

Geko

Aktuell



*Themenheft:
Gewässerversauerung
im Riesenbecker Osning*



Versauerung = Verlust an Alkalität

von Jürgen Lethmate und Katja Schneider

Inhalt

Geographische Kommission für Westfalen	2
<i>Jürgen Lethmate und Katja Schneider:</i>	
Gewässerversauerung im Riesenbecker Osning	3
Impressum	10
Neu: Literaturverzeichnis 2001	11
In Vorbereitung: „Die Emscher-Lippe-Region“	12



Die Geographische Kommission für Westfalen ist eine Vereinigung anerkannter Fachvertreterinnen und Fachvertreter aus Wissenschaft und Praxis, deren Zuwahl nach dem Prinzip wissenschaftlicher Akademien (auf Vorschlag und nach Abstimmung) erfolgt. Die Kommission hat die Aufgaben, geographisch-landeskundliche Forschungen in Westfalen durchzuführen und zu fördern sowie ihre Arbeitsergebnisse in wissenschaftlich solider und zugleich allgemein verständlicher Weise der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Die Arbeit der Kommission umfaßt

- die Durchführung von öffentlichen Informations- und Dokumentationstagen in den verschiedenen Teilregionen Westfalens mit Vorträgen, Ausstellungen und Aussprachen,
- die Aufbereitung, einschl. thematisch-kartographischer Umsetzung, geographischen Wissens für eine breite Öffentlichkeit, für die praxisorientierte Verwaltung und Planung sowie zur Informierung lokaler und regionaler Medien,
- die Veröffentlichung der Arbeitsergebnisse in

drei Schriftenreihen und dem (in Lieferungen erscheinenden) „Geographisch-landeskundlichen Atlas von Westfalen“.

Die Mitglieder dieser in ihrer Art in der Bundesrepublik Deutschland einmaligen Einrichtung bringen ihr Wissen und Können ehrenamtlich ohne Vergütung ein. Die Mitarbeiter (vier) sowie Sachmittel für die zur Aufgabenerfüllung notwendige Forschungs- und Geschäftsstelle der Kommission stellt der LANDSCHAFTSVERBAND WESTFALEN-LIPPE (LWL) im Rahmen seiner Dienstleistungen für die Kulturpflege in Westfalen zur Verfügung.

Gegenwärtig zählt die vor fast 70 Jahren gegründete Kommission 85 ordentliche und korrespondierende Mitglieder aus ganz Westfalen.

Vorsitzender ist Prof. Dr. Heinz Heineberg, Geschäftsführer ist Dr. Klaus Temnitz.

Die Forschungs- und Geschäftsstelle der Kommission – einschl. Selbstverlag, umfangreicher Bibliothek und Sammlungen (u.a. Karten und Luftbilder) – befindet sich in Münster in Nachbarschaft

zu den Instituten für Geographie, Didaktik der Geographie, Landschaftsökologie und Geoinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität.

Umfassende Informationen zu den Veröffentlichungen der Kommission sind dem Internet unter

www.geographische-kommission.de

zu entnehmen.

Das kommentierte Schriftenverzeichnis ist in der Forschungs- und Geschäftsstelle der Kommission erhältlich (Anschrift s. S. 12).

Dort können auch vergriffene Titel eingesehen und ggf. kopiert werden.



Der Landschaftsverband Westfalen-Lippe (LWL) mit Hauptsitz in Münster ist ein kommunaler Verband im Dienst der 8,5 Millionen Menschen in Westfalen. Er nimmt schwerpunktmäßig Aufgaben in den Bereichen Sozialhilfe/ Fürsorge, Gesundheit/Psychiatrie, Jugend/Schule und Kulturpflege wahr. Mitgliedskörperschaften sind die Kreise und kreisfreien Städte.

Die ältere Schwester des Waldsterbens

Während das "Waldsterben" in der Öffentlichkeit zum Schlagwort wurde, hat die Gewässerversauerung weit weniger Beachtung gefunden. Auch von der Wissenschaft wurde sie lange übersehen. Inzwischen ist bekannt, dass Gewässerversauerung lange vor den „neuartigen Waldschäden“ auftrat, sie ist die „ältere Schwester des Waldsterbens“.

