

Die Einflussnahme von Waldstrukturen auf die Regenwasserbeschaffenheit im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt)

Martina Herrmann, Hannover & Jürgen Pust, Recke

Zusammenfassung

Im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt/Westfalen) wurden vergleichende Untersuchungen zur Niederschlagsbeschaffenheit auf Freiflächen (*Genisto-Callunetum*), in Wäldern vom Typ des *Betulo-Quercetum* und des *Betuletum pubescentis* sowie in *Pinus sylvestris*-Beständen innerhalb eines 12-monatigen Zeitraumes durchgeführt. Der Freiflächenniederschlag ist in der Regel ionenarm; die Lage des Untersuchungsgebietes in einer landwirtschaftlich intensiv genutzten Region Nordwestdeutschlands bedingt allerdings erhöhte Stickstoff-Depositionen, insbesondere in Form von Ammonium, welche eine Gefährdung oligo- und dystrophenter Vegetationstypen darstellen. Als Folge von Interzeption und der Auskämmung von Stäuben sowie von leaching-Prozessen wird der Bestandsniederschlag zusätzlich mit Pflanzennährstoffen und anderen Substanzen angereichert. Diese Modifikation im Zuge der Kronenpassage wird vor allem im Bereich von Kiefernbeständen wirksam, während jüngere Birken-Eichenwald-Komplexe sowie ein Birkenbruchwald eine wesentlich geringere Erhöhung der Stoffeinträge bewirken. Differenzierend wirken neben den Stickstoffverbindungen vor allem die Elemente Kalium, Calcium, Magnesium und Mangan.

1 Einleitung

Die Problematik erhöhter Nährstoffeinträge in von Natur aus nährstoffarme Ökosysteme über den Niederschlagspfad ist in den letzten Jahrzehnten zunehmend in den Blickpunkt gerückt. Hierbei treten vor allem Stickstoffverbindungen hervor, welche in Form von Stickoxiden aus dem Kraftfahrzeugverkehr oder in Form von Ammoniak aus der Gülleausbringung und Massentierhaltung in die Atmosphäre gelangen und als Nitrat bzw. Ammonium mit den Niederschlägen ausgewaschen werden. Durch die erhöhte Verfügbarkeit stickstoffhaltiger Pflanzennährstoffe kommt es insbesondere in nährstoffarmen Ökosystemen zu Veränderungen des Nährstoffhaushalts und damit zu Verschiebungen der Konkurrenzverhältnisse verschiedener Pflanzenarten und zu Veränderungen des Artenspektrums. Die Vergrasung von *Calluna*-Heiden sowie das vermehrte Auftreten von nitrophytischen Arten in Birken-Eichen-Wäldern sind intensiv untersuchte Beispiele im europäischen Raum (PEARSON & STEWART 1993, STEUBING 1993, BOBBINK et al. 1998, LETHMATE & WENDELER 2000). Für den Bereich von der niederländischen Grenze im Raum Kleve über das Münsterland nach Nordosten bis in das südliche Weser-Ems-Gebiet Niedersachsens beschreiben LETHMATE & WENDELER (2000) sowie LETHMATE et al. (2002) einen sogenannten „Gülle-belt“, welcher durch $\text{NH}_4\text{-N}$ -Depositionsraten von 6,37 bis 12,50 kg/ha*a allein im Freiflächenniederschlag der Region charakterisiert wird.

Die Beschaffenheit des Niederschlagswassers wird zudem entscheidend durch die Vegetation und ihre Struktur beeinflusst. Durch die Prozesse der Interzeption, der Auskämmung von Stäuben sowie des sogenannten „leaching“, d. h. der Auswaschung von anorganischen und organischen Substanzen von den Blattoberflächen, kann es gegenüber dem Freiflächenniederschlag im Bestandsniederschlag zu einer deutlichen Anreicherung von verschiedenen Stoffen kommen (ASCHE 1988, AHMAD-SHAH & RIELEY 1989). Der Effekt einer Nährstoffanreicherung im Regenwasser durch die Vegetation wurde bereits im 19. Jahrhundert erkannt (BUCHENAU 1883). Dieser natürliche Prozess der Nährstoffanreicherung im Bestandsniederschlag wird durch die oben dargestellte Emissionssituation heute erheblich verstärkt.

Das Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt/Westfalen) zeichnet sich durch das Vorkommen verschiedener Stillgewässerkomplexe aus, welche z. T. durch Nährstoffarmut geprägt sind und die eine hohe Vielfalt oligo- und dystropher Vegetationstypen aufweisen (POTT et al. 1998). Diese Gewässer befinden sich allesamt innerhalb nährstoffarmer Heide- und Birken-Eichenwald-Landschaften, die ebenso wie die Gewässer selbst im Hinblick auf ihren Trophiestatus sowie ihr Artenspektrum durch erhöhte atmosphärische Nährstoffeinträge gefährdet sind. In Verbindung mit einer im Jahre 1995 im Naturschutzgebiet ermittelten Freiflächen-Deposition von 3,5 kg/ha*a NO₃-N und 5,83 kg/ha*a NH₄-N weisen bereits POTT et al. (1998) auf die Bedeutung luftbürtiger Nährstoffeinträge für langsame, aber großflächige Eutrophierungsprozesse im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ hin. Im Jahre 1998 konnte mit 7,7 kg/ha*a NO₃-N und 11,1 kg/ha*a NH₄-N eine wesentlich höhere Stickstoffdeposition auf den Freiflächen beobachtet werden (HAGEMANN et al. 2000).

