

# Wie verändern sich Gewässer?

## WECHSELWIRKUNGEN VON GRUND- UND OBERFLÄCHENWASSER UND IHRE FOLGEN FÜR EIN STILLGEWÄSSER-ÖKOSYSTEM

**Gewässer verändern sich.**  
**Die Konzentration von Nähr- und Schadstoffen im Wasser schwankt beispielsweise schon bedingt durch die Jahreszeiten erheblich.**  
**Welche Auswirkungen haben qualitative und quantitative Veränderungen in den Zuflüssen – zum Beispiel von Niederschlag und Grundwasser – auf die Nährstoffkonzentration im See und ihre Schwankungen?**  
**Wann sind die Schwankungen »normal«, wann beginnt eine tatsächliche Veränderung?**  
**Mit diesen Fragen beschäftigen sich Forscher der Arbeitsgruppe Gewässerökologie des Instituts für Geobotanik in einer Langzeitstudie im Naturschutzgebiet »Heiliges Meer«.**

Aus Niederschlag und Grundwasser gelangen wichtige Pflanzennährstoffe wie Nitrat und Phosphat, aber auch Schadstoffe in Gewässer-Ökosysteme. Die Konzentration dieser Stoffe in den Gewässerzuflüssen bestimmt die Geschwindigkeit der Anreicherung und gleichzeitig die aktuelle Trophiesituation. Stillgewässer unterliegen einer ständigen Stoffzufuhr und stellen damit ein Sammelbecken für Nährstoffe aller Art dar.

Welche Auswirkungen zeigen Veränderungen in den Einträgen beispielsweise durch Extensivierung von landwirtschaftlichen Nutzflächen auf den Nährstoffgehalt von Gewässern und seine Biozönosen?

Dieser komplexen Fragestellung gehen Wissenschaftler vom Institut für Geobotanik in Kooperation mit dem Westfälischen Museum für Naturkunde, Münster, in dem Naturschutzgebiet »Heiliges Meer« im Südwesten der norddeutschen Tiefebene nach.

Hier studieren sie in einem Langzeitmonitoring die Wechselbeziehungen von Gewässern unterschiedlichen Alters und unterschiedlichen Nährstoffgehalts und ihrer Umwelt. Neben der Erfassung klimatisch relevanter Parameter (z.B. Temperatur, Luftfeuchte und Niederschlag) bilden regelmäßige umfangreiche vegetationskundliche und hydrochemisch-physikalische

Analysen die Basis zur Charakterisierung der Standorteigenschaften und ihrer Veränderungen (s. POTT et al. 1998).

### Elektrische Leitfähigkeit als Summenparameter

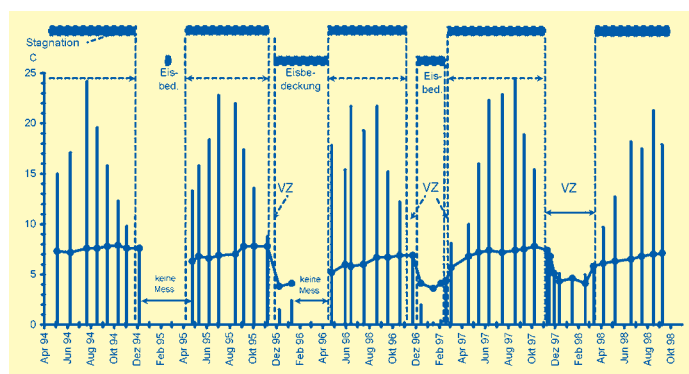
Ein wichtiger Parameter zur Charakterisierung von Gewässern ist die elektrische Leitfähigkeit des Wassers, gemessen in [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]. Sie dient als Maß für den Gesamtionen-gehalt des Wassers und wird vor allem durch Chloride, Sulfate sowie den Gehalt des Wassers an Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium und anderen Metallionen bestimmt.

In natürlichen, anthropogen nur wenig beeinflussten Gewässern der pleistozänen Sandlandschaften stehen die Konzentrationen dieser Salze in einem bestimmten Verhältnis zu den Konzentrationen anderer wichtiger Pflanzennährstoffe wie Phosphat und Stickstoffverbindungen, so dass die elektrische Leitfähigkeit unter diesen Bedingungen

auch als Maß für den Trophie- und Entwicklungszustand eines Gewässers herangezogen werden kann.