Das oft parallele Auftreten von Waldschäden und Gewässerversauerung ergibt sich zwangsweise, insofern die Gewässerversauerung das letzte Glied in einer ökosystemaren, das heißt alle Kompartimente des Ökosystems umfassenden Wirkungskette darstellt: Versauernd wirkende atmosphärische Ablagerungen (saure Depositionen) werden in Wald und Boden angereichert, umgesetzt und in das Gewässer abgereichert, wenn der natürliche Versauerungswiderstand, das Puffervermögen des Einzugsgebietes erschöpft ist (Abb. 1). Gewässer versauern durch den Verlust der geogenen Pufferkapazität: sie verlieren das Vermögen, durch Puffersubstanzen wie

nisch streichende Mittelgebirge wird kartografisch einseitig als Oberkreide-Höhenzug aus Kalkstein und damit als gegenüber Versauerung unempfindlich generalisiert. Charakteristisch für den Osning ist aber das Nebeneinander zweier zumeist paralleler Bergkämme, einem Kalkstein- und einem Sandsteinkamm. Letzterer weist die beherrschenden Höhen auf und ist mit markanten Klippenbildungen landschaftsprägend. Der basenarme Unterkreide-Sandstein, ein fast reiner Quarzsandstein, bildete nährstoffarme, podsolisierte Böden. Die geogenen Bedingungen disponieren den Sandsteinkamm des Osnings zum pufferschwachen Raum. Als disponierender atmogener Faktor kommt ein chemisches Klima mit hohen Säureinträgen hinzu. Der Osning ist die erste Gebirgsschranke für Luftmassen aus den in der Hauptwindrichtung (SW) vorgelagerten Räumen mit hohen Emissionsraten; die erhöhten Stauniederschläge führen zu entsprechend erhöhten Depositionsraten von Luftschadstoffen.

Modellgebiet „Riesenbecker Osning“

Zur exakten Quantifizierung der für den Osning geltend gemachten Hypothese eines stark versauerungsgefährdeten Raumes wählten wir ein Modellgebiet im nordwestlichen Teutoburger Wald aus, den Riesenbecker Osning. Der Kalkstein ist hier nicht mehr kammbildend, der Sandstein fingert aus in mehrere parallele Schichtkämme. Das Modellgebiet wurde nach Kriegsende mit Waldkiefern aufgeforstet. Zahlreiche Waldquellen entspringen an den Hängen, nach Art des Wasserabflusses meist Fließquellen (Rheokrene, Abb. 2), aber auch Tümpelquellen (Limnokrene). Geohydrologisch überwiegen die Auslaufquellen, aufsteigende Quellen (Verwerfungsquellen) sind die Ausnahme.

Eine für Untersuchungen zur Gewässerversauerung wichtige Frage betrifft den geogenen Schwefelgehalt. Nennenswerte Schwefelkonzentrationen, etwa als Pyrit, sind für den Osning-Sandstein nicht bekannt. Schwefelhaltige Kontaktgrundwässer erreichen das Modellgebiet nicht, wird es doch in Kamm und Südhanglage aus dem morphologisch bedeutendsten Schichtglied der Unterkreide gebildet, dem Gravenhorster Sandstein, der am Nordhang in die sandig-tonigen Schierloher Schichten übergeht (Abb. 3). Wahrscheinlich kommen die Quellwässer auch gar nicht mit der Gesteinsverwitterungszone in Kontakt: Die stichprobenartig gemessene Kieselsäurekonzentration aller Quellwässer liegt unter 10 mg/l SiO_2 . Derartig niedrige Konzentrationen deuten auf geringe Verwitterungsraten, anders gesagt: der Ein-

