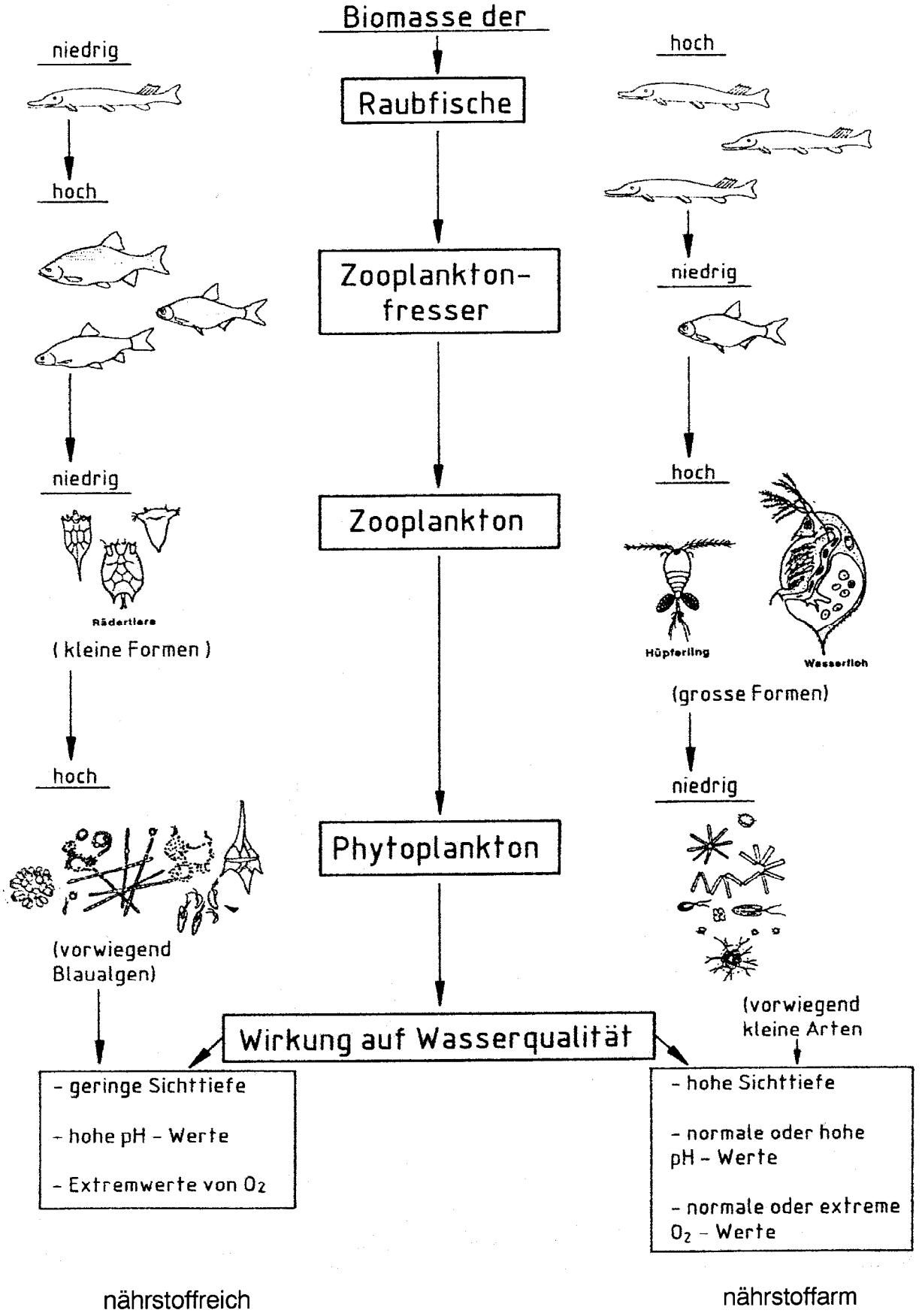


Abb.3: Vereinfachtes Schema eines nährstoffarmen und nährstoffreichen Sees (verändert n. Klapper, 1992)

Die wichtigsten Produzenten im Gewässer sind die Algen (Phytoplankton). Ihre Entwicklung ist abhängig vom Nährstoffangebot und Lichteinfall.
Die Lebensgemeinschaft eines oligotrophen Sees unterscheidet sich im wesentlichen von der eines eutrophen Sees. (Abb. 3)
Das Phytoplankton des nährstoffarmen Gewässers besteht vor allem aus kleinen Formen und Kieselalgen. Diese werden von Geißeltierchen gefressen, die wiederum von filtrierenden Wasserflöhen und Rädertieren aufgenommen werden.
Das nächste Glied in der Kette sind die Hüpferlinge und Edelfische, die sich hauptsächlich von den Wasserflöhen ernähren. Die Raubfische schließlich kontrollieren den Bestand der Edelfische. Dadurch wird das algenfressende tierische Plankton (Zooplankton) geschont und es kann im Sommer zu einem "Klarwasserstadium" kommen. Dieser Zustand ist erreicht, wenn die gesamte Algenpopulation vertilgt worden ist.
Die eutrophen Gewässer dagegen sind durch größere Algenformen gekennzeichnet. Es kommen vermehrt fädige oder koloniebildende Blaualgen vor, die von den Tieren schlecht verwertet werden können. Desweiteren werden vor allem Weißfisch- und Edelfischarten angetroffen, die bevorzugt größere Wasserflöhe fressen. Diese sind aber für die Dezimierung des Phytoplanktons zuständig, so daß es bei Abnahme des Wasserflohbestandes zu Algenblüten kommen kann.

2.5. Plankton

Als Plankton werden im Wasser frei schwebende, durch die Bewegung des Wassers transportierte Tiere und Pflanzen bezeichnet.
Das Plankton spielt im Ökosystem eines stehenden Gewässers eine wichtige Rolle. Nicht zuletzt läßt die Planktonanalyse eine grobe Einschätzung des Gewässerzustandes zu.
In den folgenden Kapiteln werden die wichtigsten Phyto- und Zooplanktonarten beschrieben.

2.5.1. Hauptgruppen des Phytoplanktons

Blaualgen (Cyanophyta)

Die Blaualgen haben ihre größte Verbreitung in eutrophen Seen. Dort können sie bei Massenvermehrung blaugrüne Gürtel am Uferrand bilden. Die Zellen sind oft zu Kolonien verbunden, die dann Größen von 0,4 mm erreichen können.
Einige Blaualgenarten sind in der Lage, Giftstoffe zu bilden, die bei Badenden Hautreizungen hervorrufen können.
Ein weiteres Charakteristikum einiger Blaualgen ist die Fähigkeit, Stickstoff zu binden.

Kryptomonaden (Cryptophyceae)

Kryptomonaden haben die Fähigkeit, sich wie Pflanzen und auch wie Tiere zu ernähren. Sie vermehren sich durch Zellteilung und bevorzugen kältere Gewässer. Mit 10 bis 80 μm sind sie relativ klein.
Zu erkennen sind die Kryptomonaden an zwei ungleich langen Geißeln, die aus einer Mundöffnung kommen.

Augenflagellaten (Euglenophyta)

Bei den Augenflagellaten können farblose und grüne Exemplare vorkommen. Allen gemeinsam ist eine Geißel, mit der sie sich vorwärtsbewegen, und ein roter Augenfleck. Sie sind um 0,1 mm lang und ihre Hauptverbreitung liegt in kleinen nährstoffreichen Gewässern. Bei starker Verunreinigung kann es zur Massenvermehrung kommen.

Kieselalgen (Diatomeen)

Kieselalgen sind durch ihre braungelbe Farbe gekennzeichnet und kommen in Größen zwischen 5 μm und 0,5 mm vor.
Jede Zelle ist von zwei Schalenhälften umgeben, die aus Kieselsäure aufgebaut sind. Das Optimum ihrer Entwicklung liegt um den pH-Wert von 7,5. Der weitaus größte Teil der Kieselalgen sind Salzwasserformen. Die Lichtansprüche sind bei den meisten Arten gering.

Grünalgen (Chlorophyta)

Die Grünalgen zählen zu der Algengruppe mit der höchsten Artenzahl, Sie weisen große Unterschiede im Aussehen auf, sind aber alle leuchtend grün. Ihre Größe kann von 3 μm bis zu 3 mm reichen.
Die meisten Grünalgen kommen in warmem und nährstoffreichem Wasser vor. Bei Massenvermehrung können sie eine starke Vegetationsfärbung des Wassers hervorrufen.

Zieralgen (Conjugatophyceae)

Diese Algengruppe zählt auch zu den Grünalgen und ist, wie der Name schon sagt, durch ihre besonders schönen Formen gekennzeichnet. Sie bevorzugen in der Regel Gewässer mit niedrigem pH-Wert und meiden Salzwasser. Es können große Arten bis 0,7 mm vorkommen.

2.5.2. Hauptgruppen des Zooplanktons

Wimpertiere (Ciliata)

Wimpertiere sind die am höchsten entwickelten Einzeller, deren Körper von Wimpern umgeben sind. Durch diese Cilien können sie sich vorwärtsbewegen und Nahrung zur Mundöffnung transportieren. Die Formen und Lebensweise der Ciliaten sind sehr unterschiedlich. Hauptsächlich besteht ihre Ernährung aus Bakterien, Algen und Rädertieren. Die meisten Ciliaten sind um 0,1 mm groß. Es kommen aber auch Arten von über 1 mm Länge vor.
Die Vermehrung erfolgt entweder durch Teilung oder geschlechtlich.
Der bekannteste Vetreter ihrer Art ist das Pantoffeltierchen.

Rädertiere (Rotatoria)

Die Rädertiere gehören zu der Gruppe der Würmer. Zu erkennen sind sie an dem aus Wimpern bestehenden Räderorgan, welches kranzförmig die Mundöffnung umschließt. Die Größe der einzelnen Arten variiert von 50 μm bis 2,5 mm. Die Nahrung setzt sich aus Algen, Pflanzen, Detritus und anderen Rädertieren zusammen.
Die Rädertiere haben ein sehr komplexes System der Fortpflanzung, das von Jahreszeit und Umwelteinflüssen abhängig ist.

Wasserflöhe (Cladocera)

Zu den Krebstieren gehörend, kommen die Wasserflöhe (auch Blattfußkrebse genannt) in fast allen Gewässern vor. Sie spielen eine wichtige Rolle als Fischnahrung. Ihr eigenes Futter besteht aus Algen, Bakterien und Detritus.Die Vermehrung folgt einem, von der Jahreszeit abhängigen Lebenszyklus.
Viele Wasserfloharten sind in der Lage, ihre Gestalt im Verlaufe eines Jahres zu verändern. Manche Arten sind recht groß (10 mm) und können mit bloßen Auge erkannt werden.

Ruderfußkrebse (Copepoda)

Die auch als Hüpferlinge bezeichneten Ruderfußkrebse kommen im Meer- wie auch im Süßwasser vor. Sie unterscheiden sich von den Wasserflöhen durch eine deutliche Untergliederung des Körpers in 3 Teile. Charakteristisch sind auch die Antennen, die als Sinnesorgane fungieren. Die meisten Arten sind 1 bis 2 mm groß.
In ihrer Entwicklung durchlaufen die Ruderfußkrebse 12 Stadien, die jeweils durch eine Häutung getrennt sind.
Die Hüpferlinge unterteilen sich in Räuber und Pflanzenfresser.

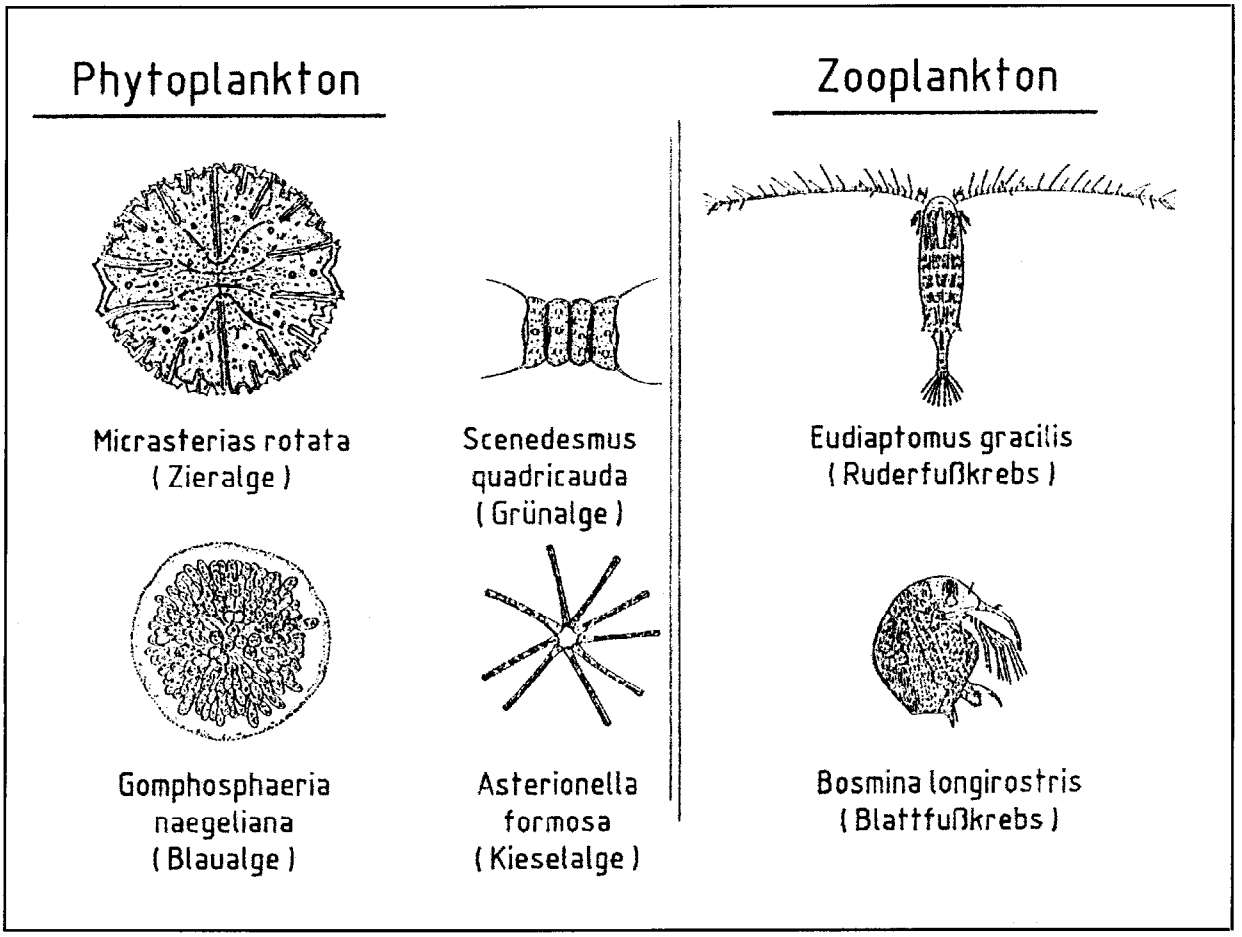


Abb. 4: Typische Vertreter des Zoo- und Phytoplanktons in ostfriesischen Meeren (aus Streble/Krauter, 1985)

3. Untersuchungsprogramm

Das Untersuchungsprogramm erstreckte sich über einen Zeitraum von 2 Jahren, wobei die Probenahmen von Juni 1991 bis September 1992 erfolgten. Dazu wurde einmal im Monat mit einem Schlauchboot zur, falls vorhanden, tiefsten Stelle des zu beprobenden Gewässers gefahren. Dort wurden die Sofortmessungen durchgeführt und die Wasserproben aus den einzelnen Schichten genommen.
Die Aufbereitung der Wasserproben zur weiteren chemischen Untersuchung erfolgte gleich im Anschluß an die Probenahme im Laborbus. Dort wurden die Proben z.T. filtriert, angesäuert und bis zur weiteren Verwendung kühl gelagert.

