©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 16, 97-107. Hannover 2004

Beeinflussung von Sicker- und Grundwassereigenschaften durch Vegetation und Nutzung: Heidelandschaften und moderne Agrarlandschaft im Vergleich

- Martina Herrmann, Hannover -

Abstract

Heathlands as relics of former land use practices and pastures, meadows and arable land as representatives of the modern agricultural landscape contrast strongly in the chemical composition of seepage water and ground water. Agricultural practices and fertilizer application have resulted in an enrichment of plant nutrients such as phosphorus and potassium, whereas the seepage water and the ground water beneath the heathland vegetation are extremely poor in nutrients. Nowadays, however, nutrient-poor conditions are increasingly threatened by high atmospheric deposition of nitrogen compounds, which probably contributes to a seasonal increase in the concentrations of nitrate and ammonium in the heathland seepage water. In general, seasonal variation of seepage water and ground water quality at the heathland sites investigated is influenced by the alternation between growing and dormant season and by weather conditions, whereas at the agricultural sites, seasonal variation mainly occurs as a response to fertilizer application and management.

1. Einleitung

Noch bis in das 19. Jahrhundert hinein prägten Heidelandschaften weite Flächen innerhalb der pleistozänen Sandlandschaften Nordwestdeutschlands, Dänemarks und der Niederlande. Eine starke Ausdehnung und dauerhafte Etablierung von Zwergstrauchheiden hatte insbesondere im Mittelalter eingesetzt, als etwa ab dem 10. Jahrhundert die Heidenutzung durch die Plaggenwirtschaft eng an die ackerbauliche Flächennutzung angebunden wurde (HÜPPE 1993). Die Erfindung des Kunstdüngers erlaubte im 19. Jahrhundert schließlich den Verzicht auf die Nutzung von Heideplaggen als Dünger und ermöglichte zudem auch die ackerbauliche Nutzung der stark an Pflanzennährstoffen verarmten ehemaligen Heideböden (ELLENBERG 1996). Als Folge der massiven Umgestaltung der Kulturlandschaft insbesondere im 20. Jahrhundert treten Heideflächen heute nur noch inselhaft, beispielsweise innerhalb von Naturschutzgebieten, in der Landschaft auf (GIMINGHAM 1994). Aspektbestimmend ist heute hingegen die intensive landwirtschaftliche Nutzung mit ihren Acker- und Grünlandflächen, wobei insbesondere der Anbau von Mais und Futtergetreide im Zusammenhang mit einer intensiven Tierproduktion und der Nutzung von Gülle als organischer Wirtschaftsdünger regional eine wichtige Rolle spielt.

Hinsichtlich der Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen stehen die anthropozoogenen Zwergstrauchheiden als Relikt einer mittelalterlichen Kulturlandschaft in einem starken Gegensatz zu den Acker- und Grünlandflächen der modernen Agrarlandschaft. Durch die Plaggennutzung fand ein ständiger Transfer von Pflanzennährstoffen aus den Heideflächen auf die damaligen Ackerflächen statt, des Weiteren wurden den

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Heideflächen Pflanzennährstoffe durch die Beweidung entzogen (HÜPPE 1993, ELLENBERG 1996). Auswaschungs- und Podsolierungsprozesse verstärkten die Nährstoffarmut noch zusätzlich. Die heutigen Boden- und Nährstoffverhältnisse reflektieren insgesamt also das Ergebnis einer jahrhundertelangen Entwicklung. Für die modernen landwirtschaftlichen Nutzflächen ist hingegen ein kontinuierlicher Eintrag von Pflanzennährstoffen durch die Zufuhr von Düngemitteln kennzeichnend, um Verluste durch den Entzug von Erntegut bzw. Auswaschung auszugleichen, was vielfach mit einer Anreicherung von Düngerbestandteilen sowie Düngerumsetzungsprodukten in den Böden sowie mit einer erheblichen Auswaschung mobiler Verbindungen in das Grundwasser verbunden ist. Unter dem Aspekt einer Trinkwassernutzung spielt hier insbesondere die Auswaschung von Nitrat in das Grundwasser eine wichtige Rolle (STURM 1993, LANGNER 1998).

Anhand der Sicker- und Grundwassereigenschaften ausgewählter Untersuchungsflächen im nordwestdeutschen Tiefland mit Heidevegetation bzw. landwirtschaftlicher Nutzung soll eine Gegenüberstellung dieser verschiedenen Vegetations- bzw. Bewirtschaftungsformen auf hydrochemischer Ebene durchgeführt werden. Differenzierend gegenüber der für die vergangenen Jahrhunderte anzunehmenden Situation wirkt in den Heideökosystemen gegenwärtig neben der geringen bis fehlenden Bewirtschaftung vor allem ein erhöhter Eintrag von Pflanzennährstoffen mit dem Niederschlagswasser. So ist die Agrarlandschaft Nordwestdeutschlands und der angrenzenden Niederlande heute durch erhöhte atmosphärische Depositionen von Stickstoffverbindungen, vor allem von Ammonium, gekennzeichnet, welche im Wesentlichen auf Ammoniak-Emissionen aus Großstallanlagen sowie auf eine im Zuge von Gülleverarbeitung und -ausbringung auftretende Ammoniak-Freisetzung zurückzuführen sind (FLESSA 1997, ASMAN et al. 1998, LETHMATE & WENDELER 2000). Die Heideflächen des als Untersuchungsgebiet dienenden Naturschutzgebietes „Heiliges Meer" (Kreis Steinfurt/Westfalen) erfahren dabei einen Eintrag von etwa 16 kg/ha*a an anorganisch gebundenem Stickstoff mit einem Anteil des NH_4-N von etwa 70 % (HERRMANN & PUST 2003). Vegetationsveränderungen als Folge dieser hohen Einträge in die ursprünglich durch einen Mangel an pflanzenverfügbaren Stickstoffverbindungen gekennzeichneten Heideökosysteme (GIMINGHAM 1972) sind in den vergangenen Jahrzehnten vielfach diskutiert worden (HEIL & DIEMONT 1983, BOBBINK et al. 1998). Mögliche Konsequenzen der Stickstoff-Depositionen auf der Ebene des Sickerwassers wurden beispielsweise von STEUBING (1993) untersucht.

