

Einfluss der hydrologischen und geochemischen Bedingungen auf die Ionenkonzentration im Grundwasser von Niederungsgrünland

C. MERZ. UND J. PICKERT

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V., Eberswalder Str. 84,
15374 Müncheberg

juergen.pickert@zalf.de

Einleitung und Problemstellung

Je nach Reproduktionsphase ist in der Futterration ein bestimmter Bereich der DCAB (Diätetische Kationen Anionen Bilanz) einzuhalten. In der DCAB werden je nach Berechnungsmethodik K-, Na-, S-, Cl-Ionen, ggf. auch Ca-, Mg- und P-Ionen berücksichtigt. Im praktischen Landwirtschaftsbetrieb werden im Grünlandaufwuchs (Weidegras, Grassilage) sehr unterschiedliche Gehalte an diesen Ionen festgestellt, die in sehr unterschiedlichen, z.T. extremen DCAB Werten einzelner Futtermittel resultieren. Über die Rationsgestaltung muss die DCAB der Gesamtration wieder ausbalanciert werden. In Grünlandaufwüchsen aus Niedermoorgebieten wurden extreme DCAB-Werte festgestellt. Die Ursachen sind bisher nicht untersucht (Staufenbiel, 2016; Engelhard *et al.*, 2017).

Niederungsgebiete besitzen ein hohes Stoffrückhaltepotenzial in der Landschaft. In den Sedimenten mitteleuropäischer Niederungsgebiete wurden erhebliche Mengen geogener und anthropogener Stoffe festgelegt. Die räumliche Verteilung von Stoffkonzentrationen im Grundwasser pleistozäner Niederungsgebiete hängt dabei primär von den lokalen Heterogenitäten des Bodens (Substrat und Struktur), der Vegetation, dem Wasserhaushalt und den geochemischen Milieubedingungen in der gesättigt/ungesättigten Zone ab. Kleinräumige Konzentrationsmuster der Nährstoffe P, N, (K, Mg) sind zusätzlich vom Düngungsregime abhängig und anthropogenen Ursprungs. Die Nährstoffverteilung im Boden und im Grundwasser könnte demnach zu einem gewissen Teil über das Flächenmanagement kontrolliert bzw. gesteuert werden. Anders verhält es sich, wenn hohe Konzentrationen von Salzen (NaCl) geogenen Ursprungs im Grundwasser vorhanden sind. So ermöglichen lokal begrenzte aufsteigende salinare Wässer – typisch für pleistozäne Niederungsgebiete Nordostdeutschlands – eine Anreicherung der Ionen bis in den Kapillarsaum und einen Transfer in den Grünlandaufwuchs.

Ziel des Projektes war es daher zu überprüfen, welchen Ursprung die hohen Konzentrationsgradienten von SO₄, Ca, Na und Cl unter den auf Niedermoor liegenden Grünlandflächen von Paulinenaue haben (primär anthropogen oder geogen) und ob die Stoffverteilungsmuster für die Region des Havelluchs typisch sind und darüber hinaus in weiteren Regionen relevant sein könnten.

Material und Methoden

Für die Charakterisierung der geochemischen Situation im Grundwasser wurden insgesamt 6 Grundwassermessstellen auf einer Grünlandfläche in der ZALF-Forschungsstation Paulinenaue monatlich von November 2014 bis April 2018 beprobt. Paulinenaue liegt im Havelländischen Luch, Land Brandenburg (52°68'N, 12°72'E, 28.5-29.5 m Geländehöhe, Jahresmitteltemperatur 9.2 °C, mittlerer Jahresniederschlag 534 mm). Die Messstellen wurden auf einer Grünlandfläche von ca. 250 x 250 m eingerichtet. Die Filtertiefe der Messstellen liegt zwischen 2 und 3 Meter unter Flur, d.h. die Proben wurden trotz einer Schwankung der Grundwasserstände von ca. 50-70 cm im Jahresgang aus der konstant gesättigten Zone entnommen. Darüber hinaus erfolgte parallel eine Beprobung von Oberflächenwasser an 3 Positionen der benachbarten Drainagegräben. Die geochemischen