3.1. Physikalische und chemische Untersuchung

Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Leitfähigkeit wurden vor Ort pro Meter Wassertiefe gemessen.
Desweiteren wurde die Sichttiefe festgestellt und eine Einschätzung der Färbung und Trübung des Wassers vorgenommen.
Die Messung des Säurebindungsvermögens konnte im Laborbus erfolgen.
Die chemischen Parameter Gesamt-Phosphat, ortho-Phosphat, Ammonium, Nitrat, Nitrit und Silikat sowie gelöstes Eisen, Sulfat, Gesamt-Härte, chem. Sauerstoffbedarf (CSB) und Chlorophyll wurden im Labor des StAWA Aurich bestimmt.
Zum besseren Verständnis wird im folgenden auf die wichtigsten Parameter eingegangen.
PH-Wert: Der pH-Wert gilt als Maß für den Gehalt an Wasserstoffionen in einer wässrigen Lösung.
Während saures Wasser, z.B. Moorwasser, einen pH-Wert von kleiner als 7 hat, ist der pH-Wert eines basischen Gewässers, wie z.B. Meerwasser, größer als 7.
Leitfähigkeit: Die Leitfähigkeit, hier bezogen auf 25 °C, ist ein Maß für die im Wasser gelösten Salze. Aus den Werten kann der Gesamtsalzgehalt ermittelt werden.
Sauerstoff: Sauerstoff gelangt aus der atmosphärischen Luft und durch Photosynthesetätigkeit der pflanzlichen Organismen in das Wasser. Sauerstoffzehrende Prozesse erfolgen durch mikrobiellem Abbau von totem organischen Material.
Die Sauerstoffsättigung gibt an, wieviel % Sauerstoff im Wasser gelöst ist.
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB): Die Menge an Sauerstoff, die zum vollständigen Umbau organischer Stoffe zu CO_2 und H_2O gebraucht wird, wird als Chemischer Sauerstoffbedarf bezeichnet.
Durch die in Moorgewässern natürlicherweise vorkommenden Huminsäuren kann es zu einer Erhöhung des CSB's kommen, was aber keinen nachteiligen Einfluß auf die Wasserqualität hat.
Stickstoff: Zu den bedeutendsten Stickstoffverbindungen in einem Gewässer gehören Ammonium (NH_4), Nitrat (NO_3) und Nitrit (NO_2).
Während Ammonium und Nitrat für die Pflanzen und Algen die wichtigsten Nährstoffe darstellen, entsteht Nitrit als Zwischenprodukt von Umsetzungsprozessen an Stickstoffverbindungen. Es gilt als starkes Fischgift und kommt in unverschmutzten Gewässern nur in geringen Konzentrationen vor.
NO_3 und NH_4 gelangen durch häusliche und landwirtschaftliche Abwässer in die Gewässer und tragen dadurch zur Eutrophierung bei.
Bei hohen pH-Werten, wie sie bei Algenblüten auftreten können, erfolgt eine Umwandlung von Ammonium in giftiges Ammoniak.
Bei den in diesem Bericht angegebenen Werten handelt es sich um mg/l NH_4-, NO_3- bzw. NO_2-Stickstoff.
Phosphor: Zwei Phosphorverbindungen sind in dieser Untersuchung gemessen worden: das gelöste anorganische Phosphat (PO_4), das bevorzugt von Phytoplankton aufgenommen wird und das Gesamt-Phosphat, zu dem auch in Organismen festgelegter und an mineralische Schwebstoffe gebundenes Phosphat zählt.
Diese Phosphorverbindungen gelangen durch landwirtschaftliche Flächen und

Abwässer aus Industrie und Haushalt in die Gewässer und haben hier, wie im Boden, düngenden Effekt.
Darüberhinaus kann sich Phosphat im Sediment eines Sees ablagern oder geht mit Eisen eine Verbindung ein. Werden die Wasserschichten über dem Seeboden sauerstoffarm, was in einem eutrophen See im Sommer leicht vorkommt, geht das Phosphat in Lösung und sorgt zusätzlich für eine Düngung des Wassers.
In der Einteilung der stehenden Gewässer in das Trophiesystem spielen die Gesamtphosphatgehalte eine wichtige Rolle.
Die Werte sind in mg/l Phosphor angegeben.
Silikat: Silikat ist für die Kieselalgen (Diatomeen) von Bedeutung, weil es zum Aufbau ihrer Kieselschalen benötigt wird. Im Frühling und im Herbst treten besonders viele Diatomeen auf, die das im Wasser gelöste Silikat aufbrauchen. Danach kommt es zum Zusammenbruch der Kieselalgenpopulation und es kann sich wieder Silikat im Wasser anreichern. Die angegebenen Werte beziehen sich auf mg/l SiO_2.
Chlorophyll: Chlorophyll (genauer Chlorophyll a), der grüne Blattfarbstoff, ermöglicht den Pflanzen und Algen, Photosynthese zu betreiben. Der Gehalt an Chlorophyll in einem Gewässer sagt etwas über die Menge der vorkommenden Algen aus.
Als Einteilungskriterium in das Trophiesystem ist der Blattfarbstoff von Bedeutung.

3.2. Biologische Untersuchung

Die biologischen Untersuchungen umfaßten die Bestimmung des Phyto- und Zooplanktons, der Benthalbewohner und die Erfassung der wichtigsten Vertreter der Ufervegetation.
Dabei wurde das Zooplankton mit einem Planktonnetz gefangen. Das Benthon, (die Wirbellosenfauna), das in den Sedimenten des Uferbereiches siedelt, wurde mit einer Dredge und einem Sieb gesammelt.
Die Bestimmung der Arten erfolgte im biologischen Labor mit Hilfe eines Mikroskopes.
Die einzelnen Planktonarten wurden nach Häufigkeit geschätzt.

3.3. Ermittlung morphometrischer und hydrologischer Angaben

Größte Länge, größte Breite und Uferlänge der Gewässer wurde kartographisch bestimmt. Die Seeoberfläche wurde planimetrisch ermittelt.
Die Tiefenmessungen erfolgten vom Boot aus mit einem Echopiloten.
Mit den ermittelten Daten konnte das Seevolumen, die Uferentwicklung und der Umgebungsfaktor errechnet werden.
Im folgenden werden die einzelnen morphometrischen und hydrologischen Begriffe kurz erklärt:
Mischungsverhalten: Dimiktisch bedeutet, daß ein See zweimal im Jahr durchmischt ist. Eine holomiktische Zirkulation erfaßt die gesamte Wassersäule. Ein polymiktischer See zirkuliert mehrmals im Jahr.
Einzugsgebiet: Das ist das Gebiet, aus dem Wasser dem jeweiligen Gewässer zufließt.
Uferentwicklung: Als Uferentwicklung wird das Verhältnis der Uferlänge eines Sees zum Umfang eines flächengleichen Kreises bezeichnet. Durch sie wird deutlich, wie der See bzw. die Uferzone in die umgebende Landschaft eingebunden ist.
Umgebungsfaktor: Dieser Faktor steht für das Verhältnis der Landfläche des Einzugsgebietes zur Seeoberfläche. Je größer der Umgebungsfaktor, desto größer der Einfluß der Umgebung auf die Trophie des Sees.

3.4. Witterungsverhältnisse im Untersuchungszeitraum

Den Witterungswerten von Aurich und Emden zugrundegelegt, stellten sich die beiden Untersuchungsjahre 1991 und 1992 folgendermaßen dar: Die ersten 4 Monate des Jahres 1991 sind im Vergleich zum langjährigen Mittel durch geringe Niederschläge gekennzeichnet. Der erste Untersuchungsmonat, Juni 1991, ist kalt und regnerisch, während die nachfolgenden Monate höhere Temperaturen und Trockenperioden aufweisen. Die letzten Monate des Jahres 1991 sind im Durchschnitt kälter als üblich und es kommt zeitweise zu Eisbildung.
Vom Januar bis August 1992 sind die Temperaturen höher als das langjährige Mittel. Die Niederschläge sind im Frühjahr zwar reichlich, im Sommer sinken die Werte aber weit unter den Durchschnitt. Durch die starke Verdunstung kommt es teilweise zu Trokkenschäden an den Pflanzen.

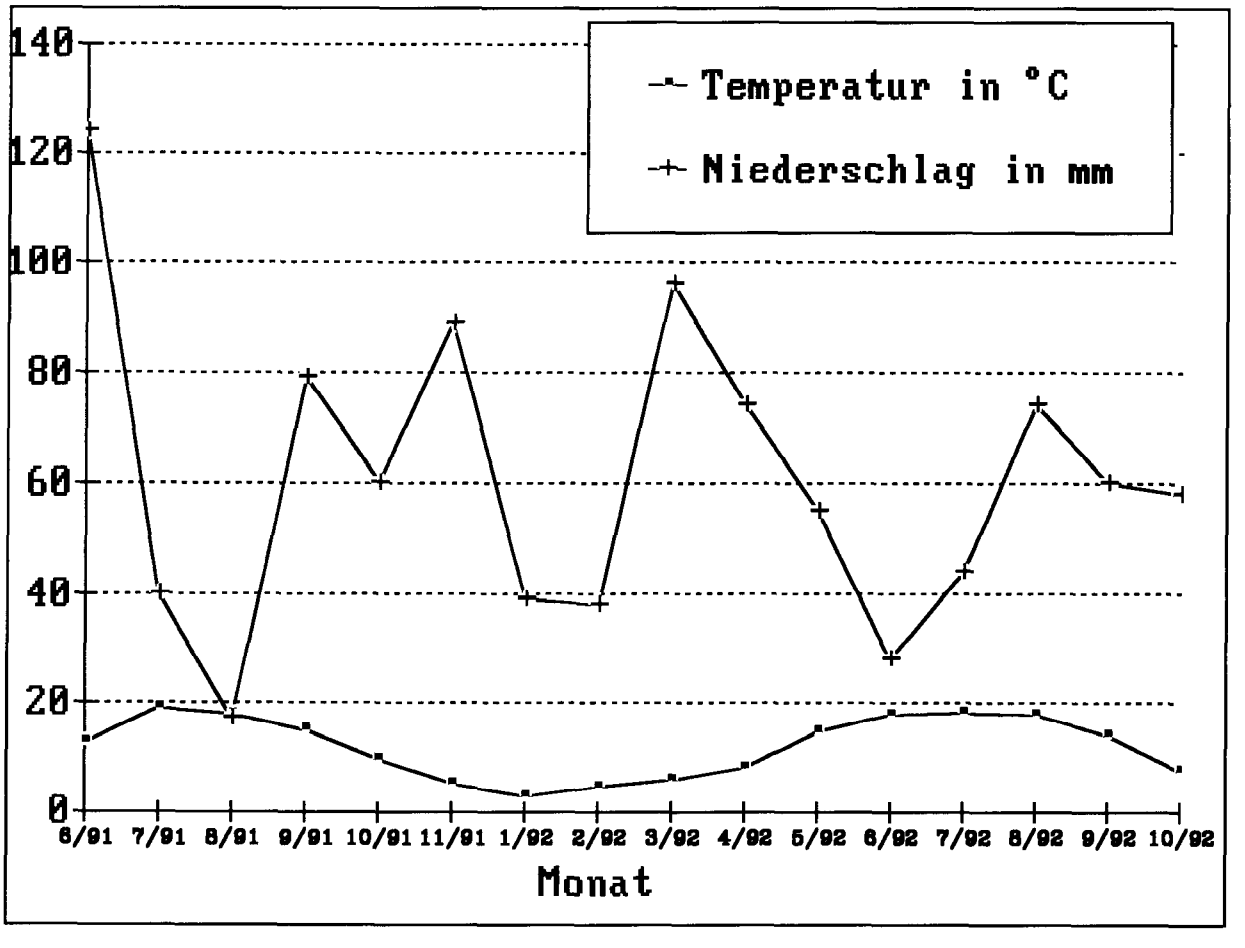


Abb. 5: Niederschläge und Temperatur im Untersuchungszeitraum 1991/92 (Emden)

Tannenhausener Kieskuhle

Abb. 6: Luftaufnahme Tannenhausener Kieskuhle

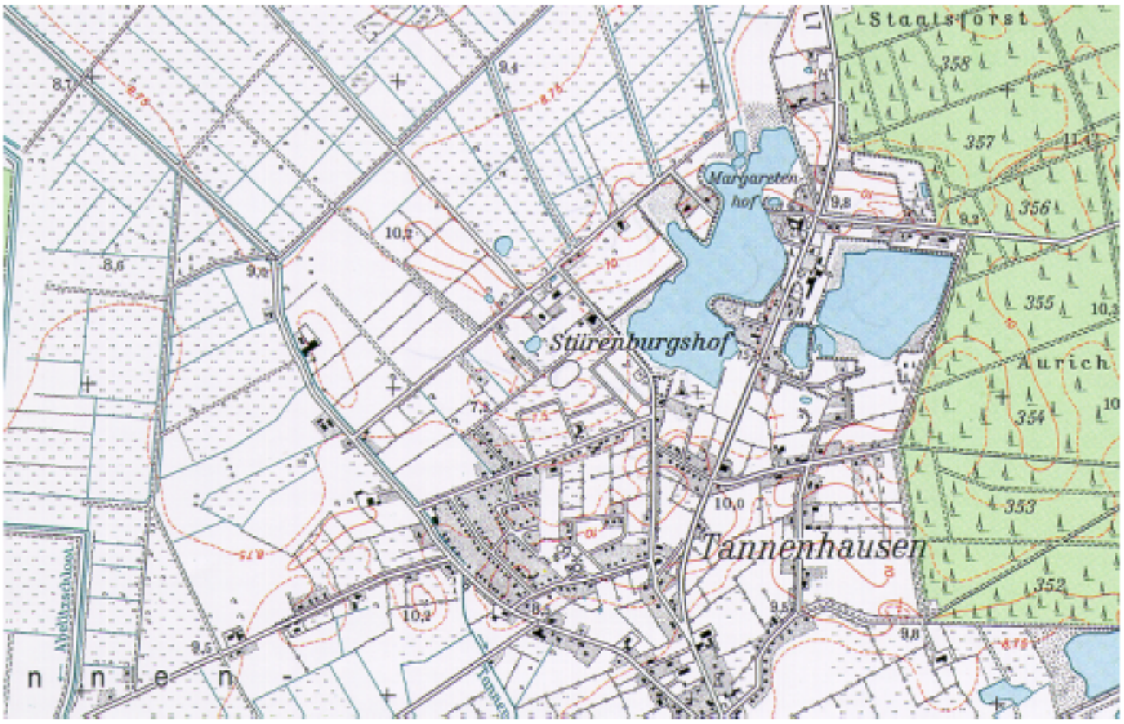


Abb. 7: Tannenhausener Kieskuhle, Ausschnitt aus TK 2410 1:25000

4. Beschreibung der untersuchten Seen

4.1. Tannenhausener Kieskuhle

Morphometrische und hydrologische Angaben

Geographische Lage:	H 5933, R 2598
Topographische Karte:	2410 Westerholt TK 25000
Mischungsverhalten:	dimiktisch, holomiktisch
Höhe:	10 m ü. NN
Oberfläche:	19,7 ha
Volumen:	ca. 1520000 m^3
Tiefe, max.:	19 m
Tiefe, mittl.:	8 m
Größte Länge:	875 m
Größte Breite:	400 m
Einzugsgebiet:	--
Uferlänge:	2,6 km
Uferentwicklung:	1,7
Trophiegrad:	mesotroph

Entstehung

Die Ausbaggerung der Kieskuhle, die sich in der Nähe der Stadt Aurich befindet, begann 1949/50. Der Sand wurde zum Emder Hafenausbau verwendet. Ca. 1990 wurde die Förderung eingestellt und damit begonnen, den See für Erholungszwecke umzugestalten.
Zusammen mit einer weiteren Kieskuhle, die sich östlich davon befindet, liegt dieser See auf einem Geestrücken. Es bestehen keine oberirdischen Zu- oder Abflüsse.

Nutzung

Zur Zeit wird das Gelände um die Kieskuhle westlich der Straße zum Naherholungsgebiet umgestaltet. Ein Campingplatz an der Südseite, wo sich auch der Badestrand befindet, besteht schon seit mehreren Jahren. In Planung bzw. bereits fertiggestellt sind ein Mehrzweckgebäude, eine Grillhütte, Parkplätze und ein Hotel. Für den Strandbereich wurde Sand aufgeschüttet. Da die Ufer sehr steil abfallen, ist ein Flachwasserbereich für Kleinkinder geplant.
Die Fischzuchtanlage im nordwestlichen Bereich des Sees war bis Februar 1992 im Betrieb. Die Fische, vor allem Forellen, wurden in Käfigen in der Kieskuhle und in kleinen Teichen in der Nähe des Sees gehalten. Diese Gewässer hatten durch Rohre Verbindung mit dem See. Nach Abbau der Käfige soll dieses Gebiet renaturiert werden.
Der nördliche Bereich der Tannenhausener Kieskuhle darf vom BVO-Fischereiverband beangelt werden. Seit 1992 besteht ein grundsätzliches Angelverbot während der Raubfischschonzeit vom 1. Januar bis 30. April jeden Jahres.
Umgeben ist die Tannenhausener Kieskuhle von Grünland, Weideland und Ackerflächen, auf denen teilweise Mais angebaut wird.
Die wenigen Ansiedlungen sind an eine Ringkanalisation angeschlossen.