2. Das Untersuchungsgebiet

Der Hauptanteil der Untersuchungen wurde in dem etwa 30 km nordwestlich von Osnabrück in Nordrhein-Westfalen gelegenen Naturschutzgebiet „Heiliges Meer" durchgeführt (Abb. 1). Neben natürlichen Stillgewässern unterschiedlicher Trophiestufen mit ihrer jeweils charakteristischen Ufervegetation, Birken-Eichen- und Bruchwäldern weist das Naturschutzgebiet in seinem Kernbereich Zwergstrauchheiden vom Typ des *Genisto-Callunetum* auf, die auf eine jahrhundertelange, kontinuierliche Heidebewirtschaftung zurückgehen, welche bis zum frühen 20. Jahrhundert für die gesamte Region kennzeichnend war (vgl. BANGERT & KOWARIK 2000, HAGEMANN et al. 2000, BARTH 2002). Die Heideflächen im Kernbereich und die landwirtschaftlichen Nutzflächen in der Peripherie des Gebietes sind also räumlich wie auch durch die landschaftsgeschichtliche Entwicklung eng miteinander verbunden. Ergänzend wurden landwirtschaftlich genutzte Untersuchungsflächen innerhalb des im südlichen Emsland gelegenen Trinkwassergewinnungsgebietes Grumsmühlen hinzugezogen. Die für

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

die Eigenschaften der Böden sowie des Sickerwassers und des oberflächennahen Grundwassers bedeutenden obersten geologischen Schichten werden in beiden Bereichen durch quartäre Ablagerungen zumeist in Form saalezeitlicher Schmelzwassersande bestimmt (THIERMANN 1975, MEYER 2002). Charakteristisch sind neben stärker grundwasserbeeinflussten Böden der Niederungen vor allem Podsolböden, deren Herausbildung durch das quarzsandreiche, nährstoffarme Substrat unter dem Einfluss eines kühl-humiden Klimas mit etwa 760 mm Jahresniederschlag und unter dem Einfluss der Heidebewirtschaftung entscheidend begünstigt wurde.

3. Methoden

Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen wurden drei verschiedene Standorte innerhalb von Heideflächen sowie vier verschiedene landwirtschaftlich genutzte Standorte betrachtet (Abb. 1b). Innerhalb der Zwergstrauchheiden wurden trockene Heide mit Dominanz von *Calluna vulgaris* (H1), feuchte Heide mit *Calluna vulgaris* und *Erica tetralix* (H2) bzw. mit Dominanz von *Molinia caerulea* (H3) differenziert. Als landwirtschaftlich genutzte Standorte wurden ein Maisacker (A) und zwei extensiv genutzte Grünlandflächen (Gre1, Gre2) in der Peripherie des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer" (s. Abb. 1) sowie eine intensiv genutzte Grünlandfläche im Trinkwassergewinnungsgebiet Grumsmühlen in die Untersuchungen einbezogen. Als Untersuchungsfläche diente ferner eine ehemalige Ackerfläche, auf der sich nach Abschieben des Oberbodens im Jahre 1987 ein junger Birken-Kiefern-Bestand etabliert hat (Su).