Feldparameter Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur und Redoxpotential wurden direkt im Durchfluss (Grundwasser) ermittelt. Die Säure- und Basenkapazität wurde im Gelände unmittelbar nach der Probennahme titrimetrisch bestimmt. Die Abtrennung der ungelösten Phase erfolgt nach der Probennahme über 0,22 µm Membranfilter. Für die Einzeluntersuchungen im Labor wurden folgende Parameter herangezogen:

Kationen: Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Ammonium.
 Anionen: Sulfat, Sulfid, Chlorid, Nitrat, Phosphat
 Summenparameter: DOC (Dissolved Organic Carbon), TOC (Total Organic Carbon),
 CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf), SAK (Spektraler
 Absorptionskoeffizient) 254 nm
 Schwermetalle: Eisen, Mangan

Ergebnisse und Diskussion

Diese ersten Ergebnisse des Niederungsstandortes Paulinenaue zeigen, dass die Gehalte an den im DCAB Wert erfassten Ionen im Grundwasser und Bodenwasser sehr kleinräumig stark voneinander abweichen können. Sie lassen einen Zusammenhang zwischen den hydrologischen und geochemischen Verhältnissen sowie den damit verbundenen Stoffausträgen und den DCAB Werten des Grünlandes vermuten, der in der Bewirtschaftung der Grünlandstandorte eines Betriebes zu berücksichtigen ist. Stoffausträge sind das Resultat verschiedener hydraulischer und geochemischer Prozesse mit differenzierter Wirkung bzw. Rückkopplung auf die jeweiligen Steuergrößen. Insbesondere die landwirtschaftliche Nutzung hat vielfältigen Einfluss auf die Stoffausträge in die Gewässer. Einer detaillierten Beschreibung des geochemischen Milieus bzw. der geochemischen Prozesse im Boden und im Grundwasser kommt bei der Charakterisierung der Systeme eine Schlüsselrolle zu. Die Stoffdynamik in derartigen Systemen wird besonders über den mikrobiellen Abbau des organischen Materials gesteuert. Neben dem Parameter DOC sind das Redoxpotential, der pH-Wert und der HCO₃-Gehalt die wichtigsten Parameter zur Beschreibung der geochemischen Prozesse. Unter Berücksichtigung der redoxdominierten Stoffumsetzungsprozesse sind die Niederungsstandorte durchaus in der Lage, größere Mengen von Sauerstoff und Nitrat aus Nutzungseinträgen abzubauen. Die potenziellen Elektronendonatoren für diese Reaktion sind dabei sowohl in der flüssigen als auch an der festen Phase vorhanden. Schwefel und 2-wertiges Eisen liegen in den Niedermoorböden in großer Menge vor, da es sich um im anoxischen Milieu abgelagerte, fluviatile Feinsedimente handelt.

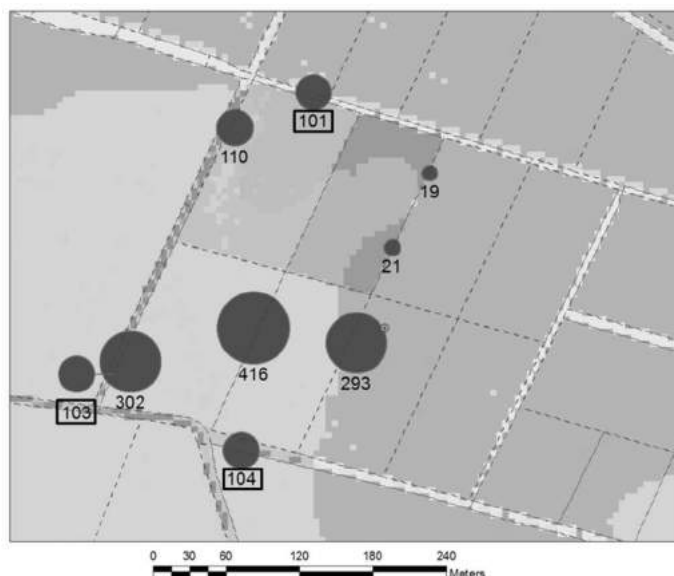


Abb 1: Stoffkonzentrationen an den Grabenmessstellen (umrahmte Werte) sowie den Grundwasser-Messstellen für Sulfat in mg/l für den Zeitpunkt August 2015.