Wärmehaushalt

Da die Tannenhausener Kieskuhle mit ihrer Maximaltiefe von 19 m ein relativ tiefes Gewässer ist, konnte sich vom Mai bis zum Ende der Untersuchung (September) eine thermische Schichtung ausbilden (Abb. 8). Während der Herbststürme im Oktober erfolgt die Durchmischung, die eine gleichmäßige Temperaturverteilung im ganzen Wasserkörper bewirkt. Im Winter schwanken die Wassertemperaturen um 3-5 °C.

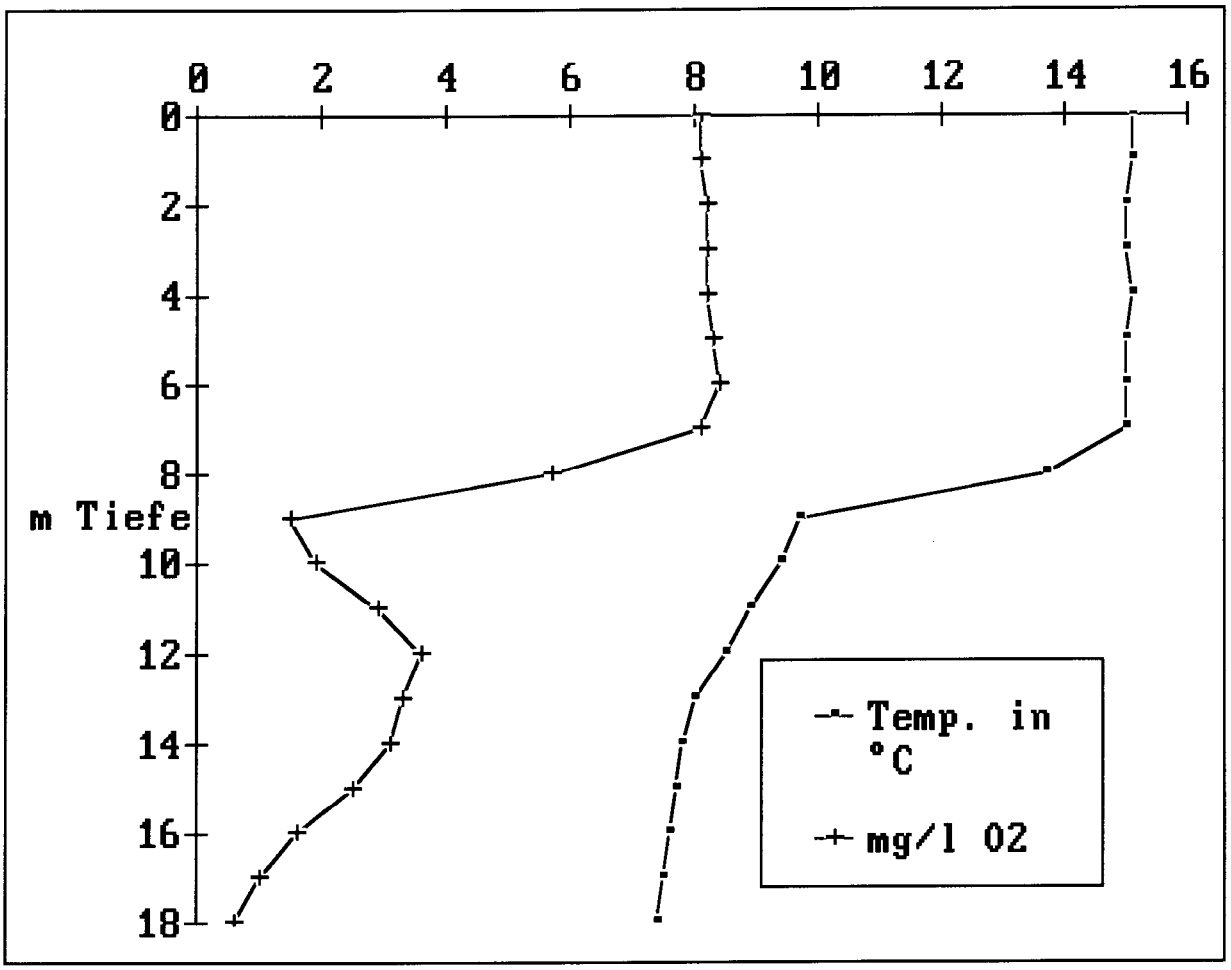


Abb. 8: Temperatur- und Sauerstoffschichtung in der Tannenhausener Kieskuhle (September 1992)

Stoffhaushalt

Die Sauerstoffverhältnisse sind im Sommer 1991 gut. Es kommt weder zu Sauerstoffübersättigungen in den oberen Wasserschichten, noch zu totalem O_2 - Schwund im Hypolimnion.
In dem niederschlagsarmen Untersuchungsjahr 1992 sind am Ende der Sommerstagnation ab 9 m Wassertiefe so niedrige Sauerstoffwerte festgestellt worden, daß Fische in den Bereichen nicht überleben können (Abb. 8).
Auffällig war, daß die schwebenden Tonteilchen, die das Wasser milchigtrüb erscheinen ließen, im Sommer 1992 abzusinken begannen. Dadurch erhöhte sich die Sichttiefe von sonst 30 cm auf max. 110 cm im Juli 92. Die Sichttiefe wurde also nicht von der Planktondichte bestimmt, sondern durch die Mineraltrübe beeinflußt.
Der pH-Wert des Wassers liegt im neutralen bis leicht alkalischen Bereich. Ein Ansteigen der Werte auf einen maximalen Wert von pH 8,8 ist im Juli '92 aufgrund vermehrter Algenproduktion festzustellen. Die Werte im Hypolimnion gehen dabei auf Minimalgehalte von 6,6 zurück.
Die Tannenhausener Kieskuhle ist mit einer Leitfähigkeit von rund 254 μS/cm ein recht elektrolytarmes Gewässer. Das zeigt sich auch an den Hydrogencarbonatwerten (rund 33 mg/l) und den Sulfatgehalten (durchschnittlich 33 mg/l SO_4), die auf weiches Wasser schließen lassen.

Werden die Phosphatwerte betrachtet, sind im Jahresverlauf stark schwankende Gehalte festzustellen. Während der Sommerstagnation sind im Tiefenwasser meist höhere Phosphatwerte festgestellt worden, eventuell durch absinkende Algen verursacht.
Die Gehalte am Gesamt-Phosphat schwanken zwischen 0,01 und 0,26 mg/l P. Ortho-Phosphat weist Werte zwischen 0,01 und 0,08 mg/l P auf.
Da der See keine Zuflüsse hat, kann die Phosphatbelastung einerseits durch Abschwemmung von landwirtschaftlichen Flächen oder/ und durch Lufteintrag verursacht sein. Der durchschnittliche Phosphorgehalt im Niederschlag in Deutschland beträgt 0,05 mg/l.
Beim Nitrat zeigen sich das ganze Jahr über relativ gleichbleibende Werte von durchschnittlich 2 mg/l N.
Ammonium weist mit maximal 0,06 mg/l N die niedrigsten Werte im Vergleich zu den übrigen Seen auf.
Silikat reichert sich im Tiefenwasser an, was durch die höheren Werte im Hypolimnion bestätigt werden konnte. Kieselalgen, für die Silikat ein wichtiger Nährstoff ist, sind vom Juni 91 bis März 92 vermehrt vorgefunden worden. Ab dem Zeitpunkt sank der Silikatgehalt von ca. 0,3 mg/l auf unter 0,1 mg/l SiO_2 im Epilimnion ab. Dadurch kam es zu einem Rückgang der Diatomeenpopulation, die sich aber zum Herbst wieder erholte, als die Silikatwerte wieder anstiegen.
Während die Stickstoffparameter noch relativ geringe Gehalte aufweisen, sind die Gesamt-Phosphatwerte so hoch, wie sie für eutrophe Seen typisch sind. Die Produktion ist dagegen niedrig und die Sauerstoffversorgung auch der tieferen Schichten gut. So ist die Tannenhausener Kieskuhle als mesotroph zu bezeichnen. Die teilweise auftretenden Algenwatten an den Ufern weisen allerdings auf eine Eutrophierung des Gewässers hin.

Phytoplankton

Im Vergleich zu anderen Seen ist der Artenreichtum der Tannenhausener Kieskuhle mit 59 Arten nur mäßig.
Die Gruppe der Grünalgen stellte dabei mit 21 Phytoplanktonformen den größten Anteil.
Mengenmäßig war allerdings eine Kieselalgenart, die sternenförmige Asterionella formosa (siehe Abb. 4), vorherrschend. Ihr Erscheinen war, im Gegensatz zu den anderen Algenarten, sehr häufig. Dies änderte sich im Mai 92. Ab dem Zeitpunkt trat Asterionella nur noch vereinzelt auf. Gleichzeitig erhöhte sich die Sichttiefe von sonst 30 cm auf schließlich 110 cm. Was war geschehen? Im letzten Untersuchungsjahr begannen sich die Tonteilchen zu setzen. Das machte sich nicht nur bei der zunehmenden Sichttiefe bemerkbar, sondern auch bei der Farbe des Gewässers. Sie wechselte von lehmiggelb zu grünlich. Entweder ist Asterionella in die Tiefe abgewandert oder ihr Bestand ist aufgrund des größeren Lichteinfalls zurückgegangen. Auf alle Fälle ließ sie ein recht individuenarmes Gewässer zurück. Aufgrund der schon immer vorhandenen hohen Bestandsdichte an Zooplankton stellte sich fast ein Klarwasserstadium ein, denn im Juni wurde nur noch wenig Phytoplankton gefunden. Erst im September bei der letzten Probenahme konnte sich die Algenpopulation wieder erholen.
Die sehr geringen Chlorophyllwerte von durchschnittlich 2,6 μg/l weisen ebenfalls darauf hin, daß es sich um ein phytoplanktonarmes Gewässer handelt, was sicherlich auch auf den bis Mai 92 vorherrschenden geringen Lichteinfall zurückzuführen ist, denn die Nährstoffgehalte lassen durchaus ein gutes Algenwachstum zu.
Planktonproben, die vom Ufer genommen wurden, ergaben eine andere Algenzusammensetzung. Hier wurden vor allem Blaualgen gefunden, die für eutrophe Seen typisch sind.

Zooplankton

Während der Artenreichtum beim Phytoplankton nur gering ist, sieht das beim Zooplankton ganz anders aus. Mit 32 Zooplankton-Arten gehört die Tannenhausener Kieskuhle damit zu den Spitzenreitern bei den untersuchten Seen. Die Rädertiere bilden dabei die größte Gruppe.

Benthische Flora und Fauna

Die sandigen Ufer der Tannenhausener Kieskuhle werden teilweise als Badestrand benutzt und weisen dort keine Vegetationsbesiedlung auf.
Auch der Seeboden besteht aus feinkörnigem, eisenhaltigem Sand.
In einer kleinen Bucht am nordwestlichen Ufer ist ein Schilfgürtel entstanden. Zwischen den Halmen findet sich die unverzweigte Fadenalge Cladophora spec. An einigen ruhigen und seichten Stellen hat sich eine Armleuchteralge angesiedelt, Nitella gracilis. Sie kommt zusammen mit verschiedenen Laichkräutern vor.
Am Nordufer unterhalb der Zufahrtsstraße befindet sich ein Streifen Typha latifolia, der Rohrkolben.
Am Rundwanderweg direkt am See stehen teilweise Gehölzstreifen.
Die restliche Ufervegetation ist größtenteils angepflanzt.
Das Benthos ist sehr artenarm. Außer Schnecken und Zuckmücken sind bei der stichprobenartigen Untersuchung keine weiteren Arten ermittelt worden. Das Ufer der Kieskuhle bietet dem Benthos einen ungünstigen Lebensraum. Nur da, wo Steine und Bauschutt am Gewässerrand abgelagert wurden, ist es den wenigen Arten möglich, sich anzusiedeln. In den ruhigeren Buchten konnte zwischen den Armleuchteralgen Schwämme und Süßwasserpolypen festgestellt werden.

Zusammenfassung

- starke Trübung des Gewässers durch schwebende Tonpartikel
- ab Mai 1992 Zunahme der Sichttiefe durch Absinken der Tonpartikel
- im allgemeinen gute Sauerstoffversorgung auch der tieferen Wasserschichten
- pH-Werte im neutralen bis leicht alkalischen Bereich
- Algenwachstum vermutlich lichtlimitiert
- elektrolytarmes Gewässer
- gleichbleibende Nitratwerte im Jahresverlauf
- niedrige Ammoniumwerte
- Anreicherung von Phosphat im Tiefenwasser
- vermehrtes Vorkommen von Asterionella formosa, einer Kieselalge, von Juni 1991 bis Mai 1992
- mäßiger Phytoplanktonbestand
- artenreichster Zooplanktonbestand aller untersuchten Seen
- die Tannenhausener Kieskuhle ist als mesotroph einzustufen

Ewiges Meer

Abb. 9: Luftaufnahme Ewiges Meer (Foto: Kolde)

Abb. 10: Ewiges Meer, Ausschnitt aus TK 2410, 1:25000

4.2. Ewiges Meer

Morphometrische und hydrologische Angaben

Geographische Lage:	R 2595, H 5936
Topographische Karte:	2410 Westerholt TK 25000
Mischungsverhalten:	polymiktisch
Höhe:	8,6 m ü. NN
Oberfläche:	91 ha
Volumen:	ca. 1092000 m^3
Tiefe: max.:	1,80 m
Tiefe: mittl.:	1,20 m
Größte Länge:	1675 m
Größte Breite:	837 m
Einzugsgebiet:	--
Ufer:	4,5 km
Uferentwicklung:	1,3
Trophiegrad:	dystroph

Entstehung

Das Ewige Meer bei Aurich ist mit 91 ha der größte Hochmoorsee Deutschlands. Seit 1939 ist es mit dem angrenzenden Moorgebiet ein Naturschutzgebiet, welches zuletzt im Jahre 1990 auf ca. 1180 ha erweitert wurde.
Die Entstehung dieses Sees erfolgte höchstwahrscheinlich durch ein Zusammenwachsen des Meerhusener, des Tannenhausener und des Berumerfehner Moores, in deren Mitte eine offene Wasserfläche erhalten blieb. Aufgrund des undurchlässigen Untergrundes sammelte sich das Niederschlagswasser. Ein weiteres Verlanden wurde durch die starken, in Südwest- Nordost- Richtung wehenden Winde verhindert.
Das Ewige Meer liegt auf einem Geestrücken und hat keine Zu- oder Abflüsse.

Nutzung

Das Naturschutzgebiet ist vor allem im Sommer starker Anziehungspunkt für Touristen. Zur Lenkung des Besucherstromes wurde ein ca. 1900 m langer Bohlenweg angelegt, der zum Nordufer des Sees führt und auf dem Rückweg durch das Moor leitet. Ein gepflasterter Parkplatz mit Toilettenhäuschen steht den Besuchern zur Verfügung.
Ein Ausübung der Fischerei findet im NSG nicht statt. Der niedrige pH-Wert läßt einen für die fischereiliche Nutzung bedeutsamen Fischbestand nicht aufkommen.
Die Jagd in diesem Gebiet ist weiterhin erlaubt.
Die dem Moorgebiet angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen bestehen hauptsächlich aus Mähweiden oder Wiesen, die unter bestimmten Auflagen bewirtschaftet werden.
Der Grundgedanke ist dabei, daß die kultivierten Grünlandgebiete als Lebensraum für Lebensgemeinschaften des feuchten Grünlandes gesichert werden sollen. Weiterhin dienen sie als Abstandszone zwischen den empfindlichen Regenerationsgebieten und der intensiv genutzten umgebenden Kulturlandschaft.
Die unkultiviert verbliebenen Teilgebiete sollen hingegen der Hochmoorregeneration zur Verfügung stehen.
Seit 1982 laufen Pflegemaßnahmen, um den hochmooreigenen hohen Wasserstand wieder herzustellen (Wiedervernässung) und die empfindlichen Hochmoorkomplexe vom Tourismus abzuschirmen.

Wärmehaushalt

Da das Ewige Meer sehr flach ist, kann es keine thermische Schichtung ausbilden.