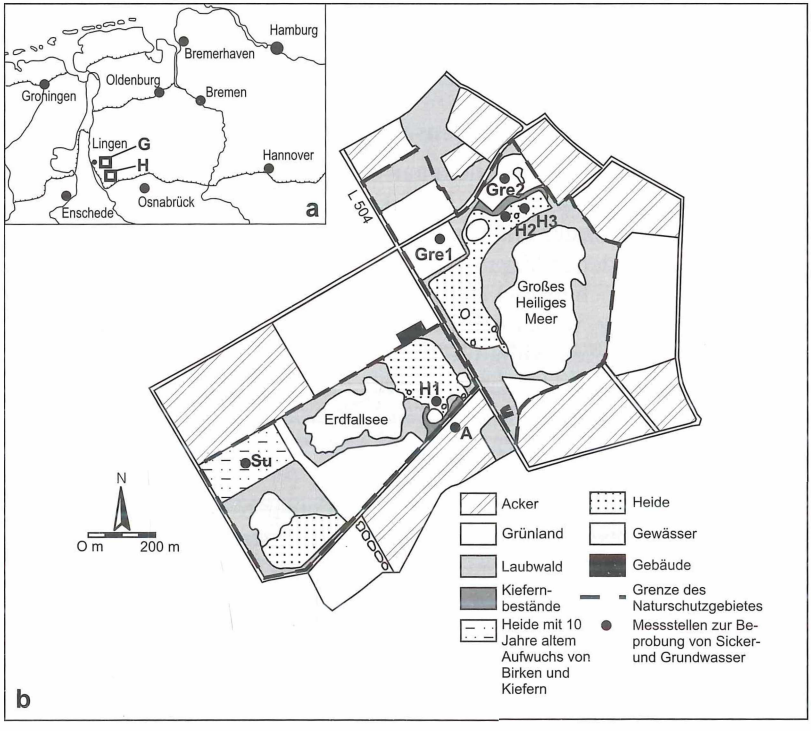

Abb. 1: (a) Lage der Untersuchungsgebiete Naturschutzgebiet „Heiliges Meer" (H) und Trinkwassergewinnungsgebiet Grumsmühlen (G). (b) Vegetation und Flächennutzung im Bereich des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer" im Jahr 2002. Eingezeichnet ist zudem die Lage der Messstellen zur Beprobung von Sicker- und Grundwasser, zu den Abkürzungen vgl. Kap. 3.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Mit Hilfe von Kleinstlysimetern wurde Sickerwasser in einer Bodentiefe von 35 bis 40 cm direkt nach seiner Passage durch den Wurzelraum der Vegetation aufgefangen, Grundwasser wurde je nach mittlerer Lage des Grundwasserspiegels in einer Tiefe von 80 bis 300 cm mittels dauerhaft installierter Messstellen beprobt (vgl. HERRMANN 2004). Die hierbei verwendete Beprobungstechnik orientiert sich an der Saugkerzenmethode (DVWK 1990). Die Beprobungen wurden in monatlichen Abständen während eines Zeitraumes von März 2001 bis Oktober 2002 durchgeführt, für das Sickerwasser der Standorte H2 und A werden Ergebnisse des Zeitraumes April 2000 bis März 2004 bzw. November 2001 bis März 2003 vorgestellt. Im Rahmen der physikochemischen Analyse der Wasserproben wurde die elektrische Leitfähigkeit als Maß für den Gesamtionengehalt des Wassers bestimmt (Leitfähigkeitsmessgerät LF 91 der Fa. WTW mit Elektrode KLE 1/1), eine Bestimmung des pH-Wertes erfolgte ebenfalls elektrometrisch (pH-Meter DIGI 520 der Fa. WTW mit Einstab-Glaselektroden-Messkette Typ AH-300-1-SDI S der Fa. Kuntze). Da die elektrische Leitfähigkeit insbesondere bei niedrigen pH-Werten stark durch Protonen beeinflusst wird, wurden die Leitfähigkeitswerte um den Protonenanteil korrigiert (vgl. SJÖRS 1950), um die Vergleichbarkeit der Daten des Sicker- und Grundwassers der landwirtschaftlichen Standorte einerseits und der Heideflächen mit eher sauren Milieubedingungen andererseits zu gewährleisten. Der Gehalt an Nitrat, Ammonium und Phosphat wurde durch photometrische Verfahren bestimmt (D9 in DEV 1975; DIN 38406, E5-1 in DEV 1994; DIN 38405, D 11-4 in DEV 1994; Spektralphotometer CADAS 100 der Fa. Dr. Lange bzw. UVIKON 931 der Fa. Kontron), der Gehalt an Kalium durch Atomemissionsspektrometrie (Flammenphotometer M6D der Fa. Dr. Lange).

4. Ergebnisse

4.1 Sicker- und Grundwassereigenschaften der Heide- und Agrarflächen

Eine Gegenüberstellung verschiedener Heidestandorte und landwirtschaftlich genutzter Standorte hinsichtlich der Ionenkonzentrationen des Sicker- und Grundwassers, gemessen anhand der elektrischen Leitfähigkeit, ermöglicht eine klare Differenzierung der verschiedenen Vegetations- bzw. Nutzungsformen; elektrolytarme Heidewässer stehen ionenreichem Sicker- und Grundwasser der landwirtschaftlich genutzten Standorte gegenüber, wobei die höchsten Ionenkonzentrationen, verbunden mit den größten jahreszeitlichen Amplituden, im Bereich der intensiv genutzten Flächen auftreten (Tab. 1). Einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Leitfähigkeitswerte leisten hier vor allem Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Chlorid und Sulfat, die mit dem Dünger zugeführt werden, während diese Substanzen im Bereich der Heideflächen nur in geringen Konzentrationen auftreten (vgl. HERRMANN 2004). Bei einer Einstellung der Düngung kommt es allerdings zu einer raschen Auswaschung; so zeigen die Ionengehalte des Sicker- und Grundwassers einer bereits seit 10 Jahren extensiv genutzten Grünlandfläche mit nur noch 68 bzw. 58 µS/cm eine deutliche Annäherung an die unter Heideflächen auftretenden Werte. Betrachtet man die pH-Werte, so lassen sich die Heidestandorte mit sehr sauren Milieubedingungen jedoch grundsätzlich von den landwirtschaftlich genutzten Standorten abgrenzen.

Als wichtige pflanzenverfügbare Stickstoffverbindung spielt Nitrat unter den extensiv genutzten Grünlandflächen wie auch im Sicker- und Grundwasser der Heide meist nur eine untergeordnete Rolle, während bei einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung im Zusammenhang mit der Zufuhr stickstoffhaltiger Dünger zeitweilig deutlich erhöhte Nitrat-Konzentrationen im Sickerwasser auftreten können (Tab. 1). Eine Ver-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Tab. 1: Übersicht wichtiger hydrochemischer Eigenschaften des Sicker- und Grundwassers der untersuchten Heide- und landwirtschaftlich genutzten Standorte (LF = elektr. Leitfähigkeit). Dargestellt sind jeweils der Median (Minimum; Maximum) der Messwerte des Zeitraumes März 2001 bis Oktober 2002 (Heide 2 Sickerwasser: April 2000 bis Oktober 2002; Maisacker: November 2001 bis Oktober 2002).