### Zeitliche Verteilung von Nährstoffen im See

Gewässer der nordwestdeutschen Tiefebene zeichnen sich durch einen regelmäßigen, klimatisch bedingten Wechsel von Stagnations- und Zirkulationsphasen aus. Entscheidend für das Pflanzenwachstum und die Trophieentwicklung im freien Wasserkörper der Gewässer, dem Pelagial, ist die Zeitspanne, in der es zu einer Nährstoffbereitstellung und -verteilung kommt. Diese wird unter anderem durch das Phasenverhältnis von Stagnation und Vollzirkulation (Holomixis) bestimmt und ist dabei sehr stark von lokalen Witterungsbedingungen abhängig. Abbildung 1 veranschaulicht diese Zusammenhänge am Beispiel des nährstoffreichen Stillgewässers »Großes Heiliges Meer«.



So können milde Winter eine herbstliche Vollzirkulation bis in das Frühjahr hinein verlängern und zu einem Ausfall der Winterstagnationsphase führen.

Als Folge davon können über einen viel längeren Zeitraum unter aeroben Bedingungen sehr viel mehr Nährstoffe aus dem Sediment rückgelöst werden. Im Gegensatz dazu wird durch einen kalten Winter, gefolgt von einem heißen Sommer, der bereits früh im Jahr einsetzt, die Phasenbeziehung zugunsten der Stagnation verschoben.

**Räumliche Nährstoffdifferenzierung**

Neben einer zeitlichen Variation von Nährstoffkonzentrationen im Ökosystem See können auch räumliche Gradienten im Bereich der Uferzone, des Litorals, Aufschluss über mögliche Belastungsquellen liefern.

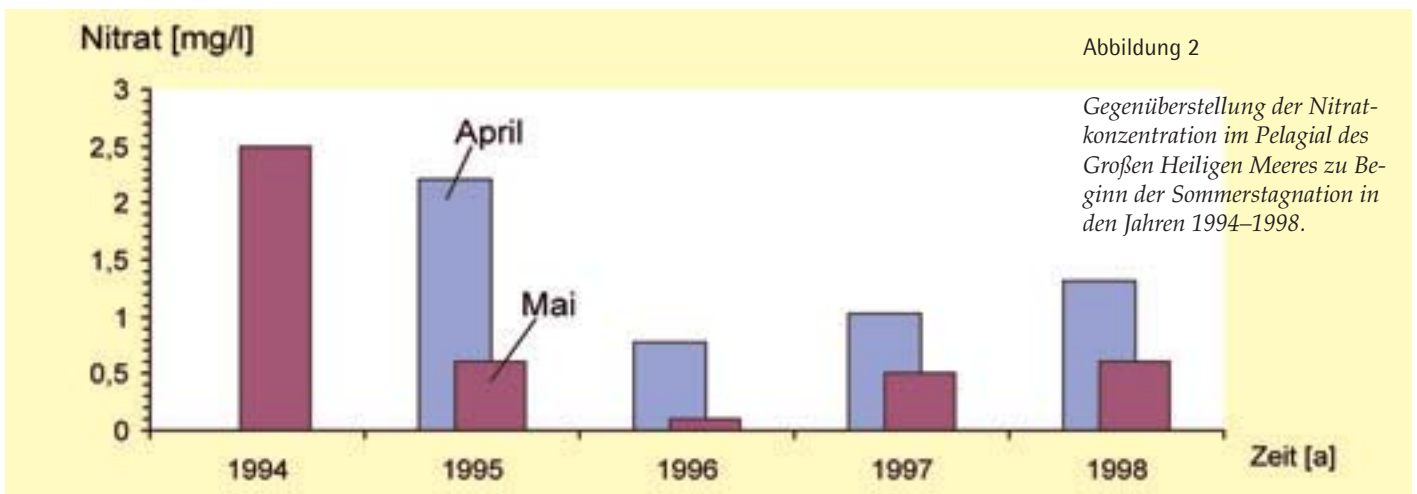
Hierzu dient die Vegetation als zuverlässiger Indikator.

Die Vegetationskundler arbeiten in diesem Zusammenhang nicht nur mit den Indikatoreigenschaften einzelner Arten,

Das Röhricht wird gürtelartig von einem Weiden-Faulbaum-Gebüsch vom Typ des *Frangulo-Salicetum* mit der Grauweide (*Salix cinerea*) und der Ohrweide (*Salix aurita*) umschlossen, das zusammen mit dem Erlenbruchwald vom Typ des *Carici elongatae-Alnetum* mosaikartig in die Röhrichtzonen vordringt (Abbildung 3).

Auf der Basis dieser pflanzensoziologischen Befunde lässt sich die Trophie des Litorals auch hydrochemisch charakterisieren (HAGEMANN ET AL. 2000).