Hier sollen nun weiterführende Ergebnisse aus den Untersuchungsjahren 2000-2002 vorgestellt werden. Die Untersuchungen erfolgten unter mehreren Gesichtspunkten: Zum einen soll die Deposition von Pflanzennährstoffen mit dem Niederschlag auf Freiflächen und in Waldbeständen erfasst und in die bereits bestehende Datengrundlage integriert werden. Zum anderen soll gezielt die Einflussnahme verschiedener Vegetationstypen auf die Niederschlagsbeschaffenheit im Jahresverlauf herausgearbeitet werden; hier stehen Offenlandschaften in Form von Zwergstrauchheiden vom Typ des *Genisto-Callunetum* auf der einen Seite Waldbeständen vom Typ des *Betulo-Quercetum* und des *Betuletum pubescentis* sowie *Pinus sylvestris*-Beständen und einem 10 Jahre alten Birken-Kiefern-Aufwuchs auf einer Heidefläche auf der anderen Seite gegenüber. Als ein durch Straßenverkehr beeinflusster Standort wurde zudem ein Eichen-Birken-Bestand am Rand der Landstraße L 504 in die Untersuchungen einbezogen (s. Abb. 1).

2 Methoden der Niederschlagsbeprobung und -analyse

Das Niederschlagswasser wurde an 13 ausgewählten Freiflächen-, Waldrand- und Waldstandorten im Bereich des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ während eines Untersuchungszeitraumes von 12 Monaten (März 2001 bis Februar 2002) aufgefangen (Abb. 1). Im Jahre 2000 wurden während eines Zeitraumes von Mai bis September bereits vergleichbare Untersuchungen mit einem geringeren Probestellenumfang durchgeführt. Als Sammelgefäß diente jeweils eine in 1,5 m Höhe positionierte 1 l PE-Weithalsflasche, auf welche ein Auffangtrichter mit einem Durchmesser von 28,5 cm aufgesetzt wurde. Die Niederschlagssammler wurden je nach Niederschlagshäufigkeit und -intensität in der Regel drei- bis fünfmal im Monat beprobt und das Regenwasser noch am Tag der Beprobung analysiert. Hierbei wurden die elektrische Leitfähigkeit und der pH-Wert des Regenwassers elektrometrisch, der Gehalt an Nitrat, Ammonium und Phosphat photometrisch (Salicylat-Methode, D9 in DEV 1976 bzw. BERTHELOTS

Reaktion, DIN 38406, E5-1 in DEV 1994; Visocolor HE Phosphat-Test der Fa. Macherey-Nagel) sowie der Gehalt an Chlorid und die Oxidierbarkeit durch titrimetrische Verfahren (Chloridbestimmung nach Mohr, DIN 38405, D1-1 in DEV 1994 bzw. Bestimmung des $KMnO_4$ -Verbrauchs in saurer Lösung, DIN 38409 – H5 in DEV 1994) bestimmt. Die Bestimmung der Konzentration der Alkalimetalle Natrium und Kalium erfolgte atomemissionsspektrometrisch, die der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium sowie der Schwermetalle Eisen, Mangan und Zink atomabsorptionsspektrometrisch (s. POTT et al. 1998).

Die Messwerte weisen im Jahresverlauf eine relativ große Streuung auf. Um die Schwerpunkte der Werteverteilung besser wiederzugeben, wurde in der Auswertung der Median gegenüber dem arithmetischen Mittel bevorzugt. Die Berechnung der De-