	Heidestandorte			**Landwirtschaftlich genutzte Standorte**			
	Heide 1	**Heide 2**	**Heide 3**	**Mais-acker**	**Grünland intensiv**	**Grünland extensiv 1**	**Grünland extensiv 2**
	Sickerwasser						
LF [µS/cm]	76 (44; 143)	79 (58; 157)	35 (27; 116)	262 (140; 827)	163 (95; 361)	68 (54; 246)	144 (54; 205)
pH-Wert	3,9 (3,5; 4,1)	3,4 (3,2; 3,8)	3,9 (3,6; 4,1)	5,9 (5,4; 6,6)	6,3 (5,9; 7,2)	5,0 (4,2; 6,9)	5,5 (5,1; 6,0)
NO_3^- [mg/l]	1,3 (n. n.; 1,9)	9,4 (0,2; 39,0)	0,3 (0,1; 28,3)	18,8 (1,0; 143,4)	15,5 (3,9; 39,8)	3,1 (0,9; 9,2)	0,2 (n. n.; 1,3)
NH_4^+ [mg/l]	0,44 (0,18; 2,94)	0,37 (0,03; 1,70)	0,09 (0,02; 064)	0,05 (0,01; 0,40)	0,14 (0,05; 0,56)	0,08 (0,04; 3,45)	0,37 (0,01; 2,40)
PO_4^{3-} [mg/l]	0,37 (n. n.; 0,81)	0,04 (n. n.; 0,07)	0,02 (n. n.; 0,93)	2,96 (1,97; 3,87)	2,67 (1,70; 7,34)	10,34 (6,5; 16,42)	0,83 (0,09; 3,29)
K^+ [mg/l]	8,9 (1,43; 26,2)	1,06 (0,08; 2,54)	0,65 (0,17; 1,81)	15,75 (7,8; 48,0)	1,7 (0,6; 15,7)	1,33 (0,04; 20,0)	0,09 (n. n.; 1,25)
	oberflächennahes Grundwasser						
LF [µS/cm]	36 (31; 47)	24 (18; 33)	41 (25; 60)	248 (155; 591)	421 (276; 660)	58 (51; 76)	172 (104; 234)
pH-Wert	4,8 (4,5; 4,9)	4,3 (4,1; 4,4)	4,4 (4,2; 4,6)	5,3 (5,1; 5,5)	6,5 (6,4; 6,6)	5,3 (5,2; 5,4)	5,1 (4,7; 5,1)
NO_3^- [mg/l]	4,2 (1,1; 10,7)	0,1 (n. n.; 0,2)	0,1 (n. n.; 0,2)	0,3 (0,2; 13,2)	0,1 (n. n.; 0,2)	4,0 (1,8; 8,7)	0,2 (n. n.; 0,4)
NH_4^+ [mg/l]	0,13 (0,07; 0,22)	0,06 (0,01; 0,11)	0,20 (n. n.; 0,27)	0,33 (0,09; 0,77)	0,03 (0,03; 0,04)	0,03 (0,02; 0,10)	0,28 (0,18; 0,45)
PO_4^{3-} [mg/l]	0,01 (n. n.; 0,03)	0,04 (0,02; 0,06)	0,01 (n. n.; 0,03)	0,14 (0,04; 0,21)	0,03 (0,02; 0,07)	0,18 (0,06; 0,42)	0,1 (0,08; 0,27)
K^+ [mg/l]	0,72 (0,52; 1,25)	0,23 (0,06; 0,48)	0,72 (0,22; 0,98)	26,0 (18,3; 40,2)	11,5 (6,5; 15,9)	1,37 (0,9; 1,95)	3,9 (2,8; 10,3)

lagerung bis in das Grundwasser erfolgt jedoch nicht zwangsläufig; beide hier vorgestellten intensiv genutzten Standorte zeichnen sich durch relativ geringe Grundwasserflurabstände aus, wodurch vermutlich die Einstellung von Sauerstoffmangelbedingungen im Boden und ein Abbau von Nitrat durch Denitrifikationsprozesse entlang der nur kurzen Sickerstrecke begünstigt werden. Weniger deutlich ist die Differenzierung hinsichtlich der Ammonium-Konzentrationen des Sicker- und Grundwassers der betrachteten Standorte; so weisen sowohl die Heideflächen als auch die landwirtschaftlich genutzten Flächen wenigstens zeitweise erhöhte Ammonium-Konzentrationen auf.

Besonders deutlich zeigt sich der Kontrast von Heideflächen und landwirtschaftlichen Nutzflächen hinsichtlich der Phosphat-Gehalte des Sicker- und Grundwassers mit einem deutlichen Schwerpunkt hoher Phosphat-Werte im landwirtschaftlichen Bereich, und zwar insbesondere auf der Ebene des Sickerwassers, wo – verglichen mit dem Grundwasser – etwa 20fach höhere Werte auftreten. Zudem ist eine Abhängigkeit der Höhe der Phosphat-Konzentrationen von der aktuellen Bewirtschaftungsintensität

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

nicht festzustellen. Auch beim Kalium kommt mit Ausnahme eines Heidestandortes der Unterschied zwischen Heideflächen und landwirtschaftlichen Nutzflächen deutlich zum Ausdruck, wobei allerdings im Gegensatz zum Phosphat Kalium im Zuge einer Flächenextensivierung eine raschere Abnahme der Konzentrationen im Sicker- und Grundwasser zeigt.