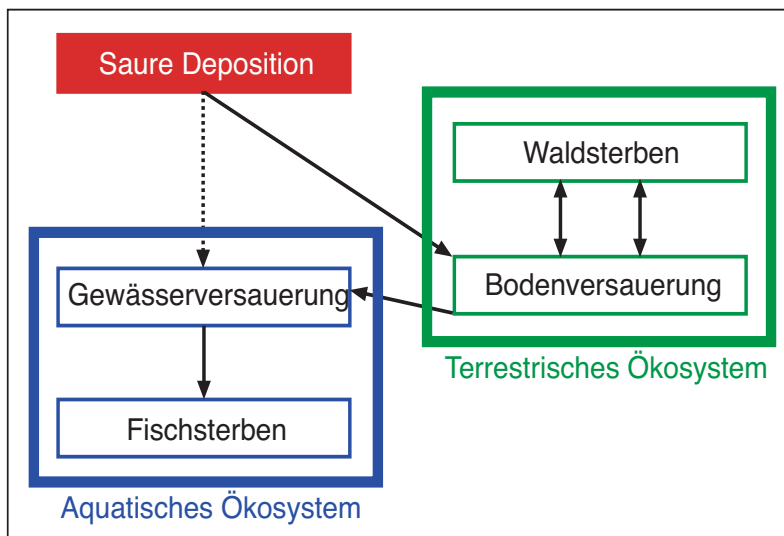


Abb. 1: Beziehung zwischen saurer Deposition und indirekten Auswirkungen in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen

Hydrogencarbonat (HCO_3^-) die über Luftverunreinigungen zugeführten Säureeinheiten (H^+ -Ionen) zu neutralisieren und dadurch ihren Säuregrad (pH-Wert) zu stabilisieren. In Deutschland sind vornehmlich die kalkarmen Mittelgebirge und die norddeutschen Sandergebiete betroffen.

Der Osning als pufferschwacher Raum

Der Teutoburger Wald (Osning) bleibt in den Listen versauerungsgefährdeter Landschaften ungenannt. Das schmale, nordwestlich-südöstlich, also herzy-



Abb. 2: Fließquelle am Nordhang des Riesenbecker Osning, bewachsen mit den Säurezeigern Rippenfarn (*Blechnum spicant*) und Torfmoos (*Sphagnum fimbriatum*) sowie dem Charaktermoos kalkfreier Standorte, dem Gemeinen Beckenmoos (*Pellia epiphylla*)

fluss der Pufferung durch Verwitterung ist gering. Fließwege und Verweildauer der Quellwässer im Untergrund dürften kurz sein, wahrscheinlich werden die Quellen vornehmlich aus dem oberflächennahen Hangzugwasser gespeist.

Datengrundlage und Qualitätskontrolle

Im Zeitraum April 1999–April 2000 beprobten wir zehn Osning-Quellen an allen Relieflagen (Abb. 3). Genaue Jahrgänge hydrochemischer Parameter konnten dennoch nicht ermittelt werden, die meisten Quellen trockneten im Spätsommer und Herbst aus. Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert wurden sofort gemessen, die chemische Vollanalyse erfolgte an-

schließend im Labor mit den Standardmethoden der Gewässeranalytik. Wegen der zum Teil extremen Konzentration mancher Spurenstoffe, besonders Aluminium und Blei, wurden Stichproben durch zwei andere Labore überprüft. Eine Qualitätskontrolle des Datensatzes (n = 151 Proben) mittels Ionenbilanzen schloss alle Proben aus, die eine Fehlertoleranz von 10% überschritten. Zahlreiche Proben genügten diesem Qualitätskriterium nicht, ein Faktum, das auch für Wasseranalysen anderer Untersuchungsgebiete gilt. Der reduzierte Datensatz von n = 81 Proben wurde nach Versauerungsparametern ausgewertet und korrelationsstatistisch getestet, um aus den zahlreichen chemischen Versauerungsmodellen das für den Osning geeignete zu finden.

Der pH-Wert als Indikator

Um Gewässerversauerung im Gelände zu bestimmen, ist der pH-Wert ein wichtiger Indikator. Stichproben ergaben bereits extrem niedrige Werte von pH 3,9 - 4,4. Die Mittelwerte bestätigen den offenbar ganzjährig hohen Versauerungsgrad der Quellen, nur zwei Quellen haben eine Säureaktivität von pH > 5 (Abb.4). Diese beiden Quellen haben mit pH 5,76 und 6,03 auch die höchsten pH-Werte, den niedrigsten Wert von pH 3,82 erreicht Quelle 4. Der niedrigste pH-Wert des Osning-Grundwassers wird in der Geologischen Karte (GK 25 von NRW, Erläuterungen Blatt 3711 und 3712) mit pH 5,8 angegeben. Das Quellwasser des Modellgebietes liegt demnach im Extrem um fast zwei pH-Einheiten tiefer, was einer 100fach stärkeren Säureaktivität entspricht. Die niedrigen pH-Werte erklären den Verlust des Pufferstoffs Hydrogencarbonat (HCO_3^-), gemessen als Carbonathärte. Nur in Quellen mit pH > 4,5 ließ sich der Pufferstoff in geringen Konzentrationen nachweisen: Quelle 1 verfügt im Mittel über 7,3 mg/l HCO_3^- , das Mittel von Quelle 10 liegt mit 5,2 mg/l HCO_3^- unter dem für das Osning-Grundwasser angegebenen Wert von 6 mg/l HCO_3^- . Dieser niedrige Vergleichswert ist bereits Indiz für die Pufferschwäche des Osnings. Für alle anderen Quellen muss der Verlust des Hydrogenkarbonat-Puffersystems festgestellt werden. Auch die Gesamthärte fällt niedrig aus. Mit 2,4 °d („sehr weich“) entspricht der Mittelwert dem Gesamthärtegrad des Sandstein-Grundwassers.