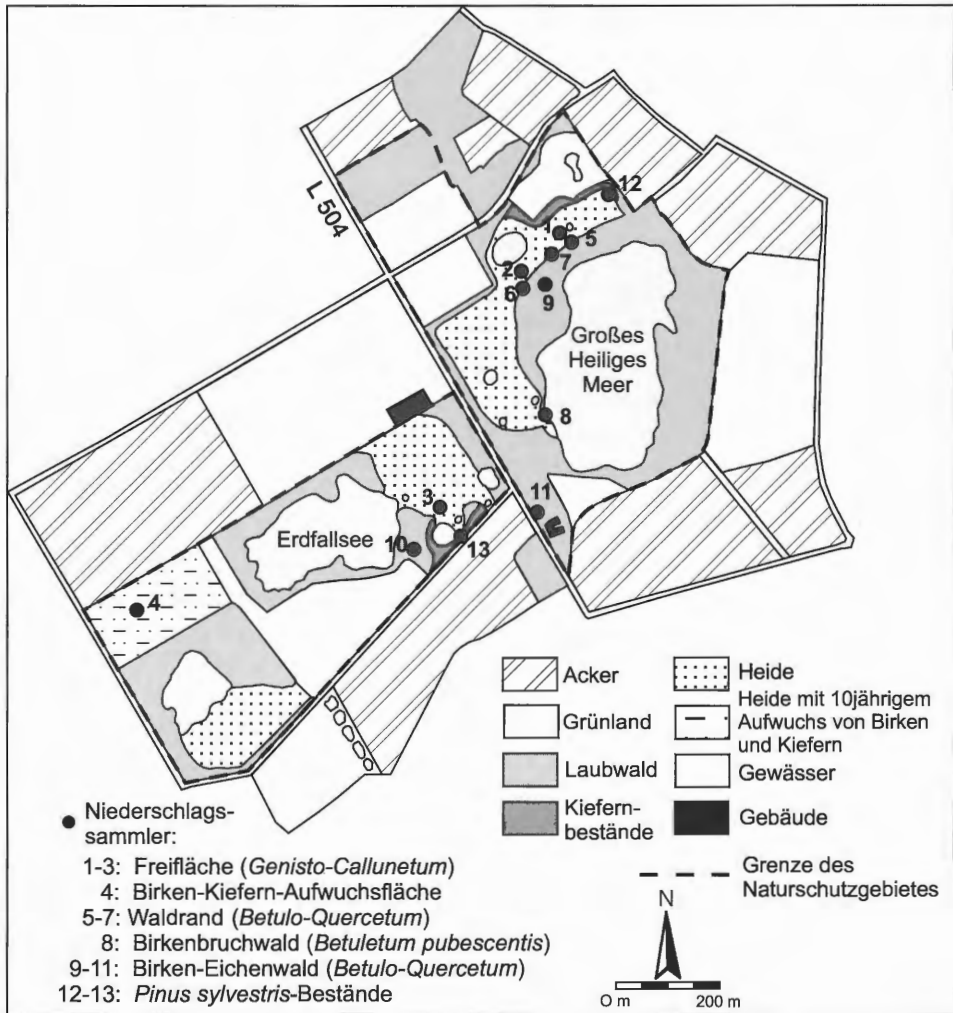


Abb. 1: Übersicht über die Positionierung der Niederschlags-sammler im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“.

positionsangaben für den Zeitraum März 2001 bis Februar 2002 mit einer Gesamtniederschlagsmenge von 962 mm erfolgte anhand von 44 Beprobungsterminen, wobei die an den Waldstandorten als Folge der Interzeption geringere Niederschlagsmenge – nach Winter- und Sommerhalbjahr differenziert – rechnerisch berücksichtigt wurde.

Die Niederschlagsmenge auf der Freifläche wurde mit Hilfe eines Ombrometers nach HELLMANN erfasst; ergänzend wurden die Daten einer Klimamessstation der Fa. Thies (vgl. POTT et al. 1998) verwendet.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Vergleich der Niederschlagsbeschaffenheit auf Freiflächen und im Bereich verschiedener Waldstrukturen

Der Freiflächenniederschlag weist natürlicherweise nur einen geringen Ionengehalt auf (MATTHESS 1994); die Messergebnisse im Untersuchungsgebiet mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 25 bis 27 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Mediane) auf den Freiflächen bestätigen dies. Geringfügig höher liegen die Werte im Bereich einer 10-jährigen Birken-Kiefern-Aufwuchsfläche (Median: 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$), während dann von den Waldrandmessstellen (42-68 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und dem Birkenbruch (57 $\mu\text{S}/\text{cm}$) über die Birken-Eichenwald-Standorte (90 bis 148 $\mu\text{S}/\text{cm}$) bis hin zu den *Pinus sylvestris*-Beständen (112 bis 227 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ein zunehmender Ionengehalt des Niederschlagswassers zu beobachten ist (Abb. 2a).

Die elektrische Leitfähigkeit des Niederschlagswassers unterliegt zudem starken jahreszeitlichen Veränderungen. Neben der zeitlichen Ausdehnung von Trocken- und Regenphasen und der Niederschlagsmenge (MATTHESS 1994) sind vermutlich auch Veränderungen der Eintragsquellen im Jahresverlauf für die Schwankungen verantwortlich. Durch besonders hohe Leitfähigkeitswerte zeichnet sich der Bestandsniederschlag zum Zeitpunkt des Laubfalls aus (Oktober bis November 2001), Bestands- wie auch Freiflächenniederschlag weisen aber auch zum Zeitpunkt des Blattaustriebs (Ende April) und der Kiefernblüte (Mai) erhöhte Ionengehalte auf. Nach CARLISLE et al. (1966) können z. B. Blütenstäube eine Quelle diverser Pflanzennährstoffe darstellen und damit auch zur Erhöhung der Leitfähigkeitswerte beitragen. Auf vorwiegend anthropogene Ursachen sind erhöhte Werte während der Frostperioden in den Wintermonaten zurückzuführen; ein Zusammenfallen der Maxima der elektrischen Leitfähigkeit mit denjenigen des Natrium- und Chlorid-Gehalts an einer der Kiefern-Messstellen sowie an der Straßen-Messstelle (Probestellen 11 und 12 in Abb. 1) weist deutlich darauf hin, dass streusalzhaltige Aerosole hier eine entscheidende Rolle spielen.

Auffällig ist ein insgesamt erhöhter Gehalt an Stickstoffverbindungen, welcher auch den Freiflächenniederschlag kennzeichnet (Abb. 2b und 3). HÖLSCHER et al. (1994) geben ein Verhältnis von $\text{NH}_4\text{-N}$ zu $\text{NO}_3\text{-N}$ von $\geq 1,5$ als Indikator für den Einfluss der Massentierhaltung an; mit einem Anteil des Ammonium-Stickstoffs an der Gesamtdeposition des anorganischen Stickstoffs von 67-70 % auf der Freifläche und 75-82 % im Bestandsniederschlag bestätigen die Messdaten eine Einordnung des Untersuchungsgebietes in den sogenannten „Gülle-Belt“ (vgl. auch LETHMATE & WENDELER 2000, LETHMATE et al. 2002). Während die Ammoniak- und Ammonium-Freisetzung im Zuge der Gülleverrieselung oder bei der Ausbringung anorganischer Ammoniumdünger zu kurzfristigen Erhöhungen des Ammonium-Gehalts im Freiflächenniederschlag auf 4,44 bis 4,76 mg/l führt (vgl. Abb. 2b), stellen Ammoniak-Emissionen aus Ställen eine konstante Stickstoff-Quelle dar (ASMAN et al. 1998). Diese sind vermutlich für den

durchschnittlichen Ammonium-Gehalt des Freiflächenniederschlags von 1,32 bis 1,43 mg/l (Mediane) verantwortlich.