4.2 Jahreszeitliche Veränderungen

Jahresgänge der Ionenkonzentrationen, insbesondere auch der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser zeichnen sich beispielsweise unter dem Einfluss der Zwergstrauchvegetation am wechselfeuchten Heidestandort 2 durch Konzentrationsmaxima im Spätsommer bis Herbst und Minima im Frühjahr aus (Abb. 2). Die Höhe der Amplituden der Ionenkonzentrationen schwankt dabei von Jahr zu Jahr, wobei vermutlich die Witterungsverhältnisse der einzelnen Jahre eine wichtige Rolle spielen. Unter dem Einfluss einer ackerbaulichen Nutzung stehen hingegen Bewirtschaftungsmaßnahmen als Ursachen jahreszeitlicher Veränderungen hydrochemischer Eigenschaften im Vordergrund, was sich am Beispiel der Leitfähigkeits- und Nitratwerte im Sickerwasser eines Maisackers deutlich nachvollziehen lässt (Abb. 3). Erhebliche Eingriffe in das System durch den Entzug von Erntegut, durch Pflügen und Düngerzufuhr bewirken jeweils eine starke Erhöhung der Ionenkonzentrationen des Sickerwassers als Folge einer Auswaschung von Düngerrückständen bzw. im Zusammenhang mit einer gesteigerten Mineralisationsaktivität, während bei geringerer Intensität der Bewirtschaftungsmaßnahmen während der Wintermonate eine vorübergehende Stabilisierung der Werte auf einem relativ niedrigen Niveau zu beobachten ist.

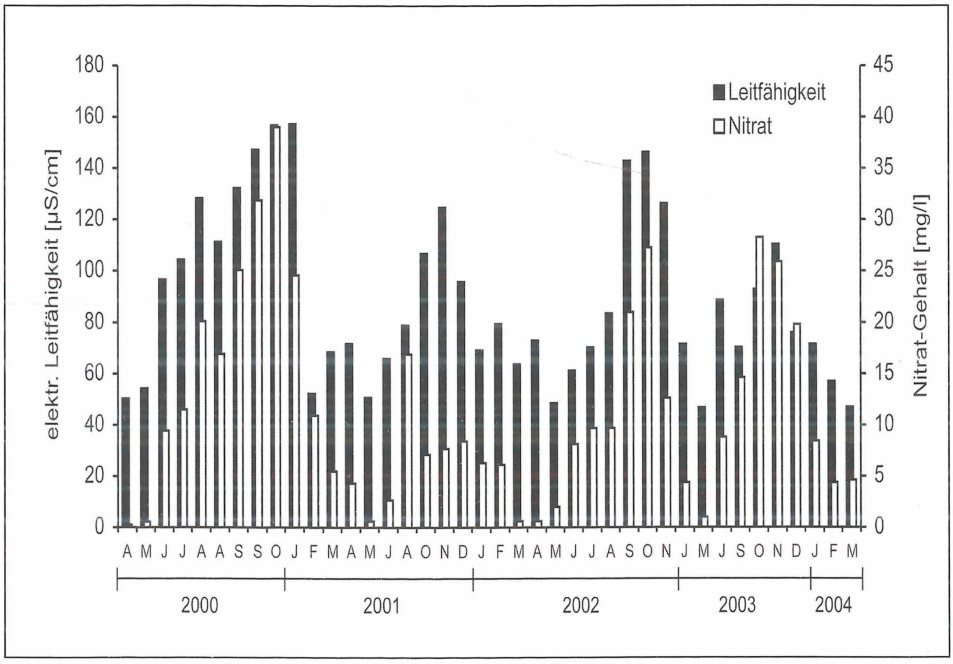

Abb. 2: Jahreszeitliche Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit [µS/cm] und des Nitrat-Gehaltes [mg/l] im Sickerwasser unter einem Mischbestand von *Calluna vulgaris* und *Erica tetralix* im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer".

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

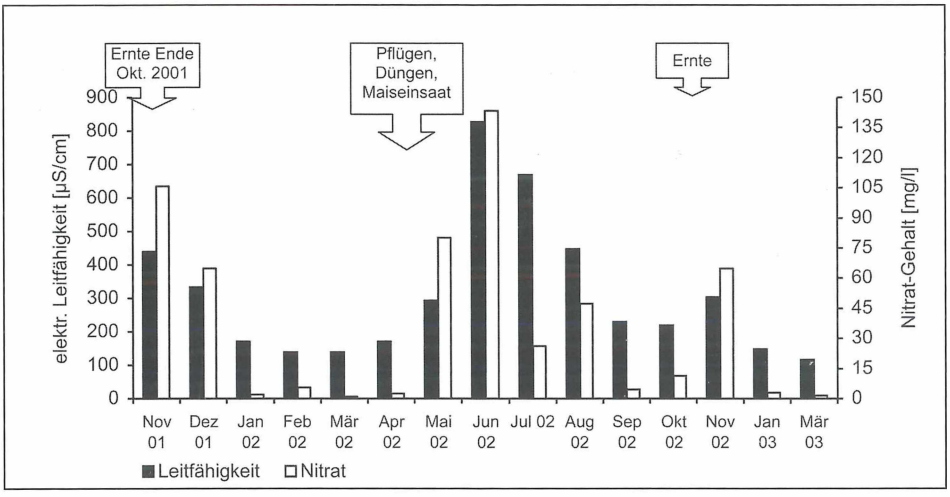

Abb. 3: Jahreszeitliche Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit [µS/cm] und des Nitrat-Gehaltes [mg/l] im Sickerwasser eines Maisackers in der südlichen Peripherie des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer".