Stoffhaushalt

Durch seine Größe und ungeschützten Lage wird das Ewige Meer durch den Wind leichter durchmischt, was eine starke Sauerstoffanreicherung des Wassers mit sich bringt. Daher werden nur geringe Sauerstoffschwankungen festgestellt. Nur bei wärmeren Perioden kann es zu einer leichten O_2-Über- bzw. Untersättigung kommen (68 bis 114% O_2).
Die Sichttiefe ist hier kein Maß für die Planktonproduktion, sondern zeigt an, wie stark das Sediment aufgewirbelt worden ist. Auch die dunkelbraune Eigenfärbung des Wassers spielt hierbei eine Rolle.
Die pH-Werte liegen, wie es für ein Moorgewässer normal ist, um pH 4.
Bei Betrachtung der Ges.-Phosphatwerte fallen die relativ hohen Konzentrationen auf (0,03 bis 0,28 mg/l P), obwohl die heutige Beeinflußung durch landwirtschaftliche Flächen gering und Hochmoor in der Regel nährstoffarm ist.
Die stehenden Gewässer unserer Breitengrade unterliegen im Laufe der Zeit einer natürlichen Eutrophierung. Da das Ewige Meer schon sehr lange existiert und unterschiedlich genutzt wurde, ist eine Nährstoffanreicherung über die Jahre möglich.
Darüberhinaus sind die Moorgewässer in Ostfriesland allgemein sehr phosphatreich, da sie die Eigenschaft haben, Phosphate in Lösung zu halten.
Auch bei Betrachtung der Stickstoffparameter fällt auf, daß sie für einen Naturschutzsee mit umliegenden Moorflächen relativ hoch sind. Darüberhinaus wurde im Durchschnitt fast doppelt so viel Ammonium (0,38 mg/l N) als Nitrat (0,2 mg/l N) festgestellt.
Eisen geht bei pH-Werten unter 7,5 in Lösung. Da das Ewige Meer ein saures Gewässer ist, sind Eisenkonzentrationen von durchschnittlich 0,2 mg/l Fe nicht verwunderlich.
CSB-Werte von 31 bis 222 mg/l O_2 sind zwar hoch, aber für ein huminstoffhaltiges Gewässer nicht ungewöhnlich.
Die Gesamthärte weist mit rund 0,2 mmol/l auf ein "weiches" Wasser hin, was für Moorgewässer üblich ist.
Nach der Trophieskala sind die Moorseen allgemein als dystroph einzustufen, aber die hohen Nährstoff- und Chlorophyllgehalte (durchschnittlich 12 μg/l Chl. a während der Vegetationsperiode) sind typisch für einen meso- bis eutrophen See.

Phytoplankton

Als See mit einem niedrigen pH-Wert ist nur eine niedrige Arten- und Individuenzahl zu erwarten. Die meisten Phytoplankter sind an derartige Lebensbedingungen nicht angepaßt.
So sind auch nur 37 Phytoplanktonarten im Ewigen Meer festgestellt worden.
Es konnte allerdings zeitweise ein vermehrtes Aufkommen von Grünalgen registriert werden.
Die Conjugatophyceen (Zieralgen, siehe Abb. 4), als typische Vertreter der Moorseen, sind mit 9 Gattungen vertreten.

Zooplankton

Das Zooplankton weist 11 Arten auf. Die Blattfußkrebse bilden die stärkste Gruppe. Das Moorkrebschen Acantholeberis curvirostris gilt als typischer Krebs stark saurer Moorgewässer und tauchte sonst nur noch im Ottermeer auf.
Die Zooplanktonpopulation war starken Schwankungen unterworfen. Während im Winter keine Tiere gefunden wurden, konnte im Sommer 92 ein hohes Aufkommen von Zooplankton, vor allem Rüsselkrebse (Bosmina-Arten, siehe Abb. 4), registriert werden. Zum Herbst setzten sich dann Rädertierarten durch.

Benthische Flora und Fauna

Der Seeboden des Ewigen Meeres besteht aus humushaltiger Mudde. An vielen Stellen ist der darunterliegende sandige, harte Untergrund freigelegt.
Eine Besiedlung der Sedimente des Seegrundes konnte nicht festgestellt werden. Mehrere Probennahmen am Ufer erbrachten ebenfalls nur eine geringe Ausbeute. Es sind dabei Ruderwanzen und eine seltene Käferart (Coelambus novemlineatus), die nur in Moorgewässern vorkommt, gefunden worden.
Aufgrund der Naturschutzbedingungen, die für das Ewige Meer und Umgebung gelten, konnte eine Vegetationskartierung nicht durchgeführt werden.
Der Wellenschlag läßt stark unterspülte Steilufer entstehen, die zur Vegetationsbesiedlung ungeeignet sind. Daran anschließend beginnt die typische Hochmoorflora.

Zusammenfassung

- größter Hochmoorsee Deutschlands
- starke Huminstoffärbung
- pH-Werte befinden sich im stark sauren Bereich
- hohe Nährstoffgehalte
- niedrige Arten- und Individuenzahlen bei Phyto- und Zooplankton
- Vorkommen von einigen moorgewässertypischen Zoo- und Phytoplanktonarten
- das Ewige Meer ist ein dystrophes Moorgewässer, das aufgrund der hohen Nährstoffgehalte Eutrophierungstendenzen aufweist

Ottermeer

Abb. 11: Luftaufnahme Ottermeer

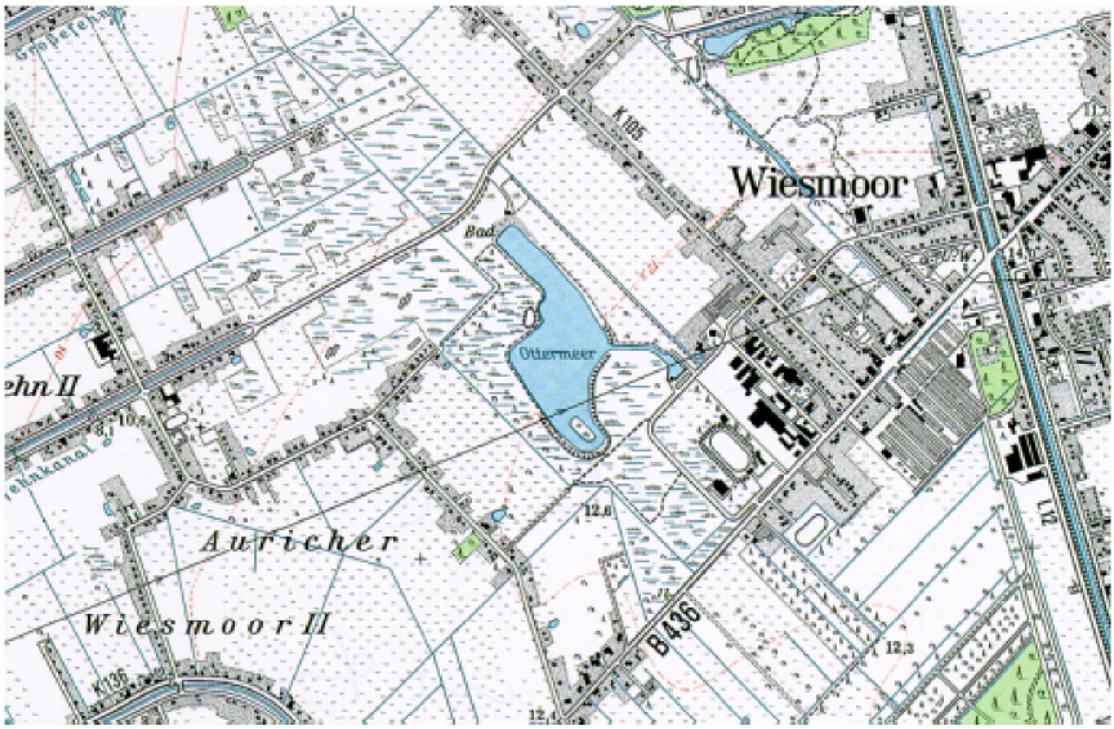


Abb. 12: Ottermeer, Ausschnitt aus TK 2512, 1:25000

4.3. Ottermeer

Morphometrische und hydrologische Angaben

Geographische Lage:	R 3414, H 5920
Topographische Karte:	2512 Wiesmoor
Mischungsverhalten:	polymiktisch
Höhe:	12,6 m ü. NN
Oberfläche:	13,5 ha
Volumen:	ca. 338000 m^3
Tiefe: max.:	4 m
Tiefe: mittl.:	2,5 m
Größte Breite:	325 m
Größte Länge:	725 m
Einzugsgebiet:	--
Uferlänge:	2,1 km
Uferentwicklung:	1,6
Trophiegrad:	dystroph

Entstehung

Das Ottermeer, das in der Nähe der Gemeinde Wiesmoor liegt, ist 1978 im Zuge einer Rekultivierungsmaßnahme ausgebaggert worden. Umgeben ist der See von einem Restmoorgebiet mit Gehölzanpflanzungen. Es bestehen keine oberirdischen Zu- oder Abflüsse.

Nutzung

Das Ottermeer wird vor allem als Naherholungsgebiet genutzt. Dazu wurde am Nordufer durch Aufschütten von Sand ein Badestrand eingerichtet. Ein Gebäude mit Umkleideräumen, Toiletten, Kiosk und Aufsicht steht den Badegästen zur Verfügung.
Ein weiterer touristischer Anziehungspunkt ist der Tretbootverleih am Hafen. Eine Slipanlage und mehrere Stege können von privaten Bootsbesitzern benutzt werden, wobei der Gebrauch von Verbrennungsmotoren untersagt ist.
Für die Angler ist dieses Gewässer gesperrt, zumal das saure Wasser eine hohe Fischausbeute nicht zuläßt.
Der gesamte Südteil des Ottermeeres mit darin befindlicher Insel ist abgesperrt.
Ein gekennzeichneter Wanderweg führt am Ufer des Sees entlang. In der Nähe des Ottermeeres befindet sich ein Torfabbaugebiet. Die Restmoorflächen sind vor kurzem unter Landschaftsschutz gestellt worden.
Der See ist weiträumig mit Gehölz und Heidefläche umgeben. Erst dahinter befinden sich landwirtschaftlich extensiv genutzte Flächen, auf denen Torf im Handstichverfahren abgetragen wird.

Wärmehaushalt

Das Ottermeer gehört mit seinen durchschnittlich 2,5 m Wassertiefe zu den Flachseen. Nur einmal während des Untersuchungszeitraumes konnte sich im Juli 1992 infolge der warmen, windstillen Witterung eine leichte thermische Schichtung ausbilden.

Stoffhaushalt

Das Ottermeer befindet sich zwar durch die umgebenden Gehölze in geschützter Lage, ist aber wegen der geringen Wassertiefe recht gut durchmischt. Das bedeutet, daß die Sauerstoffkonzentrationen kaum Schwankungen aufweisen. Nur in den heißen Sommermonaten 1992 sanken Werte auf 5,8 mg/l auf.
Die Leitfähigkeit ist von allen untersuchten Seen am geringsten. Sie beträgt

durchschnittlich 119 µS/cm und ändert sich im Jahresverlauf kaum.
Auch die pH-Werte weisen wenig Unterschiede auf. Sie schwanken um 4,4 und charakterisieren das Ottermeer als saures Moorgewässer.
Die Sichttiefen um 1 m zeigen, daß es sich um ein relativ klares Gewässer handelt, das allerdings eine durch Huminstoffe ausgelöste braune Färbung aufweist. Die maximale Sichttiefe von 135 cm im Juli 92 läßt auf ein Klarwasserstadium schließen. Das ist erreicht, wenn die Wasserflöhe die gesamte Phytoplanktonpopulation vertilgt haben.
Dies ist ein Kennzeichen des nährstoffarmen Sees, was durch die geringen Nährstoffgehalte bestätigt wird.
Bei Gesamt-Phosphat zeigen sich Werte von 0,02 bis 0,12 mg/l P.
Im Oktober 91 erfolgte eine vollständige Aufzehrung des gelösten Phosphates durch das Plankton.
Die Nitratgehalte belaufen sich im Mittel auf rund 0,17 mg/l N und weisen im Mai 1992 die höchsten Werte auf. (Abb. 13).
Da das Ottermeer keine Zuflüsse hat und vor häuslichen und landwirtschaftlichen Abwässern weitgehend geschützt ist, kann der Nährstoffeintrag nur über den Luftweg und Grundwasserströme erfolgen.
Nitrit weist im Untersuchungszeitraum immer Werte unter der Nachweisgrenze von 0,01 mg/l N auf. Auch bei Ammonium sind geringe Gehalte von höchstens 0,1 mg/l N festzustellen.

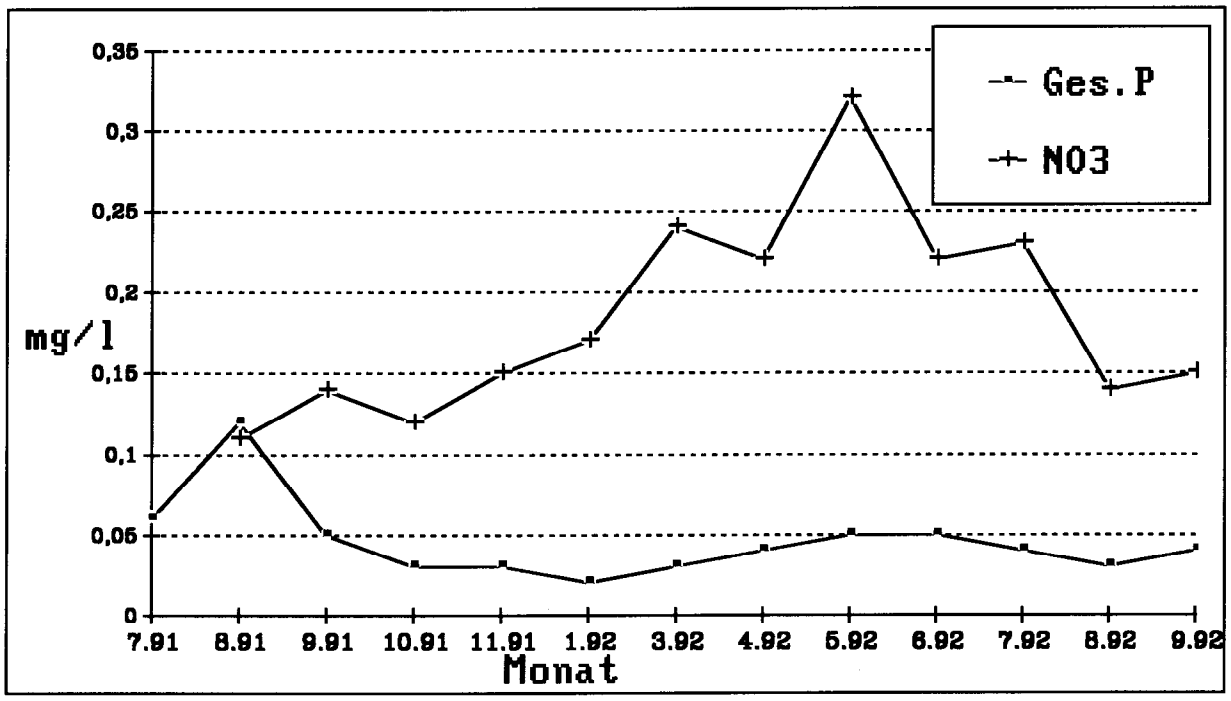


Abb. 13: Nitrat- und Phosphatkonzentrationen im Ottermeer

Eisen ist mit mittleren Werten von 0,5 mg/l Fe vorgefunden worden.
Diese im Vergleich zu den anderen untersuchten Seen höheren Konzentrationen sind für ein Moorgewässer charakteristisch. Die Humussäuren erhöhen die Löslichkeit von Eisen.
Das Ottermeer ist ein dystrophes Moorgewässer. Bei Betrachtung der Gesamtphosphat- und Chlorophyllwerte (rund 1 µg/l Chl. a) wäre es als oligo- bis mesotroph einzustufen. Die geringe Produktivität, hohe Sichttiefe und gute Sauerstoffversorgung weisen es als nährstoffarm aus.
Damit ist das Ottermeer von allen untersuchten Seen am wenigsten belastet.

Phytoplankton

Das Ottermeer ist mit 17 Algenarten das artenärmste der untersuchten Seen.
Das ganze Jahr hindurch wurde nur eine geringe Individuenzahl festgestellt, was sich auch bei den niedrigen Chlorophyllwerten bemerkbar macht. Im Sommer ist der Algenbestand durch das Zooplankton abgeweidet, sodaß ein Klarwasserstadium eintritt.
Eine Wasserprobe aus dem Uferbereich wies Tabellaria flocculosa, eine für Moorgewässer typische Kieselalge, auf.