Infolge von Interzeption und Filterwirkung der Baumkronen weist das Niederschlagswasser am Waldrand und im Wald mit 2,11 bis 13,03 mg/l (Mediane) und Maximalwerten von 7,92 bis 30,46 mg/l (vgl. Abb. 2b) deutlich höhere Ammonium-Konzentrationen auf als auf der Heidefläche, was trotz der geringeren Niederschlagsmengen innerhalb der Waldbestände auch zu einer erhöhten Gesamtdosition im Bestand führt (vgl. Abb. 3). Die Bedeutung der Größe der als Filter wirksamen Oberfläche wird durch den Vergleich der Stoffdeposition im Birken-Eichen-Wald einerseits und im Bereich der *Pinus sylvestris*-Bestände andererseits deutlich. Wesentlich höher ist am Waldrand und insbesondere im Wald auch die Deposition der trophisch wirksamen Substanzen Phosphat (Angaben für Phosphat-P aus dem Jahre 2000, s. HERRMANN (2001): Freifläche: 0,08; Waldrand: 0,03 bis 0,12; Bestand: 0,44 kg/ha*a), Kalium, Calcium und Magnesium (vgl. Abb. 3), während im Freiflächenniederschlag Pflanzennährstoffe mit Ausnahme der Stickstoff-Parameter nur in sehr geringen Konzentrationen vorhanden sind. Diese Summenwirkung verschiedener Eutrophierungsparameter dürfte beispielsweise für eine erhöhte Gewässereutrophierung im Bereich von Waldstandorten verantwortlich sein (vgl. 3.2).

Die Stoffanreicherung des Bestandsniederschlags wird neben der Interzeption und Auskämmung von Stäuben auch durch die Abwaschung von Stoffen bewirkt, die von den Blattoberflächen durch so genannte leaching-Prozesse abgeschieden werden (TUKEY et al. 1958, AHMAD-SHAH & RIELEY 1989). Diese Prozesse sind vermutlich insbesondere für erhöhte Ionengehalte des Bestandsniederschlags im Zusammenhang mit Blattseneszenz und Laubfall in den Herbstmonaten verantwortlich. TUKEY et al. konnten bereits in den 50er- Jahren des 20. Jahrhunderts experimentell belegen, dass die Stoffabgabe mit zunehmendem Alter der Blätter zunimmt. Zur Differenzierung zwischen dem Niederschlag auf den Freiflächen einerseits und in den verschiedenen Waldtypen andererseits tragen im Untersuchungsgebiet vor allem die Elemente Kalium, Calcium, Magnesium und Mangan bei, welche nach TUKEY et al. (1958) relativ leicht ausgewaschen werden.

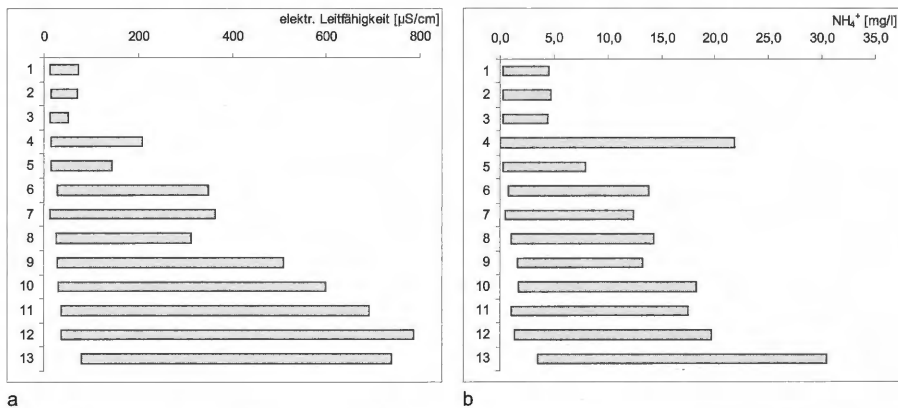


Abb. 2: Schwankungsbreite der elektrischen Leitfähigkeit (a) und des NH₄⁺-Gehaltes (b) des Niederschlagswassers im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ im Untersuchungszeitraum März 2001 bis Februar 2002. 1-3: Freifläche (*Genisto-Callunetum*); 4: 10-jähriger Birken-Kiefern-Aufwuchs; 5-7: Waldrand (*Betulo-Quercetum*); 8: Birkenbruch (*Betuletum pubescentis*); 9-11: Birken-Eichen-Wald (*Betulo-Quercetum*); 12-13: *Pinus sylvestris*-Bestände.