4.3 Extensivierung von Agrarflächen durch Abschieben des Oberbodens

Im Zusammenhang mit Naturschutzmaßnahmen oder Ausgleichsmaßnahmen werden heute vielfach Ansätze unternommen, ehemals intensiv genutzte Agrarflächen wieder in nährstoffarme Systeme umzuwandeln. Eine mögliche Maßnahme stellt hierbei das Abschieben des Oberbodens in der Regel bis zur Untergrenze des ehemaligen Pflughorizontes dar, wodurch ein humus- und nährstoffarmes Substrat als Ausgangsmaterial einer pionierhaften Vegetationsentwicklung geboten wird (VERHAGEN et al. 2001). Eine im Jahr 1987 in der Peripherie des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer" durchgeführte derartige Flächenumwandlung führte hier über ein kurzes Heidestadium schließlich zu der Entwicklung eines jungen Birken-Kiefern-Bestandes. Die Abb. 4 stellt wichtige hydrochemische Eigenschaften des Sickerwassers unter der ackerbau-

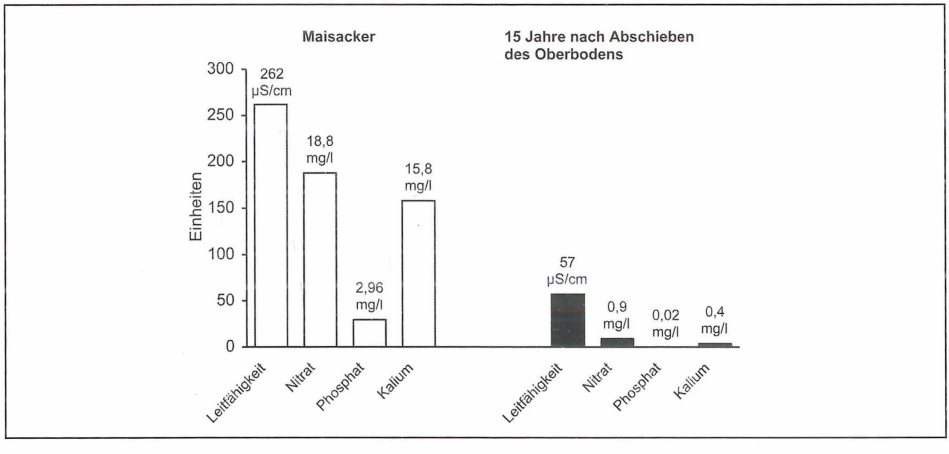

Abb. 4: Elektrische Leitfähigkeit [µS/cm] sowie die Konzentrationen an Nitrat, Phosphat und Kalium [mg/l] (Medianwerte) im Sickerwasser unter ackerbaulicher Nutzung sowie unter pionierhafter Waldvegetation 15 Jahre nach Abschieben des Oberbodens einer ehemaligen Ackerfläche.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

lich genutzten Vergleichsfläche A (vgl. Abb. 1b) sowie unter der pionierhaften Waldvegetation 15 Jahre nach Abschieben des Oberbodens (Probestelle Su, vgl. Abb. 1b) gegenüber. Bei einer Leitfähigkeit von etwa 60 µS/cm gegenüber 262 µS/cm unter ackerbaulicher Nutzung bewegen sich auch die Konzentrationen an Nitrat, Phosphat und Kalium als weitere wichtige Indikatoren landwirtschaftlicher Beeinflussung auf einem niedrigen Niveau. Im Gegensatz zu dem direkt aus der ackerbaulichen Nutzung in extensives Grünland überführten Flächen zeigt sich nach dem Abschieben des Oberbodens zudem ein starker Rückgang der Phosphat-Konzentrationen des Sickerwassers.

5. Diskussion

Während das Sicker- und Grundwasser der Heidelandschaften mit geringen Leitfähigkeitswerten und äußerst geringen Konzentrationen von Phosphat und Kalium noch heute die Folgen des ständigen Entzuges von Pflanzennährstoffen, von Podsolierungs- und Auswaschungsprozessen unter der Heidebewirtschaftung widerspiegelt, haben sich unter dem Einfluss der agrarischen Nutzung ausgehend von ehemaligen Heideböden deutlich nährstoffreichere Verhältnisse herausgebildet, wobei mit einer Akkumulation düngerbürtiger Substanzen eine langfristige Veränderung der Standorte einher geht. Beispielsweise wird Phosphat durch eine Adsorption an Eisenoxide und an organische Verbindungen in den oberen Bodenhorizonten festgelegt, was zum einen zwar die Auswaschung in das Grundwasser stark einschränkt, zum anderen aber auch noch zehn Jahre nach der Einstellung der Düngung zu hohen Phosphat-Werten im Sickerwasser führen kann. Durch Abschieben des Oberbodens lassen sich langjährig intensiv bewirtschaftete Agrarflächen wieder in nährstoffarme Systeme zurückführen, wobei hierdurch vor allem auch eine Entfernung des in den oberflächennahen Bodenhorizonten akkumulierten Phosphats ermöglicht wird.