Zooplankton

Mit 14 verschiedenen Zooplanktonarten weist das Ottermeer eine mittlere Artenvielfalt auf. Die Blattfußkrebse sind dabei vorherrschend.
Die Bestandsdichte ist im Jahresverlauf unterschiedlich. Während im Winter wenig Individuen vorkamen, ist im Frühling und Sommer eine relativ hohe Siedlungsdichte festgestellt worden. Auch das Erscheinen der Rotatorien war sehr schwankend. In 5 der 13 untersuchten Proben wurden keine Rotatorien gefunden. Dagegen gab es im Mai 92 ein Massenaufkommen von Rotatorien.

Benthische Flora und Fauna

Der Seeboden besteht aus weichem, humushaltigem Material.
Die Besiedlung des Seegrundes durch Zoobenthos ist nur minimal. Eine Untersuchung der Uferbereiche ergab eine gute Ausbeute an Köcherfliegen-, Eintagsfliegenlarven und Strudelwürmern.
Das Ufer des Ottermeeres ist zum einen Teil durch steil abfallende Böschungen gekennzeichnet.
Am nordwestlichen Ufer finden sich vereinzelte Stauden von Iris und Rohrkolben.
Die übrige Ufervegetation, sofern es sich nicht um Uferabbrüche handelt, ist durch schmale Röhrichtstreifen charakterisiert.

Zusammenfassung

- pH-Werte befinden sich bei pH 4,4 im stark sauren Bereich
- relativ hohe Sichttiefen
- Klarwasserstadium im Juli 1992
- geringe Nährstoffgehalte
- gel. Phosphat ist im Oktober 1991 aufgezehrt
- niedrige Individuenzahl beim Phytoplankton
- das Ottermeer ist als dystropher Braunwassersee nährstoffarm

Sandwater

Abb. 14: Luftaufnahme Sandwater (Foto: Poppen)

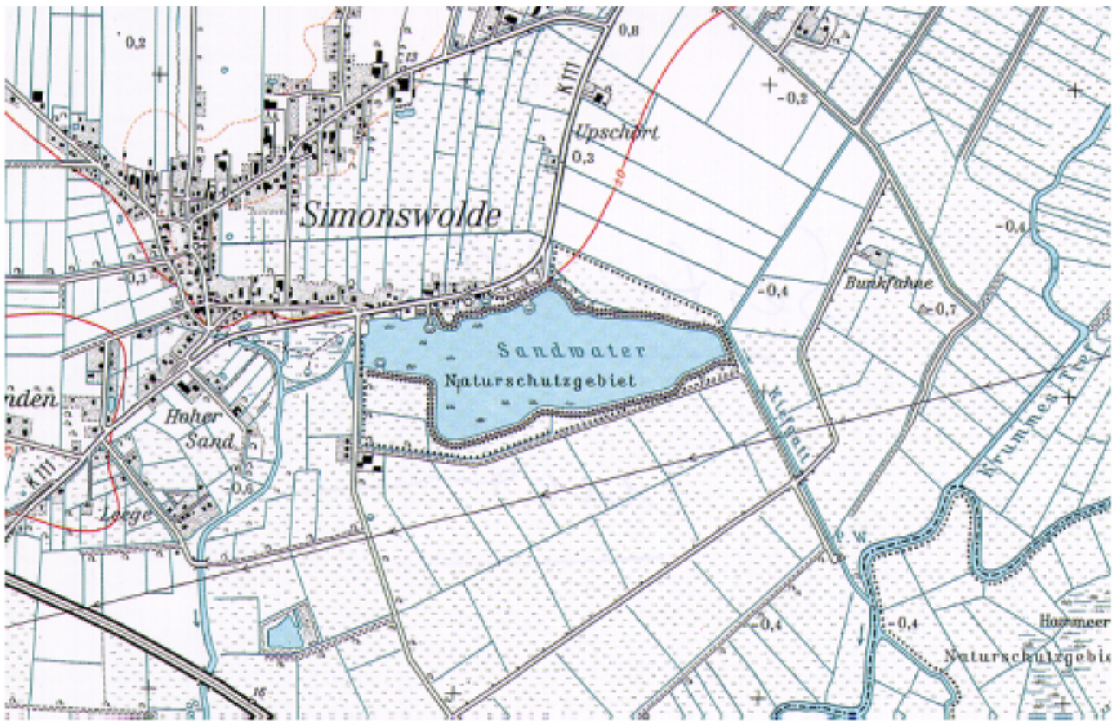


Abb.15: Sandwater, Ausschnitt aus TK 2610, 1:25000

4.4. Sandwater

Morphometrische und hydrologische Angaben

Geographische Lage:	R 2594, H 5919
Topographische Karte:	2610 Moormerland
Mischungsverhalten:	polymiktisch
Höhe:	um NN bis NN - 0,4 m
Oberfläche:	36,5 ha
Volumen:	ca. 255500 m^3
Tiefe: max.:	1,2 m
Tiefe: mittl.:	0,7 m
Größte Breite:	400 m
Größte Länge:	1175 m
Uferlänge:	2,9 km
Uferentwicklung:	1,4
Einzugsgebiet:	--
Trophiegrad:	eu- bis polytroph

Entstehung

Das Sandwater liegt südöstlich der Ortschaft Simonswolde und grenzt unmittelbar an die Geest.
Die Entstehung des Sandwaters ist wahrscheinlich auf die Bildung von wasserreichen Hochmoorschlenken zurückzuführen. Durch nährstoffreiches Grundwasser wurde die Hochmoorbildung verhindert.Dies geschah zur Zeit des Atlantikums (4000 - 1500 v. Chr.). Diese Entwicklung fand ihren Abschluß mit dem Wachstum des Niedermoores, welches eine Schicht von 30 - 40 cm bildet, die sich scharf vom darunter anstehenden Hochmoor abgrenzt.
Der Untergrund des Sees besteht , wie der Name schon vermuten läßt, aus Sand. Als Anzeichen einer fortschreitenden Sedimentation findet sich eine flächenhaft verbreitete Schicht von Pflanzendetritus.
Im Zuge der Flurbereinigung wurde der See 1962 eingedeicht. Während es früher durch das Sengelsiel und das Kiefgatt mit dem Fehntjer Tief verbunden war, handelt es sich heute um ein Stillgewässer, welches ausschließlich durch Niederschlag gespeist wird. Lediglich ein Überlauf-Bauwerk ist bestehen geblieben, das bei hohen Wasserständen im Sandwater zum Sengelsiel entwässert.

Nutzung

Das Sandwater ist zusammen mit dem umliegenden Gebiet 1973 zum Naturschutzgebiet erklärt worden. Die gesamte zu schützende Fläche umfaßt 58,79 ha. Laut Verordnung sind "Maßnahmen, die eine Beeinträchtigung der Natur, insbesondere der Pflanzen, Vogel- und übrigen Tierwelt, der Wasser- und Nährstoffverhältnisse sowie der Oberflächengestalt des Bodens herbeiführen" nicht erlaubt. Von dieser Verordnung unberührt bleibt die bisherige land- und forstwirtschaftliche Nutzung, die Ausübung der Jagd und der Fischerei.
Das Reithschneiden ist dagegen inzwischen verboten.
An der Nordseite des Sandwaters befinden sich 10 Grundwasserbrunnen der Stadtwerke Emden. Das Naturschutzgebiet liegt in der Wasserschutzzone II.
Umgeben ist das NSG von Grünland- und Ackerflächen mit teilweisem Maisanbau, die nur durch einen mehr oder weniger schmalen Gehölzsaum und einer Straße vom Gewässer getrennt sind.
Direkt am Nordufer liegen Ansiedlungen mit Bootsstegen und Entengehegen. Dahinter verläuft eine Kreisstraße.

Wärmehaushalt

Bei diesem extrem flachen See kann sich keine Wärmeschichtung ausbilden. Die Wassertemperaturen sind weitgehend von den Lufttemperaturen abhängig.

Stoffhaushalt

Die Sauerstoffsättigung schwankt zwischen 82 und 116 % und dokumentiert eine gute O_2 -Versorgung.
Die Leitfähigkeitswerte weisen mit rund 262 μS/cm auf ein elektrolytarmes Gewässer. Die jahreszeitlichen Schwankungen sind gering, es ist aber ein leichter Anstieg der Werte in den letzten Untersuchungsmonaten zu verzeichnen.
Da dieser flache See keine Zu- oder Abflüsse hat, sind die Niederschläge von entscheidendem Einfluß für den Wasseraustausch. Dies wird auch an den pH-Werten deutlich. Sie betragen im Durchschnitt 5,6, was dem pH-Wert von Regenwasser entspricht.
Auch hier wie im Ewigen Meer ist der Grund für die geringe Sichttiefe von rund 20 cm das aufgewirbelte Sediment.

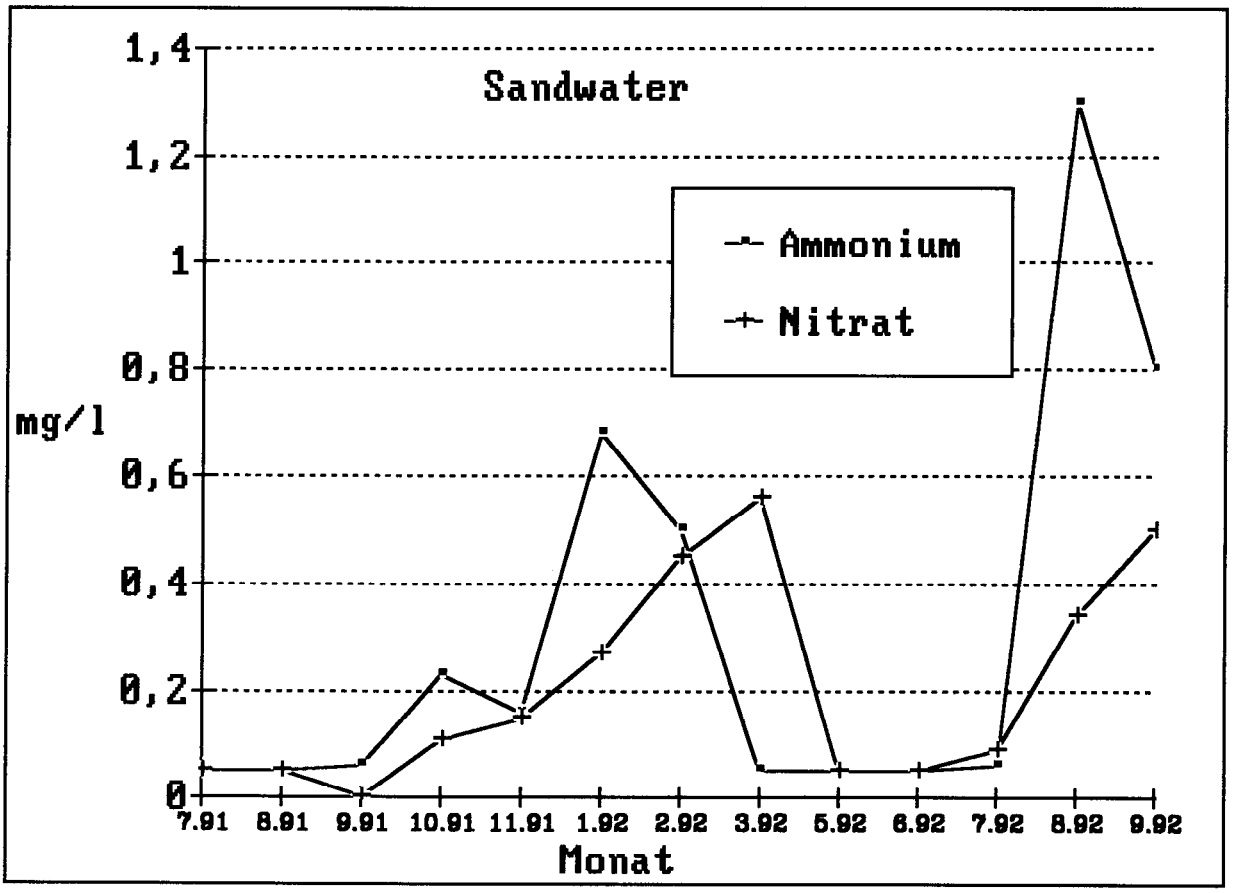


Abb. 16: Nitrat- und Ammoniumwerte im Jahresverlauf, Sandwater

Bei diesem flachen See unterscheidet sich der Wasserchemismus im wesentlichen von dem eines tiefen Sees. Das Sediment mit seinen gespeicherten Nährstoffen hat einen viel größeren Einfluß auf den gesamten Wasserkörper. Je flacher das Gewässer, desto schneller erfolgt die Rückführung von Nährstoffen in den Stoffkreislauf.
Mit Gesamt-Phosphatgehalten von 0,03 bis 0,48 mg/l stellt sich das Sandwater als hochbelasteter See heraus. Im Jahresverlauf sind die Werte stark schwankend. Wahrscheinlich kommt es immer wieder zu Rücklösungen aus dem Sediment.
Auffällig ist der starke Anstieg von NO_3 und NH_4 vom Herbst zum Winter. Im Frühling bei Beginn der Vegetationsperiode sinken die Werte stark. Pflanzen und Plankton nehmen zunächst bevorzugt Ammonium auf. Sobald dieses verwertet ist, wird Nitrat assimiliert (Abb. 16). Im September 1991 ist NO_3 aufgebraucht und reichert sich erst zum Herbst wieder an. Bei Durchschnittswerten von 0,2 mg/l spielt Nitrat bei der Nährstoffbelastung keine große Rolle. Stickstoff ist vor allem in Form von Ammonium in den Wasserproben zu finden, was die mittleren Gehalte von 0,3 mg/l anzeigen. Es sind sogar NH_4 -Werte von 1,3 mg/l (August 1992) gemessen worden (Abb. 16).
Silikat, für die Kieselalgen zum Aufbau ihrer Schalen lebensnotwendig, beläuft sich auf Werte um 0,4 mg/l. Im März 1992 zur Hauptwachstumszeit der Diatomeen ist Silikat aufgezehrt.
Das verursacht ein Absterben der Kieselalgenpopulation, die sich erst zum Herbst wieder erholt.
Da das Sandwater ein sehr flaches Gewässer ist, läuft es Gefahr, in einem niederschlagsarmen Sommer z. T. trockenzufallen. So sind in beiden Untersuchungsjahren in den wärmsten Monaten Flächen am westlichen Ufer ausgetrocknet.
Dies machte sich vor allem 1992 durch höhere Konzentrationen von Gesamt-Härte, Silikat und Sulfat bemerkbar.
Die Sichttiefe im Sandwater, die in der Regel 20 cm betrug, macht auch hier, wie an anderer Stelle schon erläutert deutlich, daß sie als Maß für die Planktondichte bei Flachseen ungeeignet ist. Denn in den vegetationsreichsten Monaten Mai und Juni wurden Sichttiefen von über 40 cm gemessen, die auf windstilles Wetter zurückzuführen sind.
So kann auch hier wieder nur der Gesamt-Phosphat- und der Chlorophyllgehalt (durchschnittlich 40 μg/l Chl. a) als Einteilungskriterium herangezogen werden.
Diese beiden Parameter ordnen das Sandwater als eu- bis polytroph ein. Demgegenüber sind weder gravierende Sauerstoffübersättigungen noch extreme Algenblüten zu verzeichnen, so daß das Sandwater noch als weitgehend intaktes Gewässer anzusehen ist.

Phytoplankton

Das Sandwater erwies sich als das artenreichste Gewässer. Das Artenspektrum umfaßte 101 Plankter. Als größte Algengruppe stellten sich mit 45 Arten die Grünalgen heraus. Aber auch die Kieselalgen und die Augentierchen sind stark vertreten. Nur im November ist ein vehrmehrtes Kieselalgenwachstum zu erkennen. Im Winter werden vermehrt Kryptomonaden gefunden, die kaltes Wasser bevorzugen.
Weitere Besonderheit dieses Sees ist, daß nur hier Gelbgrünalgen vorkommen.
An den Jahresdurchschnittswerten von Chlorophyll (40 μg/l) wird deutlich, daß auch die Bestandsdichte sehr hoch ist.

Zooplankton

Auch beim Zooplankton zeigt sich diese Artenvielfalt.Es sind allein 11 verschiedene Blattfußkrebsarten festgestellt worden, die in den anderen untersuchten Seen mit höchstens 6 Arten vertreten sind.
Die Verteilung der Zooplankter im Jahresverlauf ist unterschiedlich. Herrschten im November vor allem Rädertiere vor, sind im Mai und September vermehrt Blattfußkrebse gefunden worden. Im Vorfrühling ist allgemein eine hohe Individuendichte festgestellt worden.