Toxische Spurenstoffe

Der pH-Wert allein ist kein zuverlässiger Indikator der Gewässerversauerung. Säurewirkungen sind sowohl auf die Wasserstoff- als auch Aluminiumionen zurückzuführen; Versauerungsvorgänge sind wasser-

Gewässerversauerung im Riesenbecker Osning

Jürgen Lethmate und Katja Schneider

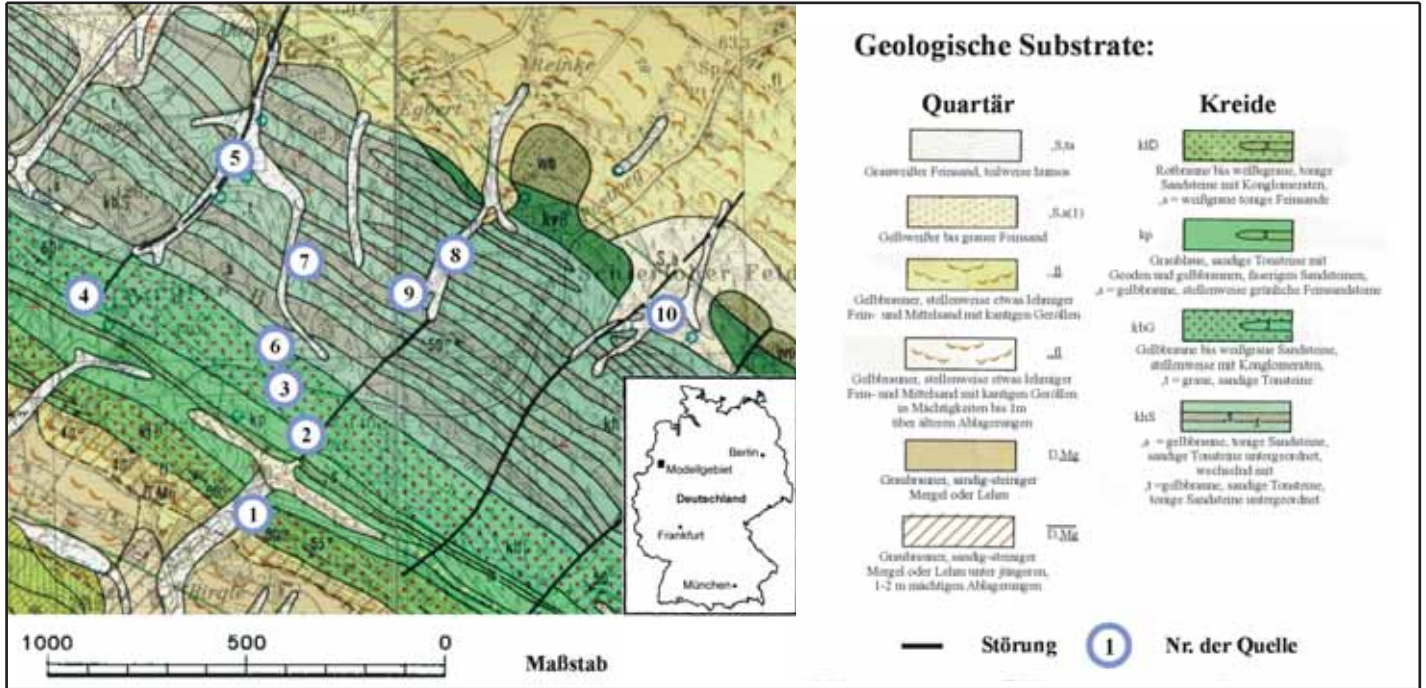


Abb. 3: Lage, Geologie und beprobte Quellen des Modellgebietes „Riesenbecker Osning“. Kartengrundlage: GK 25 NRW (1970), Blatt 3711 Bevergern und 3712 Tecklenburg