Insbesondere die ackerbauliche Nutzung mit ihren alljährlich erfolgenden Eingriffen in die Bodenstruktur und den Nährstoffhaushalt sowie dem monatelangen Fehlen einer Vegetationsdecke bedingt darüber hinaus eine von der Heide deutlich abweichende Dynamik jahreszeitlicher Veränderungen auf Sicker- und Grundwasserebene, bei welcher das zeitliche Auftreten von Maxima und Minima der Stoffkonzentrationen im Wesentlichen durch die Bewirtschaftung bestimmt wird. Unter dem Einfluss der Zwergstrauchvegetation werden Jahresgänge der Ionenauswaschung aus dem Oberboden hingegen vorwiegend durch die Witterung und die Vegetationsperiode gesteuert. Eine nur geringe Intensität von Mineralisationsprozessen, insbesondere Nitrifikationsprozessen, in den Frühjahrsmonaten bei hoch anstehendem Grundwasser, nassen Böden und niedrigen Temperaturen resultiert in nur geringen Ionenkonzentrationen des Sickerwassers, während am Ende der Vegetationsperiode bei starker Austrocknung und Durchlüftung der Böden und noch relativ hohen Temperaturen mikrobiell vermittelte Umsetzungsprozesse mit höherer Intensität ablaufen können. Der geringere Ionenentzug durch die Vegetation im Spätsommer begünstigt zudem eine verstärkte Auswaschung der bei der Mineralisation freigesetzten Verbindungen. Eine vergleichbare Dynamik hat sich möglicherweise auch in vergangenen Jahrhunderten unter der zwischen zwei Plaggen-Entnahmen ungestörten Decke der Zwergstrauchvegetation eingestellt, insbesondere bei einer längeren zeitlichen Ausdehnung der Regenerationsphase.

Die zunehmend geringere Nutzungsintensität der Heiden, vor allem aber ihre Einbettung in eine agrarisch genutzte Landschaft mit der Folge eutrophierend wirkender Stoffeinträge über den Niederschlags- und Grundwasserpfad bewirken heute jedoch

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Abweichungen von den Stoffkreisläufen, die für die mittelalterlichen Heidelandschaften charakteristisch waren (GIMINGHAM 1994). Hier spielen insbesondere erhöhte atmosphärische Einträge von Ammonium eine Rolle, durch die eine zusätzliche Quelle anorganischer Stickstoffverbindungen für den Aufbau pflanzlicher Biomasse sowie für mikrobiell vermittelte Umsetzungsprozesse in den Böden zur Verfügung steht, was letztlich auch zu einer verstärkten Verlagerung von Nitrat und Ammonium mit dem Sickerwasser führen kann. Aufgrund nur geringer Stickstoffausträge mit dem Sickerwasser unter Zwergstrauchvegetation in der Lüneburger Heide vermutet STEUBING (1993) jedoch, dass der gesamte Eintrag von Stickstoffverbindungen zum Aufbau von Biomasse dient bzw. in den Böden festgelegt wird. Saure Milieubedingungen oder sehr trockene oder sehr nasse Standortverhältnisse können zudem die Bildung des in den Böden sehr mobilen Nitrats beeinträchtigen (BECK 1979). Unter wechselfeuchten Bedingungen scheinen hingegen trotz niedriger pH-Werte saisonal intensive Nitrifikationsprozesse in den Heideböden mit einer nachfolgenden Auswaschung des von Zwergsträuchern kaum genutzten Nitrats stattzufinden. Bei einer extensiven Grünlandnutzung ist vermutlich eine verstärkte Bindung von Stickstoff in Biomasse und Humus für eine Verringerung der Auswaschung von Nitrat verantwortlich (OLFF et al. 1994), während bei intensiver Bewirtschaftung durch die Zufuhr stickstoffhaltiger Dünger, durch eine die Durchlüftung begünstigende Bodenbearbeitung sowie durch die Stabilisierung der pH-Verhältnisse im schwach sauren bis neutralen Bereich Nitrifikationsprozesse im Oberboden gefördert werden (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Eine intensive Bodenatmung bei schlecht durchlüfteten Böden und hohen Grundwasserständen kann hier wie auch unter der Zwergstrauchheide durch Denitrifikationsprozesse allerdings einer Verlagerung von Nitrat in das Grundwasser entgegenwirken.

Zusammenfassung

Heidelandschaften als Resultat einer jahrhundertelangen anthropozoogenen Einflussnahme auf Vegetation und Böden sowie landwirtschaftliche Nutzflächen der modernen Agrarlandschaft lassen sich deutlich anhand der hydrochemischen Eigenschaften des Sicker- und Grundwassers differenzieren. Während langjährig intensiv genutzte Agrarflächen vielfach durch eine starke Anreicherung düngebürtiger Substanzen wie beispielsweise Phosphat im Sickerwasser der oberflächennahen Bodenhorizonte gekennzeichnet sind, treten Pflanzennährstoffe in den mineralstoffarmen Böden der Geest geologisch bedingt nur in geringen Konzentrationen auf und sind unter dem Einfluss einer jahrhundertelangen Heidebewirtschaftung verstärkt entzogen bzw. ausgewaschen worden. Atmosphärische Depositionen von Stickstoffverbindungen tragen heute jedoch zu einer verstärkten Eutrophierung ehemals nährstoffarmer Heideflächen bei, was auf der Ebene des Sickerwassers durch erhöhte Konzentrationen von Nitrat und Ammonium reflektiert wird. Im Bereich der Zwergstrauchheiden stehen ferner jahreszeitliche Veränderungen der Stoffkonzentrationen im Sicker- und Grundwasser vor allem mit der Vegetationsperiode und der Witterung in einem Zusammenhang, während bei landwirtschaftlicher Nutzung Bewirtschaftungsmaßnahmen die wichtigsten Einflussgrößen darstellen.