Abbildung 1 (linke Seite) Phasenwechsel von Stagnation und Zirkulation am Beispiel des Großen Heiligen Meeres. Dargestellt ist der Temperaturverlauf in den Tiefen 0 m (Säulen) und 10 m (Punktlinie) von 05/1994 bis 09/1998. In Abhängigkeit von der Witterung kann die Dauer der Vollzirkulation (VZ) von Jahr zu Jahr unterschiedlich lang sein. In milden Wintern z.B. 1997/98 dauerte sie sogar bis zum Beginn der Sommerstagnation an. Bei Eisbedeckung kommt es zu einer charakteristischen inversen Schichtung des Wasserkörpers, der Winterstagnation.



1996 fand ein Wechsel von Winter- zu Sommerstagnation statt, ohne dass die Wassermassen ausreichend durchmischt worden sind. Eine Holomixis konnte in diesem Frühjahr nicht beobachtet werden. Als Folge davon wurden im Pelagial deutlich reduzierte Stickstoffkonzentrationen im Vergleich zum Vorjahr festgestellt (Abbildung 2). Demnach bestimmt das Witterungsgefüge von Jahr zu Jahr in unterschiedlichem Maß das Angebot der Pflanzennährstoffe. Die Folgen sind jährliche Schwankungen der Nährstoffparameter im Pelagial.

sondern berücksichtigen auch deren gemeinsames Auftreten in so genannten Pflanzengesellschaften, wodurch eine umfassende Charakterisierung der Standortbedingungen vorgenommen werden kann.

Am Südost-, Ost- und Nordostufer des »Großen Heiligen Meeres« befinden sich Schwimmblattgesellschaften vom Typ des *Myriophyllo-Nupharetum*, an die sich Bereiche mit meterhohen Schilfröhrichten von Typ des *Scirpo-Phragmitetum* mit eutraphen Hochstaudenanteilen anschließen, in denen besonders Schwertlilie (*Iris pseudacorus*), Zungenhahnenfuß (*Ranunculus lingua*), Wolfstrapp (*Lycopus europaeus*) und Sumpf-Haarstrang (*Peucedanum palustre*) als Nährstoffzeiger auffallen.



Im Südosten- und Osten des Sees sind beispielsweise die Konzentrationen der Parameter Ammonium und Phosphat deutlich erhöht.

Dies beruht auf einer erhöhten Mineralisation des ver-

Abbildung 3 Das »Große Heilige Meer« mit einer typisch eutrophen Verlandungsvegetation aus Schwimmblattgesellschaften, Röhrichten, Gebüschgürtel und Bruchwaldformationen.