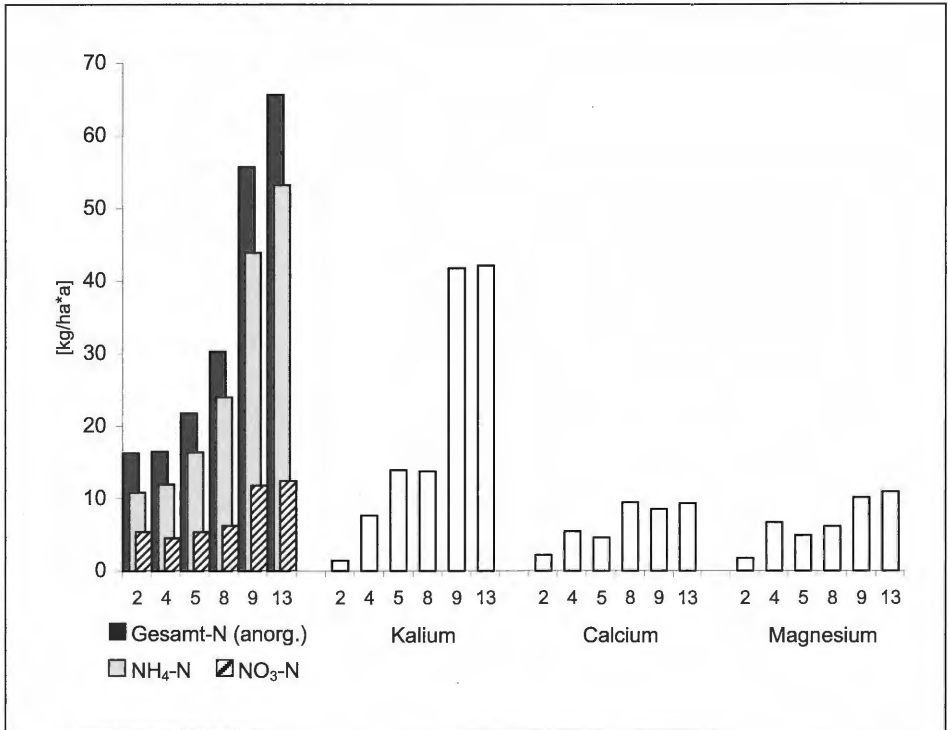


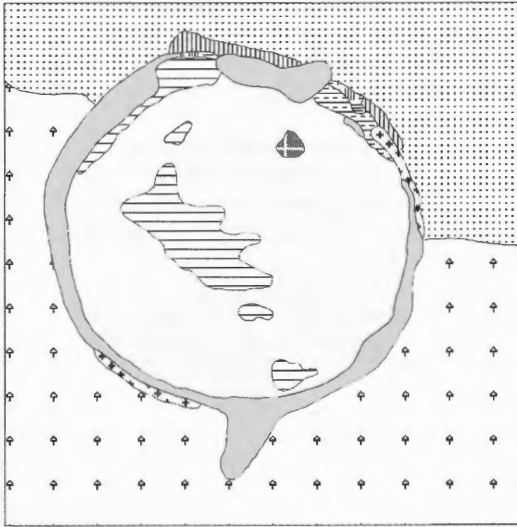
Abb. 3: Depositionen von Pflanzennährstoffen [kg/ha*a] im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ von März 2001 bis Februar 2002. Gegenübergestellt sind die Einträge auf einer Heidefläche (2), auf einer Heidefläche mit 10jährigem Birken- und Kiefern-Aufwuchs (4), am Waldrand (5), in Waldbeständen vom Typ des *Betuletum pubescentis* (8) und *Betulo-Quercetum* (9) sowie in einem *Pinus-sylvestris*-Bestand (13) (ausgewählte Messstellen, s. Abb. 1).

Auch der deutlich erhöhte Kaliumpermanganatverbrauch des Niederschlagswassers am Waldrand und im Wald geht vermutlich zu einem großen Teil auf organische Verbindungen zurück, die von den Blättern oder von Aufwuchsorganismen abgegeben werden.














Hinsichtlich der Herkunft der einzelnen Niederschlagsbestandteile überlagern sich die Effekte natürlicher und anthropogener Eintragspfade. Neben den Stickstoffverbindungen sind vermutlich Einträge an Eisen und Zink ebenfalls vorwiegend anthropogener Herkunft (MATTHESS 1994). Kalium, Calcium, Magnesium und Mangan sind Bestandteile von Düngemitteln und können daher bei deren Ausbringung in Form von Stäuben vermehrt in die Atmosphäre gelangen. In Verbindung mit Phosphat können Kalium, Ammonium und Magnesium aber auch auf Stoffeinträge durch Vogelkot hinweisen (MATTHESS 1994). Die naturgemäß höhere Bestandsdichte an Vögeln im Wald ist möglicherweise für die zeitweise dort feststellbaren hohen Phosphat-Konzentrationen des Niederschlagswassers (über 4 mg/l) verantwortlich.

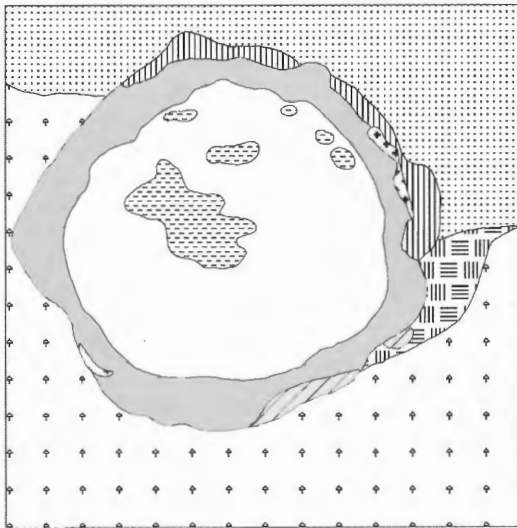
3.2 Konsequenzen erhöhter Nährstoffeinträge für dystraphente Vegetationstypen am Beispiel eines Heideweiher im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“