Dieses System ist geochemisch aber nicht stabil bzw. die reduktive Pufferwirkung ist limitiert. Beispielsweise kann bei sinkenden oder stark schwankenden Grundwasserständen Sauerstoff in die vormals stark reduzierenden Aquifere eindringen und mit zunehmender Oxidation zu Sulfatfreisetzung führen. Die damit verbundene Pyritoxidation in den Böden und Sedimenten ist eine der Hauptquellen für Sulfat- und Eisenkonzentration im Grundwasser pleistozäner Niederungen. Die Prozessdynamik hängt sehr stark von den lokalen Redoxverhältnissen ab. Die Ergebnisse zeigen, dass diese auch bei einer kleinräumigen Auflösung eine hohe Variabilität aufweisen. Zu den einzelnen Beprobungsterminen konnten relativ große Unterschiede zwischen den Sulfatkonzentrationen an den 6 Grundwassermessstellen auf der Fläche nachgewiesen werden (Abb.1). Der Sulfatgehalt im Grabenwasser blieb relativ konstant. Die hohe Stoffvariabilität im Grundwasser kann mit der Verfügbarkeit des Sulfids zusammenhängen (sulfidische Mineralkomponenten in Form von Pyrit, oder als leicht zu oxidierendes Monosulfid), aber auch mit der kleinräumigen Heterogenität der Substratverteilung, verbunden mit einer variablen Sickerwasserdynamik.

Der Sickerwassereintrag kontrolliert wiederum den Eintrag von Sauerstoff und Nitrat und somit die Oxidationsdynamik in der ungesättigten Zone und im oberen Aquiferbereich. Diese Oxidation ist mit einer Protonenfreisetzung und damit mit einer Versauerung des geochemischen Milieus verbunden. In diesem Fall reagiert das System über das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht und Kalzit wird gelöst. D.h. der Ca (Mg)-Gehalt im Grundwasser zeigt eine hohe Abhängigkeit vom pH-Wert, aber damit auch vom Redoxwert. Diese Zusammenhänge sind auf der Versuchsfläche von Paulinenaue mit einer ausgeprägten Dynamik deutlich zu beobachten. Bemerkenswert ist dabei die hohe Stabilität der Messwerte über den Beprobungszeitraum. Die Sulfatgehalte schwanken nur in relativ geringem Maße (+/- 20 mg/l). In der Messstelle 6 (im Nordwesten der Versuchsfläche gelegen) konnte dagegen eine Reduzierung der Sulfatgehalte von September 2014 bis August 2015 von 518 mg/l auf 110 mg/l beobachtet werden. Bis September 2017 sank der Sulfatgehalt weiter auf 30 mg/l.

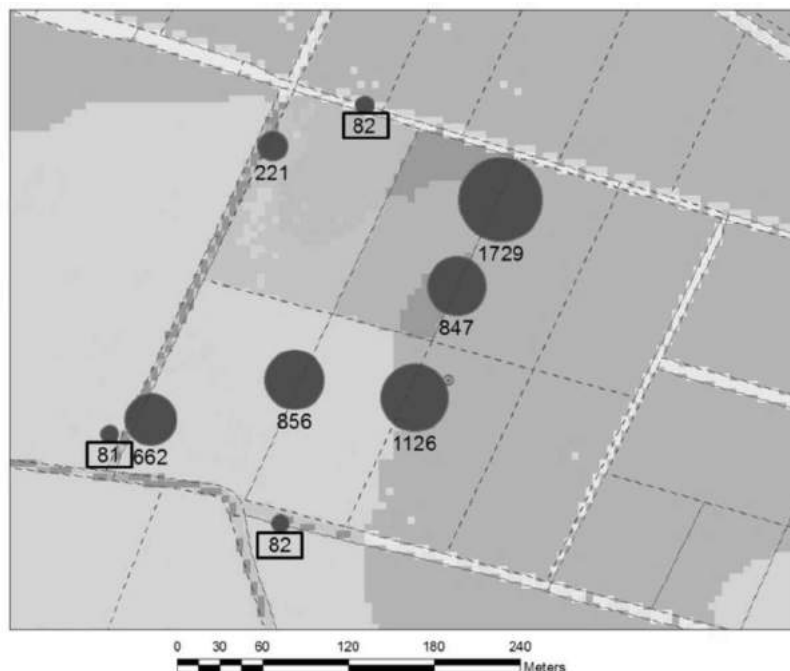


Abb 2: Stoffkonzentrationen an den Grabenmessstellen (umrahmte Werte) sowie den Grundwasser-Messstellen für Chlorid in mg/l für den Zeitpunkt August 2015

Der Ca-Gehalt verringerte sich in demselben Zeitraum von 280 mg/l auf 100 mg/l. Beide Veränderungen sind auf eine Wiederherstellung der reduzierenden Bedingungen mit einer

aktiven Sulfatreduktion zu erklären. Diese Entwicklung hat nur lokalen Charakter und gilt nur für diese Messtelle.