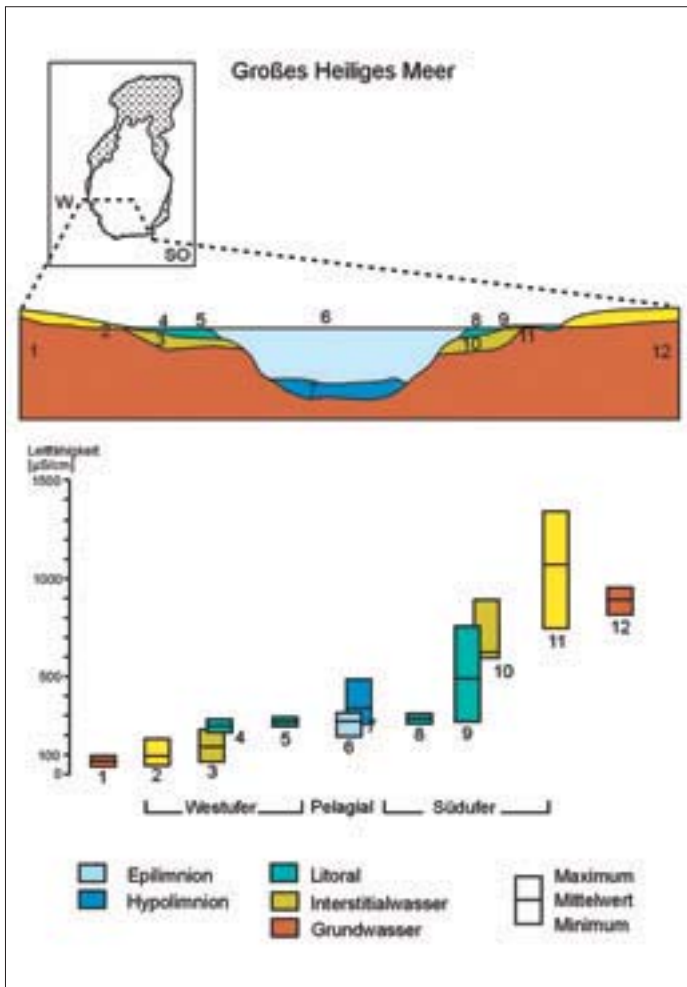


Abbildung 4 Schematischer Schnitt durch das »Große Heilige Meer«. Dargestellt ist eine Differenzierung verschiedener Uferabschnitte mit Hilfe der Leitfähigkeit [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]. Als Summenparameter für die Trophie, (1 • Grundwasser; 2 • Bodenwasser; 3 • Interstitialwasser am Westufer; 4 • Freiwasser am Westufer; 5 • Freiwasser in der Schwimmblattzone am Westufer; 6 • Freiwasser Pelagial (Mittelwert 0–3m); 7 • Freiwasser Pelagial (Mittelwert 8–10m); 8 • Freiwasser in der Schwimmblattzone am Südostufer; 9 • Freiwasser am Südostufer; 10 • Interstitialwasser am Südostufer; 11 • Bodenwasser am Südostufer; 12 • Grundwasser).

mehrt anfallenden organischen Materials, wofür auch erhöhte Werte des gelösten Kohlenstoffdioxids sprechen. In der Summe ist dies auch im Gesamtionengehalt des Wassers (der Leitfähigkeit) nachzuweisen, die am Ostufer deutlich höher liegt als im Pelagial (Abbildung 4).

Ursächlich ist von allochthonen Stoffeinträgen auszugehen, die über oberflächennahes Grund- oder Sickerwasser und auch über feuchte und trockene Depositionen von benachbarten, zum Teil intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen in den See gelangen können.

Von diesem Bild abweichende Nährstoffbedingungen zeichnet die Verlandungsvegetation am West und Nordwestufer nach: Dort charakterisieren Schwimmblattdecken aus Kleiner Seerose (*Nymphaea alba*

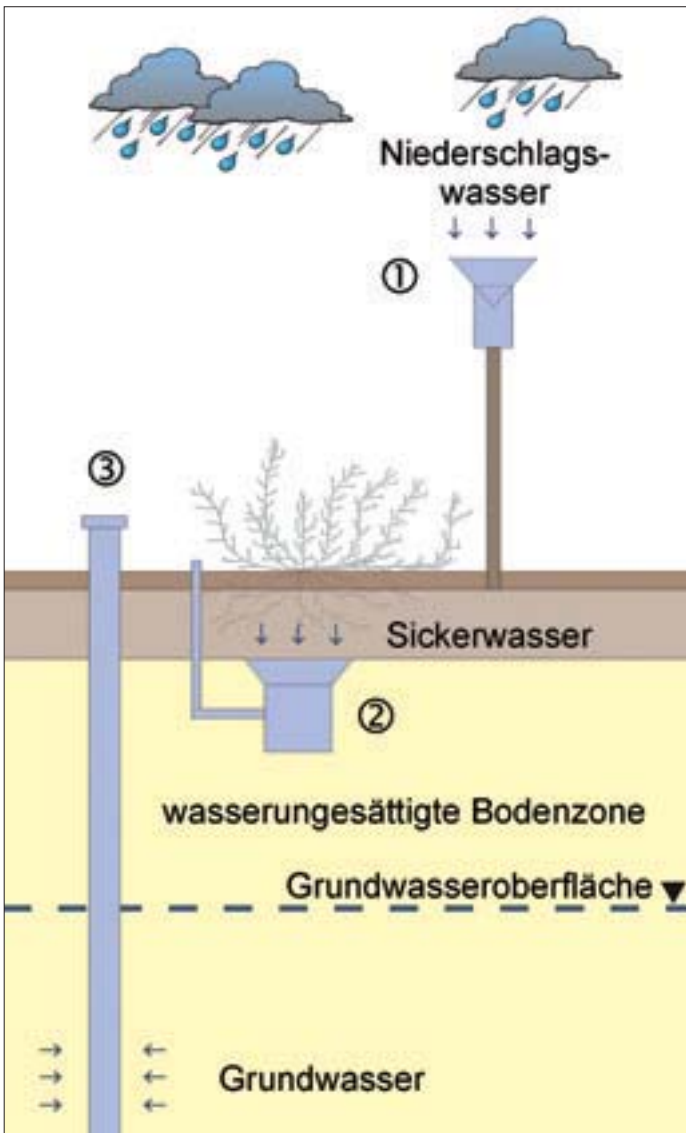
var. *minor*) und Wechselblütigem Tausendblatt (*Myriophyllum alterniflorum*) ein »lichtes« Röhricht mit vielen mesotraphenten Begleitern und im Anschluss daran niedrige Gebüsche des Gagels (*Myrica gale*) sowie ein Birkenbruchwald aus der Moorbirke (*Betula pubescens*) spezielle mesotrophe Standortbedingungen.