Die im Naturschutzgebiet gelegenen Heideweiher sind teils grundwasser-, teils regenwassergespeist, wobei der Anteil der Grundwasserspeisung am Wasserhaushalt je nach der Mächtigkeit abdichtender Sedimente variieren kann (HOFMANN 2001). Ihnen strömt primär nährstoffarmes Heidegrundwasser zu, wodurch das dystrophe, durch niedrige pH-Werte und einen hohen Gehalt an Fulvo- und Huminsäuren geprägte Milieu stabilisiert wird. Kennzeichnend für diesen Gewässertyp ist eine Besiedlung mit dystraphenten Pflanzengesellschaften wie dem *Sphagnetum cuspidato-denticulati* sowie der *Sphagnum cuspidatum-Eriophorum angustifolium*-Gesellschaft und dem *Ericetum tetralicis* im Litoralbereich. Die typische Heideweihervegetation ist heute nur noch in den in der offenen Heide gelegenen Gewässern ausgebildet (HOFMANN 1995, 2001, HERRMANN 2001), während in Waldrandsituationen eine Beeinflussung durch nährstoffreicheres Waldgrundwasser sowie durch traufenbeeinflusstes Regenwasser zu deutlichen Veränderungen in der Vegetation vor allem in den letzten 10 Jahren geführt hat. Während bereits 1994 in drei am Waldrand gelegenen Heideweiher Abbaustadien des *Sphagnetum cuspidato-denticulati* dokumentiert sind (HOFMANN 1995), befinden sich heute in diesen Gewässern Torfmoosgesellschaften allenfalls noch kleinflächig im Bereich des Litorals. Veränderungen der Ufervegetation sind besonders eindrucksvoll an einem südöstlich des Erdfallsees gelegenen Heideweiher zu beobachten, welcher im Bereich des Ost- bis Südwestufers von Kiefernbeständen gesäumt wird (Gewässer bei Niederschlagssammler 13, vgl. Abb. 1). Innerhalb weniger Jahre hat sich an diesem Gewässer unter Verdrängung der dystraphenten Pflanzengesellschaften vom Typ des *Eleocharitetum multicaulis* und der *Sphagnum cuspidatum-Eriophorum angustifolium*-Gesellschaft ein geschlossener Gürtel von *Juncus effusus*-Dominanzbeständen herausgebildet, der z. T. mehrere Meter Ausdehnung erreicht (Abb. 4). Begleitend treten in diesen Beständen *Hydrocotyle vulgaris* und auch *Solanum dulcamara* auf, wobei diese eine erhöhte Nährstoffverfügbarkeit indizierenden Arten besonders stark im Traufenbereich des Kiefernasaumes vertreten sind. Wir vermuten, dass die kontinuierliche Zufuhr größerer Mengen von Pflanzennährstoffen, besonders von Ammonium, über den Niederschlagspfad im Bereich der Kronentraufe von *Pinus sylvestris* (vgl. Abb. 2b und 3) die rasche Ausbreitung der konkurrenzkräftigen Flatterbinsen gefördert hat. Hydrochemische Analysen des Oberflächenwassers aus den Jahren 1994 (HOFMANN 1995), 1996-1998 (HÖLTER 1998, HOFMANN 2001) sowie 2001-2002 zeigen für dieses Gewässer sehr starke jahreszeitliche Schwankungen des Ammonium-Gehaltes: Hohe Konzentrationen treten i. d. R. in den Herbst- und Wintermonaten bis ins Frühjahr auf, und wir nehmen an, dass die Stickstoffverbindungen nachfolgend von *Juncus effusus* unter Aufbau von Biomasse fast bis zur Nachweisgrenze aufgezehrt werden. Jahreszeitlich bedingte Mineralisationsschübe können in diesem Gewässer ausgeprägte Anstiege der Nährstoffkonzentrationen bewirken (HOFMANN 2001). Einen zusätzlichen Beitrag leistet möglicherweise aber auch eine im Winter bei fehlender Zehrung stattfindende Anreicherung der über nasse Deposition eingetragenen Nährstoffe. Parallel dazu ist seit 1994 ein deutlicher Rückgang der typischerweise in hohen Konzentrationen vorliegenden organischen Substanzen im Oberflächenwasser zu verzeichnen, welcher auf eine Veränderung des dystrophen Charakters des Gewässers hinweist. Gegenüber 1994 ist außerdem ein Rückgang der Konzentration an Calcium und Magnesium und damit verbunden auch der elektrischen Leitfähigkeit zu beobachten (Abb. 5). Die Ursache hierfür ist möglicherweise in einem zunehmenden Entzug der eingetragenen Erdalkali-Ionen aus dem Oberflächenwasser durch die *Juncus effusus*-Bestände zu sehen.



1994

-  *Sphagnum cuspidatum*
-*Eriophorum angustifolium*-Gesellschaft
-  *Sphagnetum cuspidato-denticulati*:
Abbaustadium mit *Eleocharis palustris*
-  *Sphagnetum cuspidato-denticulati*:
Abbaustadium ohne Makrophyten
-  *Molinia caerulea*-Dominanzbestand
-  *Nymphaetum albo-minoris*
-  *Eleocharitetum multicaulis*
-  *Eleocharis palustris*-Bestand
-  *Juncus effusus*-Dominanzbestand
-  *Solanum dulcamara*-Dominanzbestand
-  *Genisto-Callunetum typicum*
-  *Genisto-Callunetum molinietosum*
-  *Ericetum tetralicis*
-  *Pinus sylvestris*-Bestand



2002



Abb. 4: Vergleich der Vegetation eines Heideweiher an der Südostgrenze des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ in den Jahren 1994 und 2002.