Benthische Flora und Fauna

Im Sandwater hat sich eine Faulschlammschicht gebildet, die stark nach verfaulten Eiern (Bildung von Schwefelwasserstoff) riecht, sobald sie aufgewirbelt wird. Dies macht eine Besiedlung des Sedimentes für viele Organismen unmöglich. Nur in den Bereichen, wo durch Wellenschlag Steine angespült wurden, sind Würmer, Köcherfliegenlarven und vor allem Egel gefunden worden. Letztere verkriechen sich am Tage unter Steinen.
Unter der Faulschlammauflage ist der Gewässerboden sandig.
Die Vegetation ist gekennzeichnet durch Schilfsäume, die weit ins Gewässer hineinwachsen. Darüberhinaus ist ein guter Bestand an Teich- und Seerose vorhanden, die in den Buchten und flacheren Bereichen angesiedelt sind.
Insgesamt ist hervorzuheben, daß das Sandwater viele Rote Liste-Arten wie auch Rote Liste-Gesellschaften aufzuweisen hat, und deshalb äußerst schützenswert ist.
Ein Armleuchteralgenrasen, wie von Jaeckel 1963 festgestellt wurde, ist aufgrund der Faulschlammbildung nicht mehr vorhanden.

Zusammenfassung

- pH-Werte befinden sich im leicht sauren Bereich
- hohe Gesamt-Phosphat- und Ammoniumgehalte
- Aufzehrung von Nitrat im September 1991
- Silikat ist im März 1992 von Kieselalgen aufgezehrt
- die Artenvielfalt von Zoo- und Phytoplankton ist hoch
- der Seeboden besteht aus Faulschlamm mit Schwefelwasserstoffbildung
- das Gewässer kann als weitgehend intakt bezeichnet werden
- das Sandwater ist aufgrund der Nährstoffgehalte als eu- bis polytroph einzustufen

Uphuser Meer

Abb. 17: Luftaufnahme Uphuser Meer

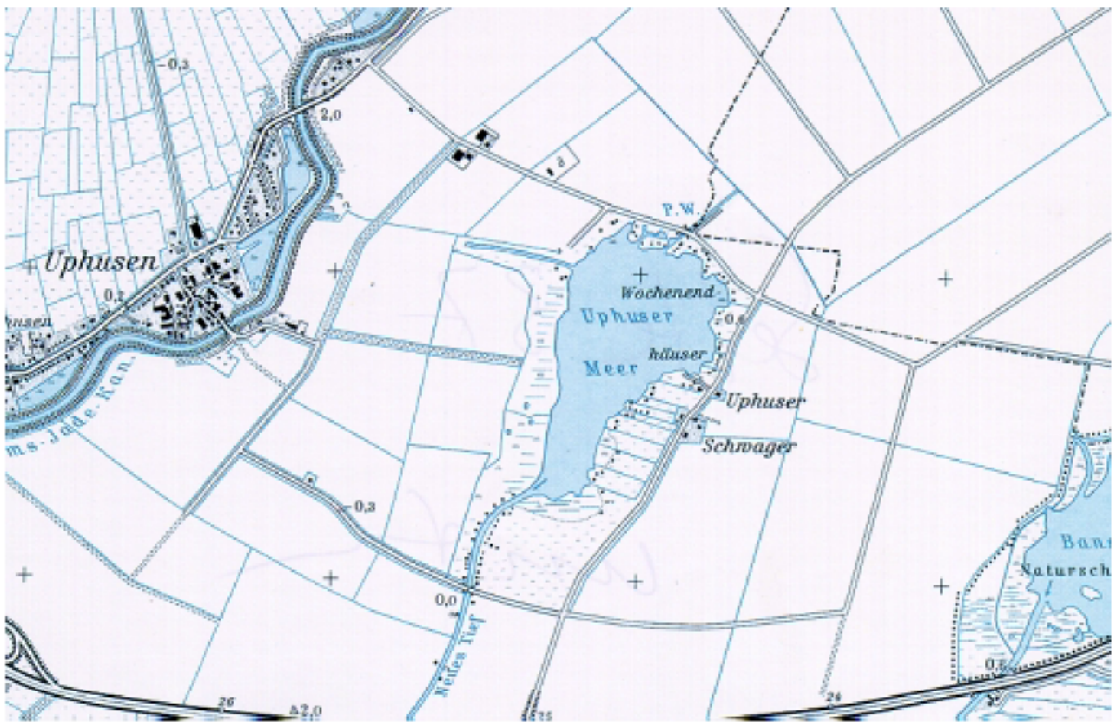


Abb. 18: Uphuser Meer, Ausschnitt aus TK 2609, 1:25000

4.5. Uphuser Meer

Morphometrische und hydrologische Angaben

Geographische Lage:	R 2585, H 5917
Topographische Karte:	2609 Emden
Mischungsverhalten:	dimiktisch, holomiktisch
Höhe:	- 1,1 m NN
Oberfläche:	29,8 ha
Volumen:	ca. 1449000 m^3
Tiefe: max.:	26 m
Tiefe: mittl.:	5 m
Größte Breite:	525 m
Größte Länge:	925 m
Uferlänge:	2,5 km
Uferentwicklung:	1,3
Einzugsgebiet:	9,24 km^2
Umgebungsfaktor:	30,8
Trophiegrad:	eu- bis polytroph

Entstehung

Das Uphuser Meer liegt im Riepster Hammrich nordöstlich von Emden und etwa 5 km nördlich der Ems. Dieser See, wie auch das Bansmeer, liegen im Randgebiet des im Pleistozän angelegten Emstales.
Die beiden Gewässer sind, genau wie das Sandwater, durch Bildung von Hochmoorschlenken entstanden.
Ursprünglich war das Uphuser Meer in ein wurzelechtes Hochmoor eingebettet und hatte eine durchschnittliche Wassertiefe von 0,9 - 1,2 m. In den 70iger Jahren wurde dann die Autobahn Oldenburg - Emden gebaut. Zu diesem Zweck sind das Uphuser Meer und das Bansmeer ausgebaggert worden. Dabei wurde die Geschiebelehmschicht durchbrochen, die das Grundwasser von den stehenden Gewässern trennte. Beim Uphuser Meer wurde Sand bis auf eine Tiefe von 26 m gefördert.

Nutzung

Das Uphuser Meer ist heute ein für die Freizeitgestaltung attraktives Gewässer. Beweis dafür ist die zunehmende Bautätigkeit am Ufer, die auch vor dem Schilfgürtel, der zumindest unter Landschaftsschutz steht, nicht haltmacht. Die Wochenendhäuser mit umliegenden Gärten und Gehölzsäumen nehmen rund 2/3 der Uferlänge ein.
Durch Anlage von größeren Parkplätzen, bemüht sich die Stadt Emden, die Fahrzeuge von den Ufern fernzuhalten.
Ein kleiner Badestrand, zwischen den Häusern gelegen und nur durch einen Trampelpfad zu erreichen, ist Anziehungspunkt für Badegäste und Surfer.
An schönen Sommertagen ist reger Bootsverkehr auf dem See zu verzeichnen.
Außerdem wird an diesem Gewässer intensiv geangelt.
Ein Berufsfischer betreibt am Uphuser Meer Fischzucht. Dazu wird Wasser aus dem See in Silos gepumpt, in denen Glasaale gehalten werden. Das gebrauchte Wasser gelangt daraufhin in einen Klärteich und anschließend zurück ins Meer.
Das Uphuser Meer ist durch das Neue Tief mit dem Fehntjer Tief verbunden. Im nördlichen Bereich des Sees befindet sich ein Pumpwerk, welches ca. 1 mal in der Woche betätigt wird. Dabei wird das umliegende Überschlickungsgebiet entwässert. Auf diesem ca. 4000 ha großen Gebiet wird seit 1954 Schlick aus dem Emder Hafen aufgebracht. Was für den Hafen notwendige Maßnahme ist, dient dem Riepster Hammrich als Verbesserung der Bodenqualität.
Diese Sedimente brauchen dann etliche Jahre, um sich zu setzen, zu entsalzen und zu reifen. Dazu werden Entwässerungsgräben angelegt, die in Verbindung mit den

Pumpwerken stehen.
Das Uphuser Meer liegt inmitten eines älteren Überschlickungsgebietes, in dem die Meliorationsmaßnahmen schon teilweise abgeschlossen sind. Das heißt, daß der See von Wiesen, Mähweiden und Ackerflächen umgeben ist, die teiweise direkt dem Schilfgürtel angrenzen.
Allgemein ist zu sagen, daß das Uphuser Meer von allen untersuchten Seen das am intensiv genutzteste Gewässer ist.

Wärmehaushalt

Das Uphuser Meer mit 23 m das tiefste der untersuchten Gewässer, ist prädestiniert zur Ausbildung einer thermischen Schichtung. Im April bei steigenden Temperaturen, setzt die Stratifizierung ein und bleibt bis zum Herbst stabil.
Die Temperaturen des Hypolimnions, also des Tiefenwassers, wiesen in den beiden Untersuchungsjahren wesentliche Unterschiede auf. Während 1991 Temperaturen von 4°C festgestellt wurden, waren im Sommer 1992 7 - 8°C vorherrschend. Das kann mit dem unterschiedlichen Beginn der Schichtung zusammenhängen. Setzt die Stagnation früh im Jahr ein, bleiben die kühleren Temperaturen im Tiefenwasser erhalten. Im Winter bildet sich, nachdem die Herbststürme das Wasser durchmischt haben, erneut eine Schichtung aus, wobei die Temperaturen im Hypolimnion auf 4°C bleiben, während an der Oberfläche niedrigere Temperaturen festgestellt werden (Abb. 19 und 20).