An einigen Stellen finden sich Kontaktgesellschaften der Hochmoorschlenkenvegetation ein: Sonnentau (*Drosera intermedia*), Hundsstraußgras (*Agrostis canina*) und Sumpfbultauge (*Comarum palustre*) deuten auf dys-mesotraphente Standortbedingungen hin (Abbildung 5).

Dieser Uferbereich wird hydrochemisch durch eine sehr niedrige Leitfähigkeit des Seewassers charakterisiert, die um die Hälfte niedriger liegt als im Pelagial (vgl. Abbildung 4).

Dies steht im Zusammenhang mit einem Rückgang der Alkali- und Erdalkalitionen. Auch der Gehalt an Ammonium ist hier gegenüber den Messstellen im Litoral am Nord- und Ostufer geringer; dieser Trend setzt sich in der angrenzenden semiterrestrischen Uferzone fort. Die Leitfähigkeit sinkt dabei unter 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ab, was im Wesentlichen einer Abnahme der Konzentration an Alkali- und Erdalkalitionen entspricht, aber auch Sulfat und Chlorid gehen deutlich zurück.

Weitgehende Übereinstimmungen mit den chemischen Milieubedingungen des Grundwassers unter der Heide im Westen des »Großen Heiligen Meeres« weisen darauf hin, dass das Eu- und Supralitoral am West- und Nordwestufer durch saures, nährstoffarmes Grundwasser beeinflusst werden (s.u.).



**Heidelandschaften im Gewässerumfeld: Beeinflussung der Stillgewässer durch nährstoffarmes Grundwasser**

Als Folge der Rodung von Wäldern durch den Menschen bedeckten im Mittelalter Heidelandschaften mit der Besenheide (*Calluna vulgaris*) als dominierende Zwergstrauch-Art weite Flächen Norddeutschlands (POTT & HÜPPE 1991).

Durch die Jahrhunderte lang betriebene, so genannte Plaggenwirtschaft (Entnahme der Humus- und obersten Bodenschicht zur Verwendung als Streu in den Ställen und anschließend als Dünger auf den Äckern) verarmten die ohnehin nährstoffarmen Sandböden dieser Region noch

zusätzlich an Pflanzennährstoffen.

In der heutigen Agrarlandschaft sind derartige *Calluna*-Heiden als Relikte der alten Nutzungsformen nur noch inselhaft vertreten, bilden aber beispielsweise im Naturschutzgebiet »Heiliges Meer« wichtige Bestandteile der Vegetation im Einzugsbereich der Stillgewässer.

Das unter den Heideflächen gebildete Grundwasser ist sehr nährstoffarm. Eintragsquelle für Nährstoffe ist auf diesen Flächen in erster Linie das Niederschlagswasser. Während in Wäldern das Niederschlagswasser bei einer Passage durch die Baumkronen durchaus erheblich mit

verschiedenen Substanzen befrachtet werden kann, enthält es auf Freiflächen natürlicherweise nur wenig Pflanzennährstoffe.

Zur Beurteilung der durch die Vegetation indizierten grundwasservermittelten Stoffeinträge in die Stillgewässer ist es wichtig, ausführliche Kenntnisse über die Grundwassereigenschaften im Gewässerumfeld zu erwerben.

Um schließlich die Veränderungen der physikochemischen Eigenschaften des Wassers vom Niederschlags- bis zum Grundwasser innerhalb der *Calluna*-Heide zu verfolgen, wurden in verschiedenen Abschnitten der gesamten Passage Wasserproben entnommen und analysiert.

Hierzu dienten neben Niederschlagsmessern Kleinstlysimeter, die das Sickerwasser nach der Passage der vom Heidekraut durchwurzelten obersten Bodenhorizonte (etwa 40 cm) auffangen, sowie Grundwassermessstellen, die eine Beprobung des Grundwassers aus einer Tiefe von 3 m ermöglichen (Abbildung 6).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind für die Parameter elektrische Leitfähigkeit, Nitrat- und Ammonium-Gehalt des Wassers in ihrer vertikalen Veränderung dargestellt (Abbildung 7 a–c).

Hierbei ist deutlich zu erkennen, dass der Gesamtionengehalt des Wassers – gemessen anhand der elektrischen Leitfähigkeit – sowohl im Niederschlagswasser als auch im oberflächennahen Sickerwasser Schwankungen in einem weiten Bereich zeigt, während das Grundwasser hingegen sehr stabile Verhältnisse aufweist.

Mit Ausnahme des Sickerwassers bewegt sich aber der Gesamtionengehalt insgesamt auf einem niedrigen Niveau und liegt deutlich unter den Werten, die im Großen Heiligen Meer gemessen werden.