Hydrochemische Analysen des Interstitialwassers belegen zudem eine verstärkte Anreicherung von Pflanzennährstoffen innerhalb der an den Kiefernbestand angrenzenden *Juncus effusus*-Bestände. Im Vergleich zu den an Heideflächen angrenzenden Uferbereichen kann für Ammonium ein Anstieg der Konzentration von 0,9 auf 4,3 mg/l, für Kalium von 1,3 auf 4,2 mg/l, für Calcium von 0,6 auf 3,0 mg/l und für Magnesium von 0,3 auf 0,8 mg/l festgestellt werden (Mittelwerte, HÖLTER 1998). Das Auftreten hoher Nährstoffkonzentrationen im Traufenbereich der Kiefern sowie das vermehrte Auftreten meso- bis eutraphenter Arten in dem an den Kiefernraum angrenzenden Uferbereich

verdeutlichen, dass die Nährstoffzufuhr über den Niederschlagspfad hier von erheblicher Bedeutung ist.

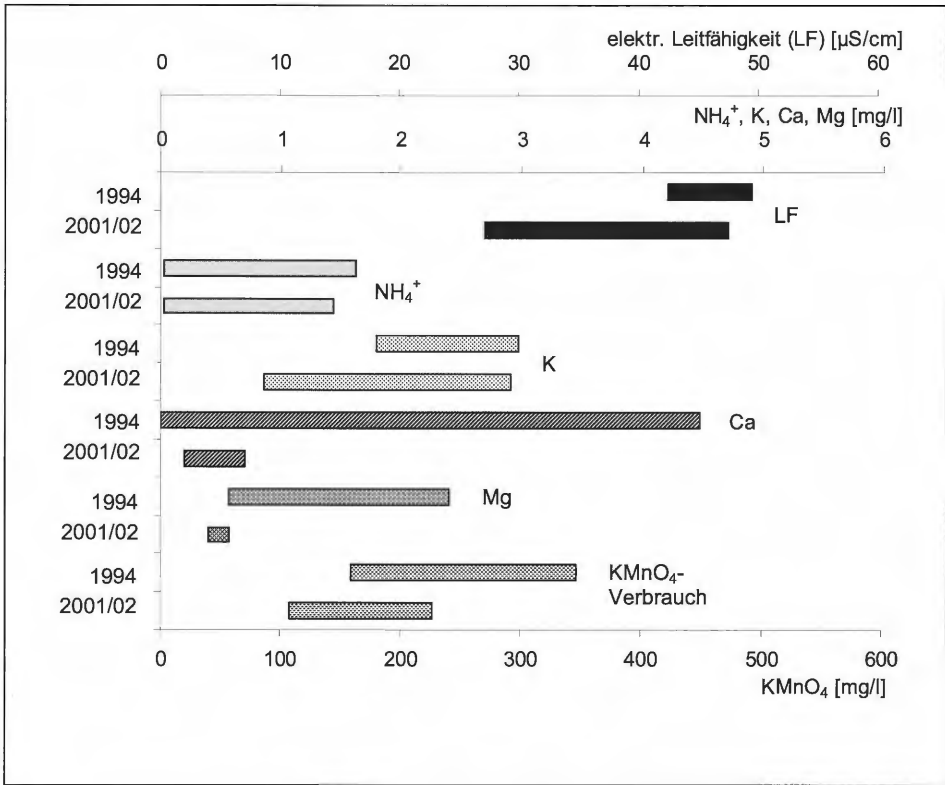


Abb. 5: Vergleich wichtiger hydrochemischer Parameter eines Heidewiehers im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ 1994 und 2001 bis 2002. Dargestellt sind die elektr. Leitfähigkeit des Oberflächenwassers sowie sein Gehalt an Ammonium, Kalium, Calcium, Magnesium und organischen Verbindungen, gemessen am KMnO₄-Verbrauch.

4 Schlussfolgerungen

Die klare Differenzierung der Niederschlagsbeschaffenheit zwischen Heide, Waldrand und verschiedenen Waldtypen verdeutlicht eindrucksvoll, welchen entscheidenden Einfluss die Vegetation auf das Ausmaß luftbürtiger Nährstoffeinträge und auf die Trophiebedingungen innerhalb terrestrischer und aquatischer Ökosysteme ausübt. Auch am Beispiel der Heide lässt sich zeigen, dass zur Stabilisierung der Nährstoffarmut dieser Ökosysteme nicht nur nährstoff- und basenarme Böden, sondern auch eine unter natürlichen Bedingungen vorherrschende geringe Nährstofffracht im Niederschlagswasser beitragen. Durch die Anreicherung von luftbürtigen Nährstoffen durch Interzeption und Auskämmung bewirkt bereits die Waldstruktur, insbesondere bei einem hohen Kiefernanteil, eine erhöhte Nährstoffverfügbarkeit, welche selbstverständlich durch eine Vielzahl anderer pflanzenphysiologischer und bodenökologischer Faktoren ergänzt wird. Besonders trophieerhöhend wirkt diese Modifikation des Niederschlagswassers

aber vor allem in den Übergangsbereichen von der Freifläche zum Wald. In künstlich geschaffenen Waldrandsituationen, wie sie im Untersuchungsgebiet im unmittelbaren Kontakt zu Heideweihern und zu den Heideflächen vorliegen, kann sie zu einer Destabilisierung der nährstoffarmen Verhältnisse in den terrestrischen und aquatischen Heideökosystemen und damit zu einer nachhaltigen Veränderung der Vegetation führen.