Gleichzeitig ist ein Prozess zu erkennen, der keine Redoxabhängigkeit zeigt. Hohe Cl- und Na- Gehalte im Norden der Fläche deuten auf eine Versalzungsproblematik hin (Abb. 2). Als anthropogene Quellen kommen Straßensalz und lokal hohe Düngemittelgaben in Frage, die in diesem Fall allerdings weniger wahrscheinlich sind bzw. ausgeschlossen werden konnten. Eher ist anzunehmen, dass geogen bedingte Versalzung von Grundwasserleitern durch einen Aufstieg salinärer Wässer im Bereich des gestörten bzw. lokal ausgeräumten Rupeltons diese Kontamination begünstigt. Lokale Fließverhältnisse bestimmen somit die heterogenen Salzkonzentrationen unter der Fläche. Diese regional durchaus bekannten Salzaufstiege sind lokal eng begrenzt und führen zu relativ kleinräumigen Konzentrationsmustern im Grundwasser. Die Muster könnten sich durch den kapillaren Aufstieg bis in die Vegetation durchpausen und den DCAB-Wert beeinflussen.

Schlussfolgerungen

In den Grünlandaufwüchsen pleistozäner Niederungsstandorte in Nordostdeutschland können hohe Stoffkonzentrationen durchaus geogen bedingt sein. Ursache sind große Stoffvorräte im Boden und in den Sedimenten. Aufgrund nutzungsbedingter, redoxdominierter geochemischer Prozesse können diese mobilisiert und von den Pflanzen aufgenommen werden. Gründe für die Mobilisierung hängen primär mit der Grundwasserstandsdynamik, mit der Verfügbarkeit des Schwefels, mit der Substratverteilung, mit der Sickerwasserdynamik sowie mit dem Nährstoffeintragen zusammen.

Die Stoffkonzentrationen variieren auf den Flächen sehr kleinräumig, zeigen aber eine relativ hohe zeitliche und räumliche Konstanz. Sie können somit, je nach Zuschnitte der Schläge im Niederungsgebiet, Grünlandaufwüchse mit recht unterschiedlichen Ionengehalten hervorbringen.

Darüber hinaus scheint eine standortspezifische Belastung durch aufsteigende salinärer Wässer im Bereich des gestörten bzw. lokal ausgeräumten Rupeltons eine Kontamination den Grundwasser mit Na und Cl zu begünstigen. Anthropogene Einflüsse sind hier allerdings nicht gänzlich auszuschließen.

Da der Grundwasseraufstieg über den Jahresverlauf einer z.T. großen Variation unterliegt, können die Aufwüchse einer Fläche pro Jahr aufgrund der unterschiedlichen Grundwasseraufnahme der Pflanzen unterschiedliche Ionenkonzentrationen aufweisen.

Aufschluss über die geogen bedingten Stoffkonzentrationen in den Grünlandaufwüchsen kann nur eine standortbezogene Analyse des Grund- und Bodenwassers in Verbindung mit der Analyse des Dünge- und Nutzungsregimes geben. Die Standortauswahl sollte systematisch erfolgen. Dabei ist vor allem die vertikale Grundwasserbewegung zu berücksichtigen.

Literatur

ENGELHARD, T., STAUFENBIEL, R. & MEYER, A (2017): Effekte variierender Kationen-Anionen-Bilanzen (DCAB) von Gesamtrationen mit hohen Anteilen an Rapsextraktionsschrot für laktierende Milchkühe auf deren Futteraufnahmen sowie auf Leistungs- und Stoffwechselfparameter. Vortrag Sitzung UFOP-Fachkommission Tierernährung am 18.05.2017 in Berlin

STAUFENBIEL, R. (2016): Der DCAB-Wert und seine Anwendung in der Rinderfütterung und Grünlandwirtschaft. Vortrag Kolloquium Paulinenauer Arbeitskreis am 08.03.2016 in Paulinenaue