Abbildung 5 (links) *Sonmentau (Drosera intermedia), Hundsstraußgras (Agrostis canina) und Sumpfbloodaue (Cormarum palustre) sind an basen- und nährstoffarme Standorte angepasst und charakterisieren hochmoorähnliche Bedingungen am Westufer des »Großen Heiligen Meeres«.*

Abbildung 6 Schematische Darstellung der verwendeten Methoden zur Beprobung von Niederschlagswasser, Sickerwasser und Grundwasser.

- 1 Niederschlagsmesser, aufgestellt in einer Höhe von 1,50 m,
- 2 Kleinstlysimeter, welches das Sickerwasser in einer Bodentiefe von 40 cm auffängt,
- 3 Grundwassermessstelle mit Verfilterung in einer Bodentiefe von 3 m.

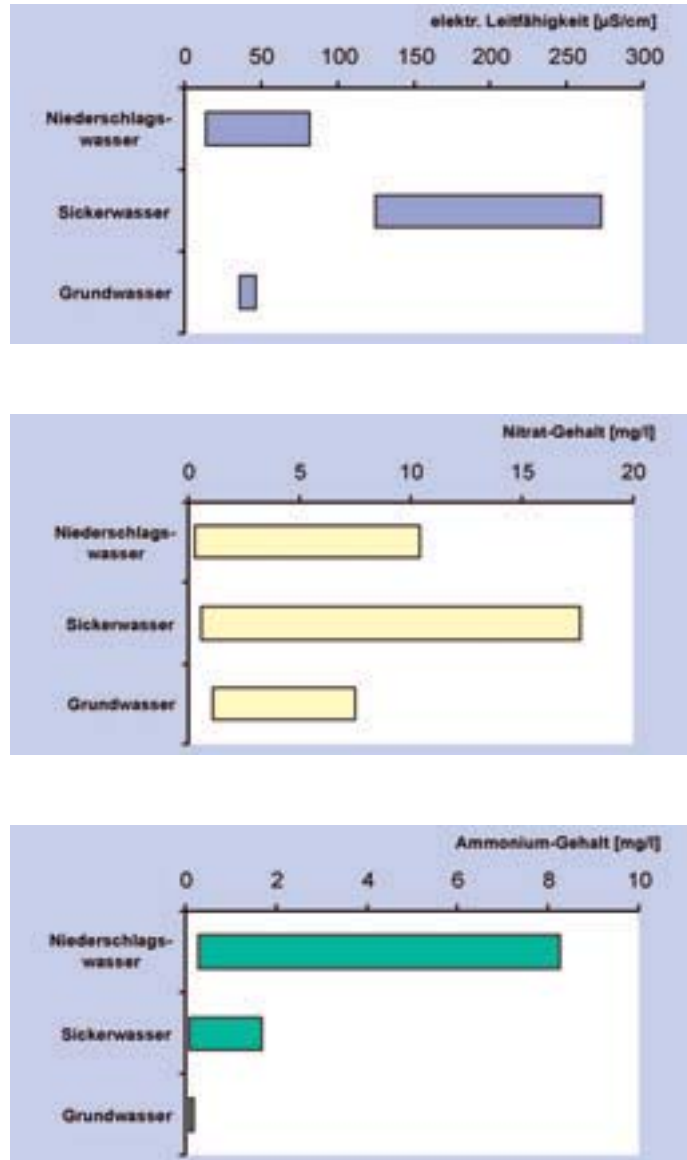


Abbildung 7  
Die Abbildungen 7a bis 7c zeigen die Schwankungsbereiche ausgewählter Parameter im Niederschlags-, Sicker- und Grundwasser im Bereich einer Calluna-Heide (NSG »Heiliges Meer«) im Messzeitraum von März 2001 bis Februar 2002.

Dargestellt sind die elektrische Leitfähigkeit [ $\mu\text{S/cm}$ ] (a), der Nitrat-Gehalt [mg/l] (b) sowie der Ammonium-Gehalt [mg/l] (c).

Das Niederschlagswasser wurde in einer Höhe von 1,50 m aufgefangen, das Sicker- und Grundwasser wurde aus einer Bodentiefe von 40 cm bzw. 3 m gewonnen.

Die starken Schwankungen des Ionengehalts sind beim Niederschlagswasser auf Veränderungen der Stoffeintragsquellen wie beispielsweise Düngerausbringung auf benachbarten landwirtschaftlichen Nutzflächen, Streusalzbelastungen im Winter oder intensive Blütenstaubanreicherungen im Mai und Juni zurückzuführen.

Im Bereich des Sickerwassers spielen vor allem jahreszeitliche Veränderungen der Bodentemperatur und damit verbunden der bodenmikrobiellen Aktivität sowie Veränderungen des Wasser- und Nährstoffentzugs durch die Vegetation im Laufe der Vegetationsperiode eine Rolle.