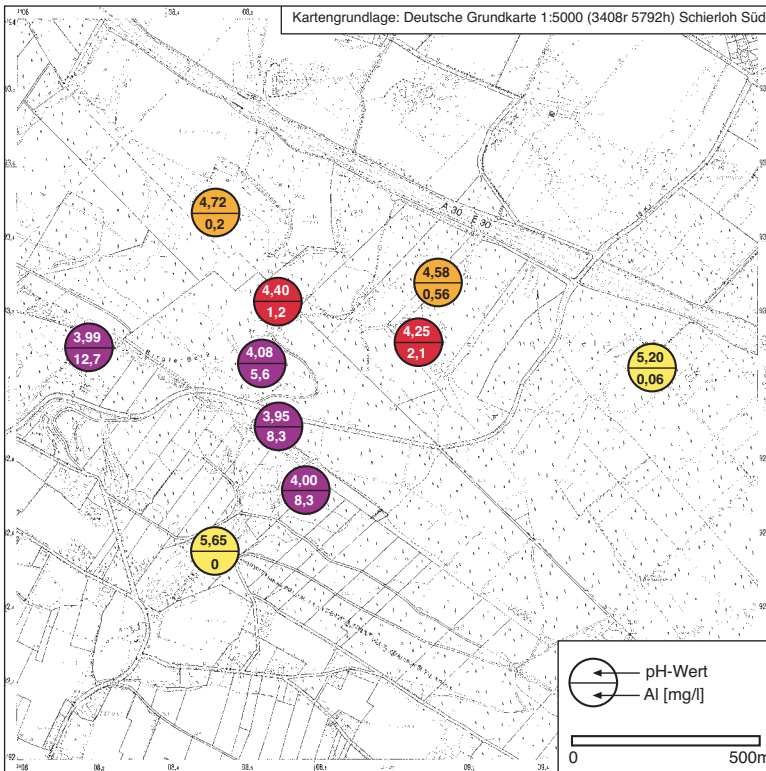


Abb. 4: Mittlere pH- und Aluminium-Werte der beprobten Quellen des Modellgebietes

chemisch demnach durch Zunahme des Wasserstoffionen- und Aluminiumionengehaltes charakterisiert. Auch diesem Merkmal entsprechen die Quellwässer des Osning-Modellgebietes. Die mittleren Al-Konzentrationen in den Quellen mit pH < 4,5 sind extrem hoch

(Abb. 4). Nur im Erzgebirge sind mit 11 mg/l Al vergleichbar hohe Werte gemessen worden. Freies Aluminium gilt als toxisch, der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TVO) liegt bei 0,2 mg/l Al. Der Mittelwert aller Quellen (3,9 mg/l Al) übertrifft diesen Grenzwert um das 20fache, im Einzelfall (Maximum Quelle 4 = 20 mg/l Al) liegt eine Grenzwertüberschreitung um das 100fache vor. In zahlreichen Untersuchungen verhalten sich die Al-Konzentrationen der Quellwässer in enger Anbindung an die pH-Werte, auch dies gilt für den Riesenbecker Osning (Abb. 5).

Die hohen Al-Konzentrationen erklären alle vergeblichen Versuche, in den am Hangfuß gestauten Quellwässern Fischzucht zu betreiben. Die alljährliche „Aluminiumflut“ im Frühjahr trübt die Teiche milchigweiß und überzieht Blätter und Hölzer im Bachbett mit papierartigem Niederschlag (Abb. 6). Bei Fischen führen diese Al-Hydroxid-Ausfällungen in den Kiemen zur Behinderung der Sauerstoffaufnahme, der Säurestress beeinträchtigt die Regulation des Ionenhaushalts, die Fische sterben schließlich an den Folgen eines Kreislaufkollapses. Auch andere Organismen tolerieren die Extrembedingungen nicht, nur wenige säureresistente Arten überleben, in den Osning-Quellen zum Beispiel die Gelbbeinige Ufersteinfliege (*Nemurella cinerea*).