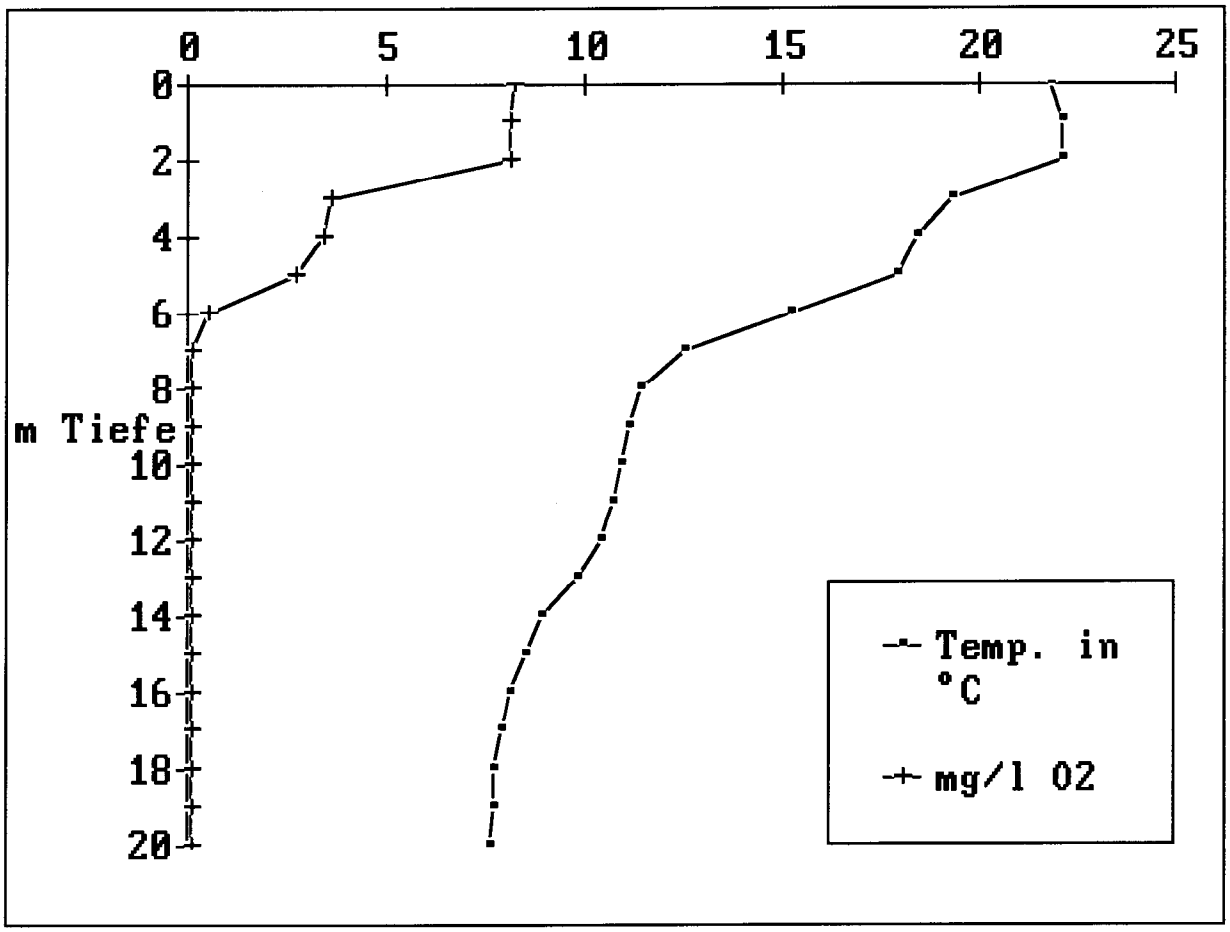


Abb. 19: Sommerstagnation im Uphuser Meer, Juli 1992

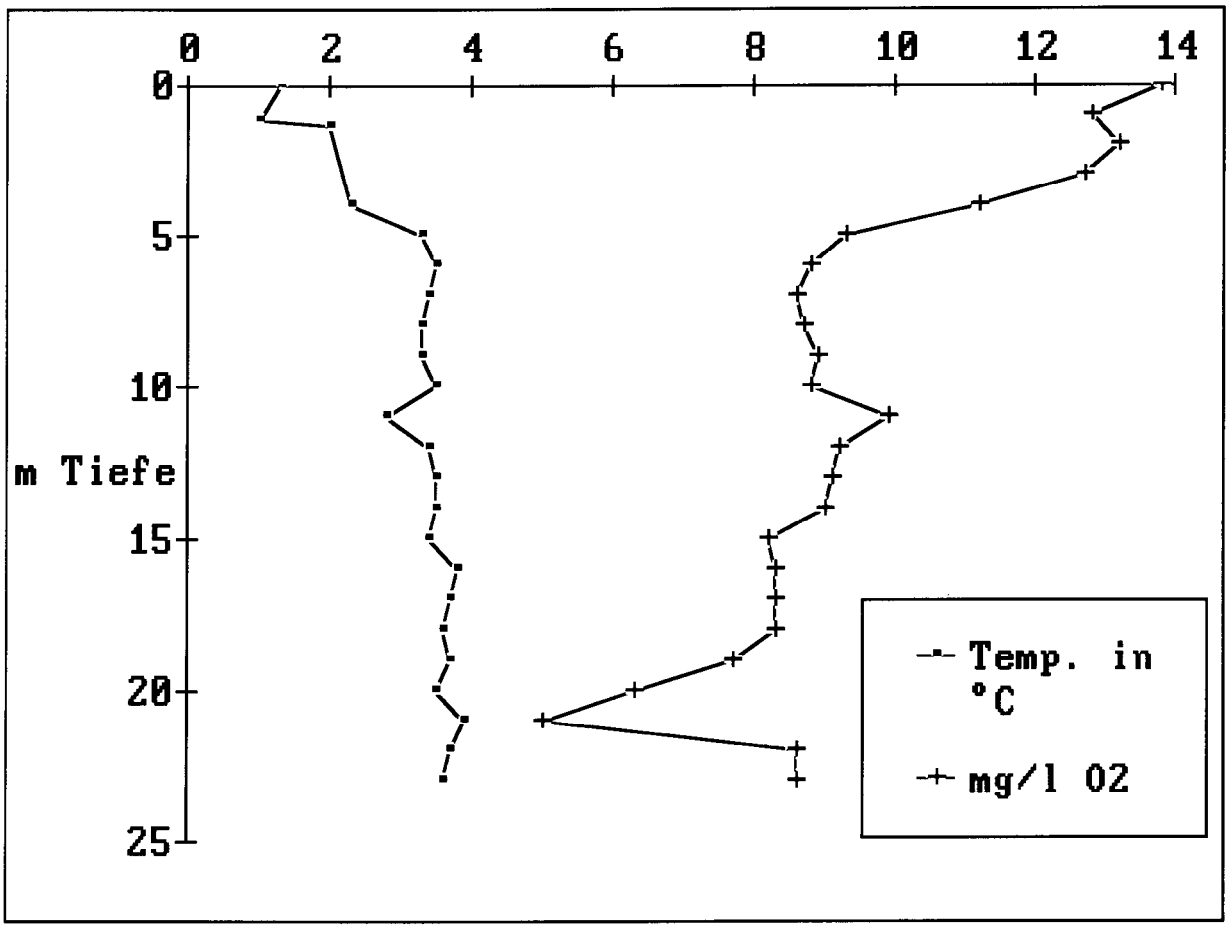


Abb. 20: Winterstagnation im Uphuser Meer, Dezember 1991

Stoffhaushalt

Die Sauerstoffverhältnisse sind im Uphuser Meer kritisch.
Schon im ersten Untersuchungsjahr konnten Sauerstoffübersättigungen bis zu 155 % festgestellt werden. Da dieser See meist in den Vormittagsstunden beprobt wurde, kann davon ausgegangen werden, daß sich die O_2-Werte bis zum Nachmittag noch erhöhten. Darüberhinaus war teilweise ab 5 m kein Sauerstoff mehr im Wasser gelöst. Dieser Zustand bleibt mehr oder weniger bis zum Herbst so erhalten, bis eine Umwälzung des Wasserkörpers stattfindet und eine O_2 -Anreicherung des Wassers bis zum Grund bewirkt (Abb. 19 und 20).
Das Uphuser Meer ist mit pH-Werten um 7,9 ein leicht alkalisches Gewässer. Durch Algenblüten verursacht kann sich der Wert im Oberflächenwasser auf 9,0 erhöhen.
Die Salzgehaltsmessung ergab Werte zwischen 3200 μS/cm bis 7200 μS/cm, was einer Salinität von 0,16 - 0,4 % entspricht.
Da das Uphuser Meer durch das Neue Tief mit der Ems verbunden ist, sind die brackigen Verhältnisse dadurch erklärbar. Die Salzgehalte steigen zum Herbst an und sind im Frühjahr am niedrigsten. Dies konnte auch im Bansmeer festgestellt werden.
Die Sichttiefe ist in diesem Gewässer stark von der Algenproduktion abhängig. Es werden Sichttiefen von 30 cm, aber auch 110 cm gemessen. Von einem Klarwasserstadium kann hier aber nicht gesprochen werden, da es zeitweise zu Algenblüten kommt, die das Zooplankton nicht bewältigen kann. Durch den Meerwassereinfluß bedingt stellt sich das Uphuser Meer als ein See mit "hartem" Wasser dar. Dies zeigt sich beim Sulfat (666 - 1200 mg/l), Hydrogencarbonat (durchschnittlich 214 mg/l) und bei der Gesamt-Härte (10,2 mmol/l) mit relativ hohen

Werten.
Silikat, der essentielle Nährstoff der Kieselalgen, ist mit Gehalten von 3,9 bis 8,4 mg/l vertreten. Schon 3,5 mg/l Silikat gilt in der Literatur als auffallend hoher Gehalt.
Im Hypolimnion scheint sich Silikat durch abgestorbene und dadurch abgesunkene Kieselalgen anzureichern, während es im Epilimnion während der Vegetationszeit abnimmt. Trotz der hohen Silikatwerte spielen die Kieselalgen im Uphuser Meer nur eine untergeordnete Rolle. Hier treten die Blaualgen dominierend auf. Dies ist ein Zeichen für starke Eutrophierung, was durch die hohen Nährstoffgehalte bestätigt wird.
So zeigen sich Gesamt-Phosphatgehalte von 0,01 bis 0,32 mg/l.
Durch das sauerstofffreie Hypolimnion ist mit einer Rücklösung von Phosphat aus dem Sediment zu rechnen.
Während der Stagnationsphase 1992 sind die Gesamt-Phosphat-Werte im Tiefenwasser teilweise doppelt so hoch als im Oberflächenwasser.
Auch Eisen, welches durch Sauerstoffmangel in Lösung geht, weist höhere Gehalte im Hypolimnion auf.
Gelöstes Phosphat, im Epilimnion mit den höchsten Konzentrationen vertreten, wird im Oktober 91 von den Algen aufgezehrt.
Auffällig hoch sind auch die Stickstoffkonzentrationen.
Der Durchschnittswert von 3,2 mg/l Nitrat läßt den Schluß zu, daß dieses Gewässer durch landwirtschaftliche und häusliche Abwässer belastet ist. Ist Nitrat im Epilimnion aufgezehrt, wie es im September 91 der Fall ist, ist dies ein Zeichen für einen hochproduktiven See. Ab diesem Zeitpunkt nimmt Nitrat im Laufe der Monate stark zu, bis es im März den Spitzenwert von 8,4 mg/l erreicht, um dann mit Einsetzen der Vegetationsperiode wieder abzunehmen (Abb. 21).
Nitrit ist in Konzentrationen von 0,01 bis 0,1 mg/l gemessen worden und liegt damit noch im unbedenklichen Bereich.
Die Ammoniumwerte weisen im O_2-freien Tiefenwasser während der Hauptwachstumszeit die höchsten Werte auf. Sie betragen durchschnittlich 0,3 mg/l, können aber auch maximal 3,2 mg/l erreichen.
Hohe pH-Werte und Ammoniumgehalte können zum Auftreten von freiem Ammoniak, einem Fischgift, führen.
Die ÖNORM "Anforderung an die Beschaffenheit von Badegewässern" fordert bei Badegewässern max. 0,2 mg/l NH_4. Höhere Werte weisen darauf hin, daß die Selbstreinigungskraft des Gewässers gehemmt oder überfordert ist.

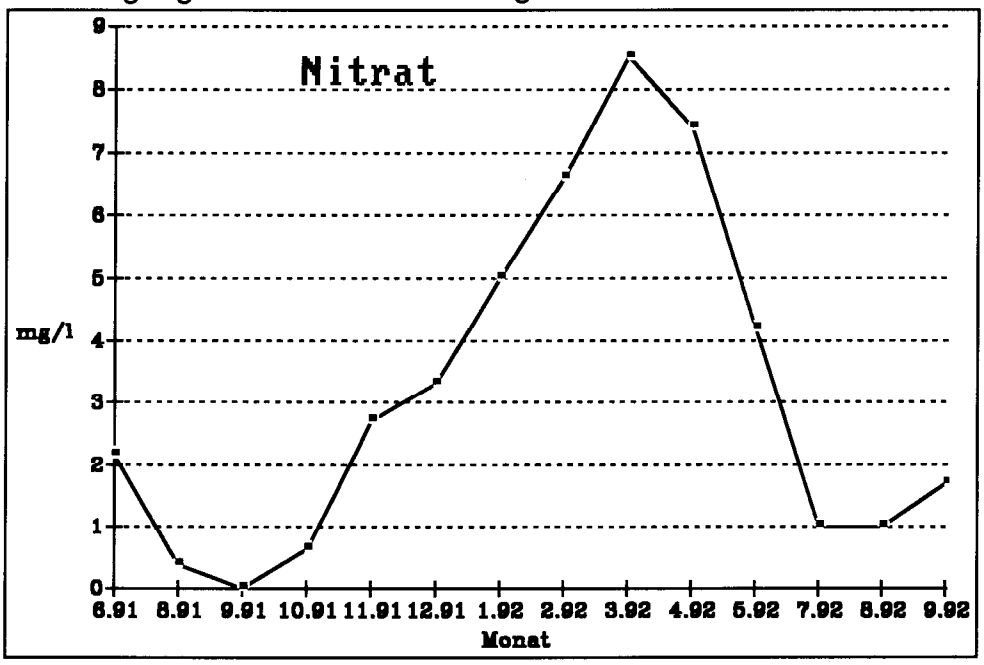


Abb. 21: Nitratgehalte im Epilimnion des Uphuser Meeres im Jahresverlauf

Allgemein kann gesagt werden, daß bei einem pH-Wert über 9, bei Ammoniumwerten über 1,5 mg/l und Sauerstoffgehalten unter 4 mg/l, für die Selbstreinigungskraft des Sees und für einige Fischarten im besonderen eine kritische Situation eintritt.
Aufgrund der ermittelten chemischen Werte ist das Uphuser Meer als eu- bis polytroph zu bezeichnen. Darüberhinaus ist der See hochproduktiv, weist im Sommer Blaualgenblüten und eine sehr schlechte Sauerstoffversorgung auf.
Um eine weitere Belastung des Meeres zu verhindern, wird es nötig sein, die Wochendhäuser an die Kanalisation anzuschließen und Pufferzonen zwischen dem Schilf und den landwirtschaftlichen Flächen einzurichten. Trotzdem ist eine Beeinflußung durch das Einzugsgebiet, nicht zuletzt durch die nährstoffreichen Böden im Überschlickungsgebiet, auf die Wasserqualität nicht auszuschließen.

Phytoplankton

Mit 72 Phytoplanktonarten ist das Uphuser Meer als relativ artenreich einzustufen.Vorherrschend sind die Grünalgen, die Blaualgen und die Kieselalgen.
Die Gruppe der Goldalgen sind vor allem während der kalten Jahreszeit zu finden. Die Kieselalgen zeigten ein für diese Algengruppe typisches vermehrtes Aufkommen im Frühling und Herbst.
Die Blau- und die Grünalgen sind das ganze Jahr über vorhanden.
Die Blaualgen, und da besonders Gomphosphaeria naegeliana (siehe Abb. 4), kommen im Sommer zur Algenblüte. Auffällig war eine geringere Individuenzahl im warmen, niederschlagsarmen Sommer 92.

Zooplankton

Das Uphuser Meer weist mit 19 Zooplanktonarten einen mittleren Artenreichtum auf.
Charakteristische Art dieses Gewässers ist der Flügelkrebs, Eurytemora affinis. Ihn findet man das ganze Jahr hindurch in großer Anzahl.
Das änderte sich allerdings im Juni 92. Da tauchten auf einmal Rädertiere und Diaphanosoma, ein Blattfußkrebs, der seine Hauptverbreitung in den Sommermonaten hat, auf. Sie verdrängten Eurytemora affinis, so daß sie zwar noch häufig auftrat, aber nicht mehr in Massen. Gleichzeitig war ein Rückgang der Blaualge Gomphosphaeria naegeliana zu verzeichnen. Ob dies mit dem ungewöhnlich trockenen Sommer im Zusammenhang gebracht werden kann, müßten weitere Untersuchungen zeigen. Im August 92 ist jedenfalls ungewöhnlich wenig Zooplankton festgestellt worden.
Eine weitere Krebsart, die nur im brackigen Wasser vorkommt, ist Neomysis integer.

Benthische Flora und Fauna

In den stark mit organischem Material durchsetzten Sedimenten der Uferbereiche sind Muscheln die vorherrschende Benthosart. Der Flohkrebs Gammarus tigrinus ist ebenfalls massenhaft vorhanden, sowie Neomysis integer, die auch schon im Plankton des Freiwassers gefunden wurde. Ruderwanzen, Zuckmücken- und Kohlschnakenlarven sind weitere Vertreter des Benthos.
Die Untersuchung des Bodens an der tiefsten Stelle des Sees förderte schwarzen, reduzierten Schlick zutage, der unangenehm nach Schwefelwasserstoff stank.
Die Ufervegetation weist, wie schon erwähnt, an der westlichen Seite einen breiten Schilfröhrichtsaum auf, während der Ostbereich durch Zierpflanzen und Rasenanlagen dominiert wird.
In Teilbereichen wurde die Darmalge gefunden, die typisch für küstennahe Gewässer ist.

Zusammenfassung

- Ausbildung von einer stabilen thermischen Schichtung
- im Sommer kann es zu Sauerstoffübersättigungen von 155 % kommen
- Sauerstoffmangel ab 5 m Tiefe in der wärmeren Jahreszeit
- zeitweise pH-Wert-Erhöhungen des alkalischen Wassers auf 9,0
- Salinität von 0,2 - 0,4 %, was leicht brackigem Wasser entspricht
- elektrolytreiches Gewässer
- hohe Silikatgehalte
- hohe Nährstoffgehalte
- Aufzehrung von Nitrat (Epilimnion) im September 1991
- erhöhte Gesamt-Phosphatgehalte im Hypolimnion während der Stagnationsphase
- im Sommer massenhaftes Vorkommen einer Blaualgenart (Gomphosphaeria naegeliana)
- das Uphuser Meer ist als eu- bis polytroph einzustufen

Bansmeer

Abb. 22: Luftaufnahme Bansmeer (Foto: Kolde)

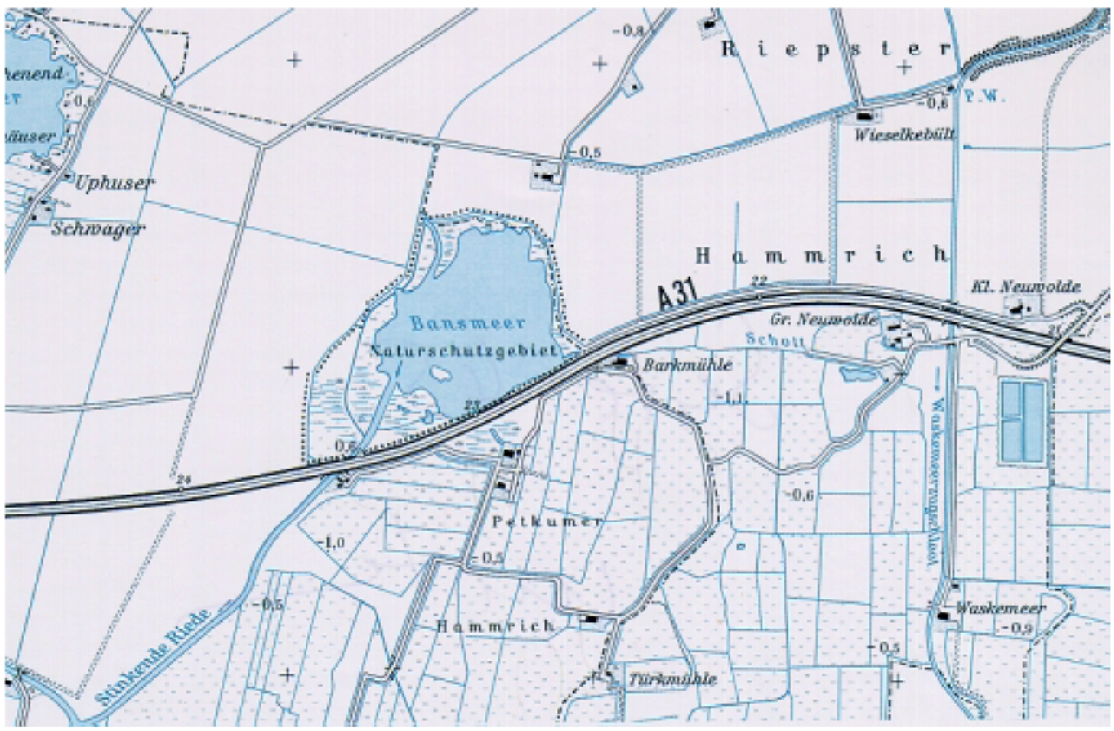


Abb. 23: Bansmeer, Ausschnitt aus TK 2609, 1:25000

4.6. Bansmeer

Morphometrische und hydrologische Angaben

Geographische Lage:	R 2586, H 5916
Topographische Karte:	2609 Emden
Mischungsverhalten:	Dimiktisch, holomiktisch
Höhe:	- 1,2 m NN
Oberfläche:	24,1 ha
Volumen:	ca. 787000 m^3
Tiefe: max.:	14 m
Tiefe: mittl.:	3 m
Uferlänge:	2,5 km
Uferentwicklung:	1,4
Einzugsgebiet:	1,37 km^3
Umgebungsfaktor:	5,7
Trophiegrad:	eutroph

Entstehung

Das Naturschutzgebiet Bansmeer liegt nicht weit vom Uphuser Meer entfernt ebenfalls im Riepster Hammrich in der Nähe von Emden.
Die A 31 führt direkt an diesem Gewässer vorbei.
Bezüglich Art und Entstehung gilt das gleiche wie beim Uphuser Meer.
Der See war früher in ein wurzelechtes Hochmoor eingebettet.
Der Deich am Ufer des Bansmeeres diente ursprünglich zum Schutz der umgebenden Felder,die tiefer lagen und durch Polderschöpfwerke entwässert wurden. Durch die Aufschlickung sind die Gebiete aufgewachsen.
Der See ist trotz der Spülarbeiten erhalten geblieben und sogar 1975 zum Naturschutzgebiet erklärt worden. Das Schutzgebiet umfaßt 48 ha.
Zunächst war auch dieses Meer ein seichtes Gewässer mit 0,4 bis 0,9 m Wassertiefe. Das änderte sich beim Autobahnbau Mitte der 70iger Jahre. Dazu wurde das Bansmeer auf eine Tiefe von 14 m ausgebaggert. Während allerdings im Uphuser Meer unterschiedlich tief gebaggert wurde, ist im Bansmeer eine größere Fläche mit gleichbleibender Tiefe ausgesandet worden.