Insbesondere beim Sickerwasser ist außerdem zu berücksichtigen, dass die Veränderungen des Gesamtionengehalts mit Schwankungen des pH-Werts des Wassers im Zusammenhang stehen.

Bei pH-Werten von 3,3 bis 4,1 im Bereich des Sickerwassers machen die  $\text{H}^+$ -Ionen einen großen Anteil der Gesamtionenkonzentration aus und sind hier somit entscheidend an einer saisonalen Erhöhung der Leitfähigkeitswerte beteiligt.

Eine erhöhte Nitratbildung sowie eine vermehrte Auswaschung organischer Säuren werden im oberflächennahen Bereich gleichermaßen von einer Absenkung des pH-

Werts und damit einem Anstieg des Gesamtionengehalts begleitet. Die in der Graphik zu erkennenden Maxima der Nitratauswaschung mit 17,6 mg/l im Sickerwasser werden im Herbst erreicht (Abbildung 7b).

In landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen gelangen durch Emissionen aus Tierställen oder im Zuge der Gülleausbringung unter anderem heute große Mengen an Ammoniak in die Atmosphäre, was zu zeitweise stark erhöhten Gehalten des Niederschlagswassers an Stickstoffverbindungen führt (Abbildung 7b und 7c). Diese liegen deutlich über den Werten, die im Sicker- und Grundwasser gemessen werden können.

Hier kommt der Vegetation eine entscheidende Filterfunktion zu: Nur ein Teil des eingetragenen Ammoniums wird mikrobiell in Nitrat umgewandelt, welches leicht in das Grundwasser ausgewaschen werden kann. Ein erheblicher Anteil des Ammoniums und auch des Nitrats wird jedoch für den Aufbau von Biomasse genutzt und kann im Fall des Ammoniums auch im Boden adsorbiert werden. Zudem liegt auch der Nitrat-Gehalt des Grundwassers deutlich unter den Werten, die zeitweilig im Sickerwasser auftreten, wofür zu einem großen Teil vermutlich Denitrifikationsprozesse während der Bodenpassage verantwortlich sind.

Vergleicht man nun direkt die Niederschlags- mit der Grundwasserqualität, so kommt es unter dem Einfluss der Heidevegetation nur zu einer geringen Zunahme des Ionengehalts des infiltrierten Niederschlagswassers (Abbildung 7a).

Im Hinblick auf die luftbürtigen Stickstoffeinträge bewirken Vegetation und Bodenpassage sogar eine entscheidende Verminderung der letztlich im Grundwasser auftretenden Stoffkonzentrationen.

Da zudem die Heide als Freifläche eine wesentlich höhere Grundwasserneubildungsrate aufweist als beispielsweise eine Waldfläche, bildet sie eine wichtige Quelle für nährstoffarmes Grundwasser, welches entscheidend zur Stabilisierung der Nährstoffbedingungen im Großen Heiligen Meer beiträgt.

**Beeinflussung der Stoffdynamik**

Die Umwandlung von Ackerflächen in Weideflächen führt zu einer raschen Abnahme der Nitratbelastungen im Grundwasser. Zusätzlich kann durch den Fortfall von Düngemittelausträgen und durch den Ausfall von Bewirtschaftungsphasen mit Brachflächen die Auswaschungsrate von Stickstoff und anderen Nährstoffen erheblich reduziert werden. Zudem begünstigt eine Weidewirtschaft die Reduktion von Nitrat zu Ammonium und zu molekularem Stickstoff.

So ließ sich nach Umwandlung eines Maisackers in eine Weidefläche im Nordwesten des Naturschutzgebietes ein Nitratrückgang im Grundwasser von 200 mg/l auf unter 10 mg/l innerhalb eines Zeitraumes von sechs Jahren beobachten (Abbildung 8).

Schon nach einem Jahr konnte ein Nitratrückgang auf weniger als 50 Prozent der Ausgangskonzentration festgestellt werden. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass bereits kurz- bis mittelfristig die Nitratkonzentration im Grundwasser über Änderungen der Bewirtschaftungsform lokal erheblich reduziert werden kann. Da sich das Grundwasser der oberflächennahen Zone auch im Sand innerhalb linearer Systeme bewegt, lässt sich bereits durch lokale Maßnahmen, zum Beispiel durch gezielte Flächenumwandlungen, eine erhebliche Reduktion des Gefahrenpotenzials für die Gewässer im Naturschutzgebiet »Heiliges Meer« erreichen.