5 Literatur

- AHMAD-SHAH, A. & J. O. RIELEY (1989): Influence of tree canopies on the quantity of water and amount of chemical elements reaching the peat surface of a basin mire in the Midlands of England. – *J. Ecol.* **77**: 357-370.
- ASCHE, N. (1988): Deposition, Interception und Pflanzenauswaschung im Kronenraum eines Eichen/Hainbuchenbestandes. – *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* **151**: 103-107.
- ASMAN, W. A. H., M. A. SUTTON & J. K. SHJORRING (1998): Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. – *New Phytol.* **139**: 27-48.
- BUCHENAU, F. (1883): Die düngende Wirkung des aus den Baumkronen niederträufelnden Wassers. – *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* **1**: 108-109.
- CARLISLE, A., A. H. F. BROWN & E. J. WHITE (1966): The organic matter and nutrient elements in the precipitation beneath a sessile oak (*Quercus petraea*) canopy. – *J. Ecol.* **54**: 87-98.
- HAGEMANN, B., R. POTT & J. PUST (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). Interaktionen zwischen Still- und Fließgewässern, Grundwasser und Vegetation sowie Landnutzung und Naturschutz. – *Abh. Westf. Mus. Naturkde* **62**(Beiheft): 173-272, Münster.
- HERRMANN, M. (2001): Nährstoffdifferenzierungen innerhalb von Heidelandschaften am Beispiel des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt/Westfalen). 196 S., Diplomarbeit, Inst. f. Geobotanik, Hannover.
- HOFMANN, K. (1995): Pflanzensoziologische und hydrochemische Untersuchungen der Heidekolke des NSG „Heiliges Meer“ unter Berücksichtigung der Trophie des oberflächennahen Grundwassers. – 96 S., Diplomarbeit, Inst. f. Geobotanik, Hannover.
- HOFMANN, K. (2001): Standortökologie und Vergesellschaftung der *Utricularia*-Arten Nordwestdeutschlands. – *Abh. Westf. Mus. Naturkde* **63**(1): 3-106.
- HÖLSCHER, J., J. ROST & W. WALTHER (1994): Boden- und Gewässerbelastung in Niedersachsen durch Stoffeinträge aus der Atmosphäre. – *Wasser & Boden* **46**(1), 20-25.
- HÖLTER, A. (1998): Die Vegetation des Erdfallsees und der angrenzenden Kleingewässer unter Berücksichtigung trophiebestimmender Parameter. – 180 S., Hannover. – Diplomarbeit, Inst. f. Geobotanik, Hannover.
- LETHMATE, J. & M. WENDELER (2000): Das chemische Klima des Riesenbecker Osning in den Messjahren 1988 und 1998. – *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen* **26**: 121-133.
- LETHMATE, J., B. EICKELMANN & T. WORRINGER (2002): Der Nordrhein-Westfälische Gülle-Belt und sein Einfluss auf die Deponate des Teutoburger Waldes. – *Geoöko* **23**: 61-75.
- MATTHESS, G. (1994): Die Beschaffenheit des Grundwassers. – In: MATTHESS [Hrsg.]: *Lehrbuch der Hydrogeologie*, 3. Aufl., Bd. 2.- Verlag Borntraeger, Berlin, Stuttgart: 499 S.
- PEARSON, J. & G. R. STEWART (1993): The deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants. – *New Phytol.* **125**: 283-305.
- POTT, R., J. PUST & B. HAGEMANN (1998): Methodische Standards bei der vegetationsökologischen Analyse von Stillgewässern – dargestellt am Großen Heiligen Meer in den Untersuchungsjahren 1992-1997. – In: POTT, R. [Hrsg.]: *Stickstoffbelastungen der Gewässerlandschaft im Natur-*

schutzgebiet „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt) und Möglichkeiten landesplanerischer Gegensteuerung. – Abh. Westf. Mus. Naturkde. Münster **60**(2): 53-110.

STEBING, L. (1993): Der Eintrag von Schad- und Nährstoffen und deren Wirkung auf die Vergrasung der Heide. - Ber. R.-Tüxen-Ges. **5**: 113-133.

TUKEY, H. B. JR., H. B. TUKEY & S. H. WITWER (1958): Loss of Nutrients by Foliar Leaching as Determined by Radioisotops. – Proc. Am. Soc. Hort. Sci. **71**: 496-506.

Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Biol. Martina Herrmann
Institut für Geobotanik, Universität Hannover
Nienburger Str. 17, D-30167 Hannover

Dr. Jürgen Pust
Westfälisches Museum für Naturkunde, Außenstelle „Heiliges Meer“
Heiliges Meer 1, D-49509 Recke

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde](#)

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: [65_1-2_2003](#)

Autor(en)/Author(s): Herrmann Martina, Pust Jürgen

Artikel/Article: [Die Einflussnahme von Waldstrukturen auf die Regenwasserbeschaffenheit im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ \(Kreis Steinfurt\) 59-69](#)