Nutzung

Da das Bansmeer Naturschutzgebiet ist, sind die Nutzungen durch Tourismus und Freizeitaktivitäten beschränkt.
Der Fischereiverband BVO , ein Berufsfischer, wie auch die Jäger, sind von den Einschränkungen nicht betroffen.
Das Bansmeer ist von einem Schilfgürtel umgeben. Einmal jährlich, im Winter, wird das Reith geschnitten.
Am westlichen Ufer grenzt der See an das Wasserschutzgebiet II.
Durch die Stinkende Riede im Südwesten ist das Bansmeer mit dem Fehntjer Tief verbunden. Bis 1973/74 war das vom Norden kommende Kapellentief an das Bansmeer angeschlossen, wurde dann aber im Zuge der Überschlickungsmaßnahmen vom See getrennt. Überlegungen der Gemeinde Ihlow, das Kapellentief mit der wesentlich schlechteren Wasserqualität wieder ans Meer anzuschließen, wurden seitens der zuständigen Behörden abgelehnt.
Die Überschlickung des südwestlich vom Meer gelegenen Gebietes begann 1980 und dauert noch an.
Unmittelbar an dem Schilfsaum schließen landwirtschaftliche Gebiete an, die teilweise als Wiese oder Mähweide benutzt werden.

Wärmehaushalt

Auch in dem 14 m tiefen Bansmeer hatte sich eine thermische Schichtung ausgebildet, die in den Sommermonaten stabil blieb.Im ersten Untersuchungsjahr war sie allerdings schwächer ausgebildet als 1992. Im zweiten Jahr erfolgte die Durchmischung schon Ende August.
Das Bansmeer war vom Dezember bis Februar mit einer dünnen Eisschicht bedeckt, die eine Beprobung unmöglich machte.
Es ist anzunehmen, daß eine Stagnation auch im Winter stattgefunden hat, da dies für tiefe Seen unserer Klimate typisch ist.

Stoffhaushalt

Das Bansmeer ähnelt dem Uphuser Meer in vielerlei Hinsicht. Nicht zuletzt weil die beiden Seen nicht weit voneinander entfernt liegen.
So sind auch hier die Sauerstoffverhältnisse aufgrund von Algenblüten bedenklich. Es kommt zu Sauerstoffübersättigungen von 176 % im August 91. Ab 6 m ist das Wasser O_2 -frei.
Entsprechend kann das ohnehin alkalische Wasser pH-Werte von 9,3 aufweisen.
Die elektrische Leitfähigkeit ist mit 2600 - 6400 μS/cm oder entsprechend einem Salzgehalt von 0,1 - 0,4 %, etwas niedriger als beim Uphuser Meer.
Die Sichttiefen schwanken zwischen 25 bis 70 cm.
Mit einer Gesamt-Härte von mittleren 5,8 mmol/l, durchschnittlichen Sulfatgehalten von 397 mg/l SO_4 und Hydrogencarbonbatwerten von rund 155 mg/l handelt es sich auch hier um "hartes" Wasser. Das Uphuser Meer wies allerdings doppelt so hohe Werte auf.
Das für die Kieselalgen lebensnotwendige Silikat ist in großen Mengen vorhanden (3,1 bis 6 mg/l). Es reichert sich im Winter an und nimmt im Sommer infolge Aufnahme durch Diatomeen ab. Kieselalgen spielen im Bansmeer quantitätsmäßig nur eine untergordnete Rolle, da Blaualgen dominieren. Erst in den letzten beiden Untersuchungsmonaten, als die hauptsächlich vorkommende Alge Gomphosphaeria naegeliana in der Individuenzahl zurückging, konnten sich Kieselalgen verstärkt durchsetzen.
Der Pflanzennährstoff Nitrat ist mit Werten zwischen 0 und 3,5 mg/l vertreten. Damit ist die Nitratbelastung wesentlich geringer als beim Uphuser Meer. Im Jahresverlauf treten die höchsten Werte im Frühjahr auf, während sie im übrigen Jahr im Epilimnion die 0,2 mg/l-Marke nicht überschreiten.
Ein Merkmal eines hochproduktiven Sees ist das Aufzehren von Nitrat in den obersten Schichten. Dies geschah im Bansmeer im September 91 und im Juli 92.
Wie schon erwähnt, konnte aufgrund der schlechten Wetterverhältnisse von Dezember bis Februar keine Probennahme und damit auch keine Beobachtung der Nährstoffverhältnisse während des Winters erfolgen.
Ammonium, welches vor allem in sauerstoffarmen Verhältnissen gebildet wird, hat sich in den Sommermonaten im Hypolimnion angereichert. In der obersten Wasserschicht sind hingegen im ganzen Untersuchungszeitraum nur geringe Werte festgestellt worden. Allgemein schwankten die Werte zwischen 0,05 und 0,29 mg/l NH_4-Stickstoff.
Die Nitritwerte bewegten sich relativ konstant um den Wert 0,01 mg/l und waren damit in nur geringen Konzentrationen vorhanden.
Erhöhte Phosphatwerte im Hypolimnion, durch Rücklösungprozesse aus dem Sediment freigesetzt, konnten in den meisten Sommermonaten festgestellt werden. Auch das Absinken von abgestorbenen Algen erhöht den Gesamt-Phosphatgehalt im Tiefenwasser.
Gelöstes Phosphat ist im Oktober 91 aufgebraucht und im Winter nur in geringen Mengen vorhanden. Dann stiegen die Werte sprunghaft an, um zum Herbst wieder abzunehmen (Abb. 24).

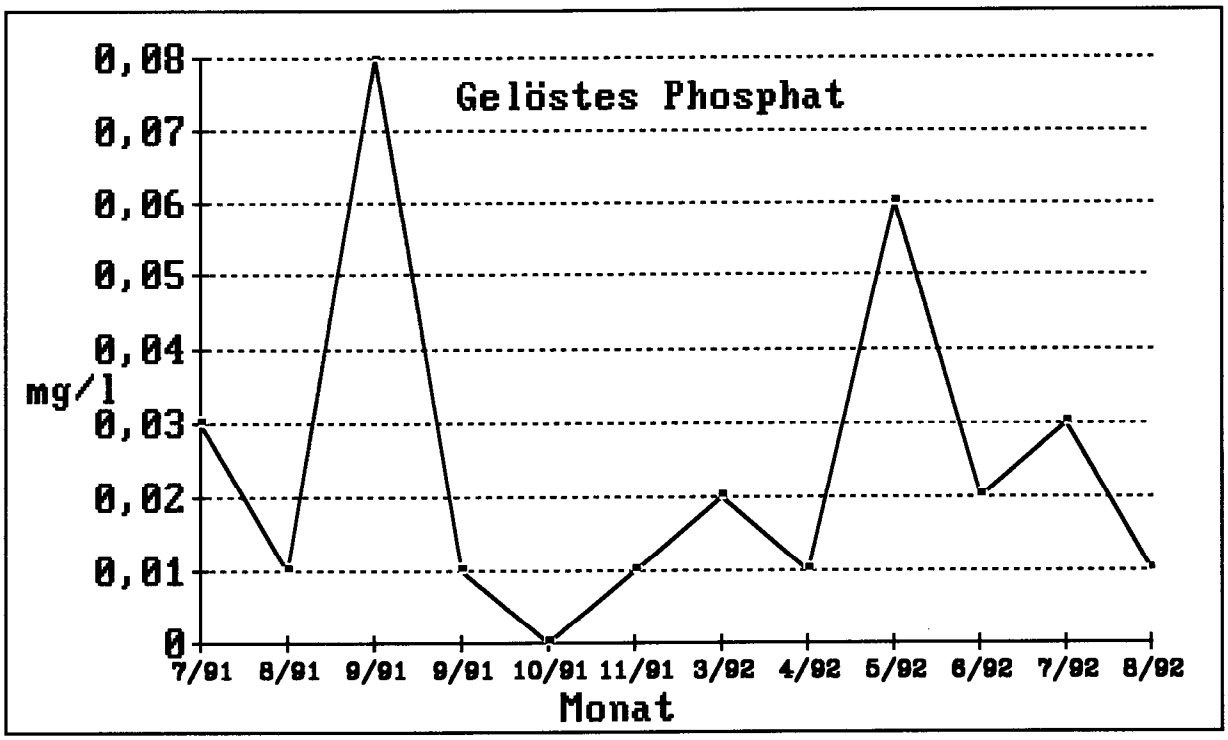


Abb. 24: Gel. Phosphatwerte im Epilimnion des Bansmeeres im Jahresverlauf

Mit Gehalten von 0,02 bis 0,17 mg/l Ges.-Phosphat und durchschnittlichen Chlorophyllwerten von 17 µg/l handelt es sich bei dem Bansmeer um ein eutrophes Gewässer. Die Produktion von Biomasse ist hoch und die Sauerstoffversorgung der tieferen Schichten im Sommer ungenügend. Darüberhinaus sind nur geringe Sichttiefen festgestellt worden.
Die landwirtschaftlichen Flächen, die das Bansmeer umgeben, grenzen direkt am Schilfsaum. Hier wäre es zum Schutze des Bansmeeres wichtig, Pufferzonen einzurichten.
Aber auch der Nährstoffeintrag durch den Zufluß spielt eine Rolle bei der Eutrophierung.

Phytoplankton

Das Uphuser Meer und das Bansmeer unterscheiden sich hinsichtlich des Vorkommens und der Zusammensetzung des Planktons kaum.
Auch hier kommt es im Sommer zu einer Blaualgenblüte, die hauptsächlich von Gomphosphaeria naegeliana (siehe Abb. 4) dominiert ist. Kennzeichnend dafür ist eine grüne Färbung des Wassers.
Der Artenreichtum der Kieselalgen ist im Bansmeer besonders ausgeprägt. Die 21 gefundenen Arten verteilen sich auf die Sommer- und Herbstmonate. Im Winter werden verstärkt kälteliebende Goldalgen gefunden. Aber auch die Grünalgen sind in diesem Gewässer stark vertreten
Wie schon beim Uphuser Meer beobachtet, weist die Blaualge Gomphosphaeria naegeliana im Sommer 92 einen Rückgang in der Individuenzahl auf.

Zooplankton

Wie im Uphuser Meer sind auch hier zwei Krebsarten vorherrschend, Eurytemora affinis und Neomysis integer, die vorwiegend im brackigem Bereich heimisch sind.
Der Blattfußkrebs Diaphanosoma brachyurum taucht regelmäßig im Sommer auf und verschwindet zum Herbst wieder vollständig.
Im Juli 92 gibt es ein ungewöhnliches, massenhaftes Aufkommen von verschiedenen Rädertieren, die im nächsten Monat wieder vollständig verschwunden sind.
Allgemein kann festgestellt werden, daß die Algenpopulation im Bansmeer zahlenmäßig geringer ist als im Uphuser Meer.

Benthische Flora und Fauna

Aufgrund der während der Stagnation herrschenden Sauerstoffarmut in den bodennahen Wasserschichten ist das schlickige Sediment durch Reduktion schwarz. Die Sedimente der Uferbereiche sind dagegen stark mit organischem Material durchsetzt.
Im Gegensatz zum Uphuser Meer sind hier einige Libellenlarven im Ufersediment gefunden worden.
Aufgrund des hohen Kalkgehaltes ist eine große Bestandsdichte der Muscheln möglich. Ferner sind Bremsenlarven und Flohkrebse festzustellen.
Das Bansmeer umgibt vollständig ein breiter Röhrichtgürtel, der hauptsächlich von Schilf dominiert ist.
Zwischen den Schilfhalmen hat sich die unverzweigte Fadenalge Cladophora spec. angesiedelt.

Zusammenfassung

- eine stabile Temperaturschichtung ist ausgebildet
- es kommt zu Sauerstoffübersättigungen von 176 % im August 1991
- im Sommer ist das Tiefenwasser ab 6 m sauerstofffrei
- der Salzgehalt schwankt zwischen 0,1 und 0,4 % (leicht brackig)
- elektrolytreiches Gewässer
- die Nitrat- und Ammoniumbelastung ist geringer als im Uphuser Meer
- im September 91 und Juli 92 ist Nitrat im Epilimnion aufgezehrt
- gel. Phosphat ist im Oktober 91 aufgebraucht
- erhöhte Phosphatwerte im Tiefenwasser während der Stagnationsphase
- massenhaftes Vorkommen der Blaualge Gomphosphaeria naegeliana
- Einstufung des Bansmeeres in Trophiegrad eutroph

5. Zusammenfassung

Für diese Broschüre wurden sechs Meere in Ostfriesland zum ersten Mal in diesem Umfang untersucht.
Ziel dieses Berichtes ist es, über den Zustand der Seen zu informieren.
Von wesentlichem Interesse sind hierbei die in diesen Gewässern ablaufenden chemischen, physikalischen und biologischen Prozesse.
In den einzelnen Beschreibungen wird darüberhinaus auf die Entstehung und Nutzung der Seen sowie Besiedlung der Sedimente durch Flora und Fauna eingegangen.
Durch Naherholung, Fischerei und Nährstoffeintrag über Boden, Wasser und Luft sind die Gewässer starker Belastung ausgesetzt.
Sind Kenntnisse über den aktuellen Zustand der Gewässer vorhanden, können rechtzeitig erforderliche Pflege- und gegebenenfalls Sanierungs- und Restaurierungsmaßnahmen veranlaßt werden.
Dies macht die Notwendigkeit einer regelmäßigen limnologischen Überwachung und Untersuchung der stehenden Gewässer deutlich. Auch die sechs Meere in Ostfriesland, die innerhalb eines zweijährigen Projektes untersucht wurden, weisen Eutrophierungsmerkmale auf, die unterschiedlich stark ausgeprägt sind.
Dabei muß darauf hingewiesen werden, daß das für die Beurteilung der Wasserqualität verwendete Trophiesystem als Beschreibung und nicht als Wertung zu sehen ist.
Ein flacher Naturschutzsee (Sandwater) und ein 26 m tiefes Gewässer mit Zuläufen (Uphuser Meer) sind dabei in die Trophiestufe eu- bis polytroph einzustufen.
Ein tiefer Naturschutzsee (Bansmeer) ist als eutroph zu bezeichnen, während eine noch relativ junge Kieskuhle (Tannenhausener Kieskuhle) mesotrophe Eigenschaften aufweist.
Die beiden untersuchten Moorseen unterscheiden sich stark im Nährstoffgehalt. Sie sind zwar beide als dystroph einzuordnen, das junge Ottermeer ist aber gegenüber dem Ewigen Meer wesentlich nährstoffärmer.
Um diese Seen vor weiterer Belastung zu schützen, wird es nötig sein, den Eintrag von Nährstoffen zu verringern.
Für diesen Bericht konnte nur eine kleine Anzahl von Seen ausgewählt werden.
Es wäre jedoch wünschenswert, auch die übrigen Meere Ostfrieslands limnologisch zu untersuchen.

Besonderem Dank gebührt Herrn Kolde von der Jugendbildungsstätte Juist für die Bereitstellung der Luftbildaufnahmen.

6. Literatur

Janssen, Theodor (1967): Gewässerkunde Ostfrieslands
Verlag Ostfriesische Landschaft, Aurich

Klapper, Helmut (1992): Eutrophierung und Gewässerschutz
Gustav Fischer Verlag, Jena

Klee, Otto (1985): Angewandte Hydrobiologie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1990): Limnologie und Bedeutung ausgewählter Talsperren in der Bundesrepublik Deutschland
Woeste Druck und Verlag, Essen

Streble, Heinz, Krauter, Dieter (1985): Das Leben im Wassertropfen
Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart

Schwoerbel, Jürgen (1980): Methoden der Hydrobiologie, Süßwasserbiologie
Gustav Fischer, Stuttgart

Schwoerbel, Jürgen (1987): Einführung in die Limnologie
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

Uhlmann, Dietrich (1988): Hydrobiologie - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

Kartengrundlage: Topographische Karte 1 : 25000,
2410 (1989), 2512 (1989), 2609 (1988), 2610 (1989)

Vervielfältigt mit Erlaubnis des Herausgebers:
Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Landesvermessung -
B 4-531/93