Die Erhaltung der Heiden ist jedoch von Management des Naturschutzgebietes abhängig. Um das Gebiet vor übermäßigen Stoffeinträgen aus dem Umfeld zu schützen, findet ein sukzessiver Ankauf von Arrondierungsflächen statt, die ebenfalls einem strengen Naturschutzmanagement mit dem Ziel der Aushagerung unterstellt werden.

**Fazit**

Um Veränderungen in Ökosystemen wahrzunehmen und daraus Trends ableiten zu können, bedarf es der Kenntnis natürlicher Schwankungsbreiten, das heißt, welche Situa-

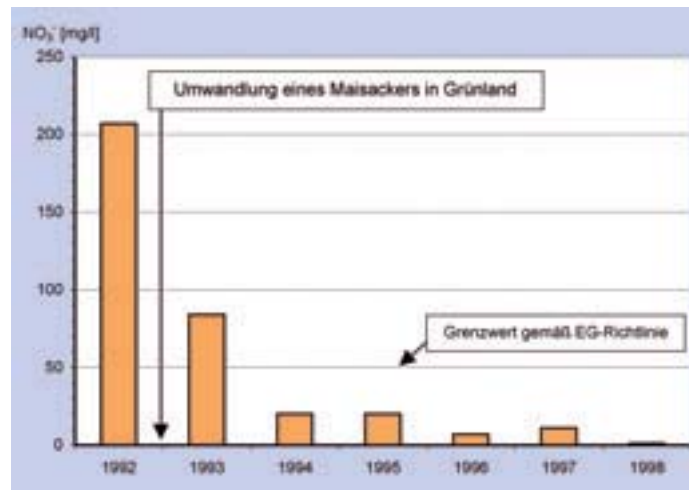


Abbildung 8 Rückgang des Nitrat-Gehalts [mg/l] im Grundwasser des Naturschutzgebietes »Heiliges Meer« in einem Zeitraum von sechs Jahren nach Umwandlung eines Maisackers in Grünland im Jahre 1993 an der Nordwestgrenze des Gebietes.

Es wird deutlich, dass die Trophiebedingungen des »Großen Heiligen Meeres« durch die besondere Situation mit großflächigen Heiden inklusive eigenständiger Grundwasserlinsen im Westen des Sees stabilisiert werden. Auf diesem Wege erfolgt eine Kompensation der hohen Nährstoffeinträge über das Südost- und Ostufer.

tion innerhalb des Gewässers noch als »normal« und welche schon als »Veränderung« einzustufen ist (Pufferwirkung).

Oftmals machen sich Extremereignisse auch noch über Jahre hinweg oder aber erst nach einer zeitlichen Verzögerung im Gewässer selbst bemerkbar, wodurch eine Erstellung von Wirkungsprinzipien und Modellen um so schwieriger ist, je kürzer die Datengrundlage oder je größer der Erfassungsabstand ist.

Ein wissenschaftlich fundiertes »Langzeitmonitoring« über viele Jahre hinweg sichert also die Datenbasis und ist für ökologische Aussagen essentiell.



**Prof. Dr. Richard Pott**  
Jahrgang 1951, ist Direktor des  
Institutes für Geobotanik.



**Dr. Bernd Hagemann**  
Jahrgang 1970, arbeitet als  
wissenschaftlicher Mitarbeiter  
der AG Gewässerökologie,  
Institut für Geobotanik.



**Dipl.-Biol. Martina Herrmann**  
Jahrgang 1975, arbeitet als  
wissenschaftliche Mitarbeiterin  
der AG Gewässerökologie am  
Institut für Geobotanik.



### Ausgewählte Literatur

- HAGEMANN, B., POTT, R. & PUST, J. (2000): Bedeutung der Vegetation für Stillgewässer-Ökosysteme, Trophiedifferenzierung und Trophieentwicklung im Naturschutzgebiet »Heiliges Meer« (Kreis Steinfurt, Nordrhein-Westfalen). In: POTT, R. (Hrsg.): Ökosystemanalyse des Naturschutzgebietes »Heiliges Meer« (Kreis Steinfurt). – Abhandl. Westf. Museum f. Naturkde. 62, Beiheft: 173–271, Münster
- POTT, R. & HÜPPE, J. (1991): Die Hude-landschaften Nordwestdeutschlands. – Abhandl. Westf. Museum f. Naturkde. 53(1/2): 313 S., Münster
- POTT, R., PUST, J. & HAGEMANN, B. (1998): Methodische Standards bei der vegetationsökologischen Analyse von Stillgewässern – dargestellt am Großen Heiligen Meer in den Untersuchungsjahren 1992–1997. – Abhandl. Westf. Museum f. Naturkde. 60(2): 53–110, Münster