Literatur

ASMAN, W. A. H., M. A. SUTTON & J. K. SHJORRING (1998): Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. – New Phytol. **139**: 27-48.

BANGERT, U. & I. KOWARIK (2000): Naturschutzplanung für das NSG „Heiliges Meer“ und die umge-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

bende Agrarlandschaft (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): 273-397, Münster.

BARTH, E. (2002): Vegetations- und Nährstoffentwicklung eines nordwestdeutschen Stillgewässers unter dem Einfluss der Landschafts- und Siedlungsgeschichte – Paläoökologische Untersuchungen an dem Erdfallsee „Großes Heiliges Meer". – Abh. Westf. Mus. Naturkde **64** (2/3): 216 S., Münster.

BECK, T. (1979): Die Nitrifikation in Böden (Sammelreferat). – Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **142**: 344-364.

BOBBINK, R., M. HORNUNG & J. G. M. ROELOFS (1998): The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. – J. Ecol. **86**: 717-738.

DEV: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Physikalische, chemische, biologische und bakteriologische Verfahren. – Hrsg.: Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker in Gemeinschaft mit dem Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Loseblattwerk; 4 Bde). VCH Verlagsgesellschaft Weinheim.

DVWK-Fachausschuss Bodennutzung und Nährstoffaustrag (1990): Gewinnung von Bodenwasser mit Hilfe der Saugkerzenmethode. – Hrsg.: Dt. Verb. f. Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V., DVWK-Merkblätter Nr. 217/1990, 12 S., Parey, Hamburg, Berlin.

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – 5. Aufl., 1095 S., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

FLESSA, H. (1997): Emissionen aus der Tier- und Pflanzenproduktion in die Atmosphäre. – Rundgespräche der Kommission für Ökologie **13**: 115-126.

GIMINGHAM, C. H. (1972): Ecology of Heathlands. – 266 S., Chapman & Hall, London.

GIMINGHAM, C. H. (1994): Lowland heaths of West Europe: Management for conservation. – Phytocoenologia **24**: 615-626.

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.

HEIL, G. & W. DIEMONT (1983): Raised nutrient levels change heathland into grassland. – Vegetatio **53**: 113-120.

HERRMANN, M. (2004): Einfluss der Vegetation auf die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers im Bereich von Heide, Wald und landwirtschaftlichen Nutzflächen. – Abh. Westf. Mus. f. Naturkde **66** (2), 166 S. Münster.

HERRMANN, M. & J. PUST (2003): Die Einflussnahme von Waldstrukturen auf die Regenwasserbeschaffenheit im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer" (Kreis Steinfurt). – Abh. Westf. Mus. f. Naturkde **65**: 59-70, Münster.

HÜPPE, J. (1993): Entwicklung der Tieflands-Heidegesellschaften Mitteleuropas in vegetationsgeschichtlicher Sicht. – Ber. Reinh.-Tüxen-Ges. **5**: 49-75.

LANGNER, M. (1998): Nachhaltige Wasserwirtschaft im Spannungsfeld „Trinkwasserversorgung und Landwirtschaft". – Wasser & Boden **50** (3): 29-42.

LETHMATE, J. & M. WENDELER (2000): Das chemische Klima des Riesenbecker Osning in den Messjahren 1988 und 1998. – Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen **26**: 121-133.

MEYER, K.-D. (2002): Das Emsland im Eiszeitalter. – In: FRANKE, W., J. GRAVE, H. SCHÜPP & G. STEINWASCHER (Hrsg.): Der Landkreis Emsland. Geographie, Geschichte, Gegenwart. Eine Kreisbeschreibung. 33-44, Landkreis Emsland, Meppen.

OLFF, H., F. BERENDSE & W. DE VISSER (1994): Changes in nitrogen mineralization, tissue nutrient concentrations and biomass compartimentation after cessation of fertilizer application to mown grass-*land. – J. Ecol. **82**: 611-620.

SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. – 13. Aufl., 491 S., Ferdinand Enke Verlag.

SJÖRS, H. (1950): On the relation between vegetation and electrolytes in north Swedish mire waters. – Oikos **2** (2): 241-258.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

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

STURM, H. (1993): Nitrat im Trinkwasser – Geschichtliches, Hintergründe und Lösungsansätze. – Rundgespräche der Kommission für Ökologie **7**: 71-91.

THIERMANN, A. (1975): Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25 000. Erläuterungen zu Blatt 3611 Hopsten. – Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld. 214 S.

VERHAGEN, R., J. KLOOKER, J. P. BAKKER & R. VAN DIGGELEN (2001): Restoration success of low-production plant communities on former agricultural soils after top-soil removal. – Applied Vegetation Science **4**: 75-82.

Anschrift der Verfasserin:
Dr. Martina Herrmann, Institut für Mikrobiologie, Universität Hannover, Schneiderberg 50, 30167 Hannover
e-mail: herrmann@ifmb.uni-hannover.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: 16

Autor(en)/Author(s): Herrmann Martina

Artikel/Article: Beeinflussung von Sieker- und Grundwassereigenschaften durch Vegetation und Nutzung: Heidelandschaften und moderne Agrarlandschaft im Vergleich 97-107