Zu den toxischen Spurenstoffen zählen auch Schwermetalle, wenn sie in erhöhten Konzentrationen auf-

Gewässerversauerung im Riesenbecker Osning

Jürgen Lethmate und Katja Schneider

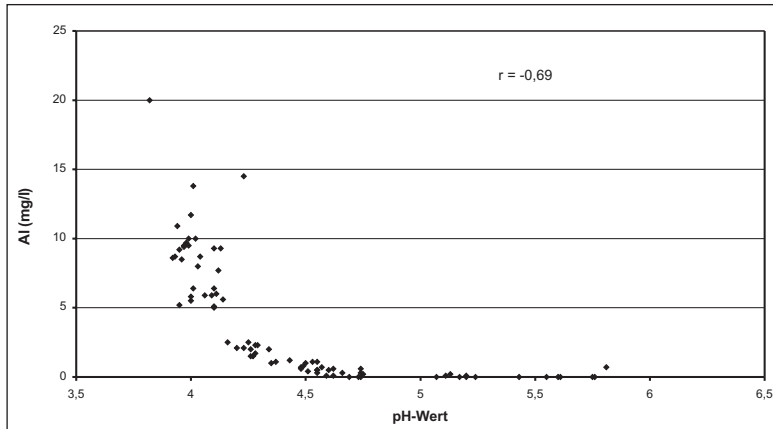


Abb. 5: Beziehung zwischen Aluminiumgehalt und pH - Wert aller beprobten Quellen (Probenumfang n = 81)

treten. Auch für sie ist mit abnehmendem pH-Wert eine Anreicherung im Quellwasser zu erwarten. Dass dies für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Mangan und Nickel „unserer“ Quellen zutrifft, ist demnach wenig überraschend. Auffällig sind wieder die TVO-Überschreitungen (Abb. 7). Während Cadmium mit einer Ausnahme unter dem Grenzwert von $5 \mu\text{g/l}$ bleibt, übertreffen die Bleiwerte den TVO-Grenzwert ($40 \mu\text{g/l}$ Pb) extrem. Die höchsten Bleikonzentrationen in Quelle 4 ($806 \mu\text{g/l}$) liegen 20fach höher als der TVO-Grenzwert. Aus keinem anderen Untersuchungsgebiet sind derartig hohe Bleiausträge bekannt.

Da der Osning-Sandstein aufgrund seines Chemismus nicht für hohe Al- und Schwermetallgehalte in Frage kommt, müssen die Quellwässer erheblich von den Gehalten der Bodendecke beeinflusst sein. Dafür spricht auch die enge Kopplung von Al, Fe, Cr und Pb mit dem bodenbürtigen organischen Kohlenstoff, gemessen als TOC (Total Organic Carbon = gesamter organischer Kohlenstoff). Dieser Parameter ist bekannt für seine Komplexbildung mit Al und Schwermetallen.

Mangan überschreitet in 8 Quellen den TVO-Grenzwert und ist in ökosystemarer Sicht von hoher Aussagekraft: Erhöhte Werte in Quellwässern ($> 100 \mu\text{g/l}$ Mn) sind Zeichen für Veränderungen der Austauschereigenschaften von Böden; Mangan ist Indikator für Prozessänderungen im Stoffaustag immissionsbelasteter Ökosysteme. Der Verlust an Pufferkapazität betrifft also sowohl den Boden des Gewässer-Einzugsgebietes als auch das Gewässer selbst, versauerte Gewässer im nicht versauerten Einzugsgebiet gibt es nicht.

„Schlepper“-Ionen

Als Nachweis für eine atmogene Mitbeteiligung an der Gewässerversauerung wird das Sulfat gewertet. In Weichwassergebieten tritt es in nur geringen Konzentrationen von 5-10 mg/l auf. Im weichen Grund-



Abb. 6: Milchige Trübung eines Quellteiches durch Ausfällung von Aluminiumverbindungen sowie Al-Hydroxid-Niederschlag auf Hölzern und Blättern des Bachbettes

Gewässerversauerung im Riesenbecker Osning

Jürgen Lethmate und Katja Schneider

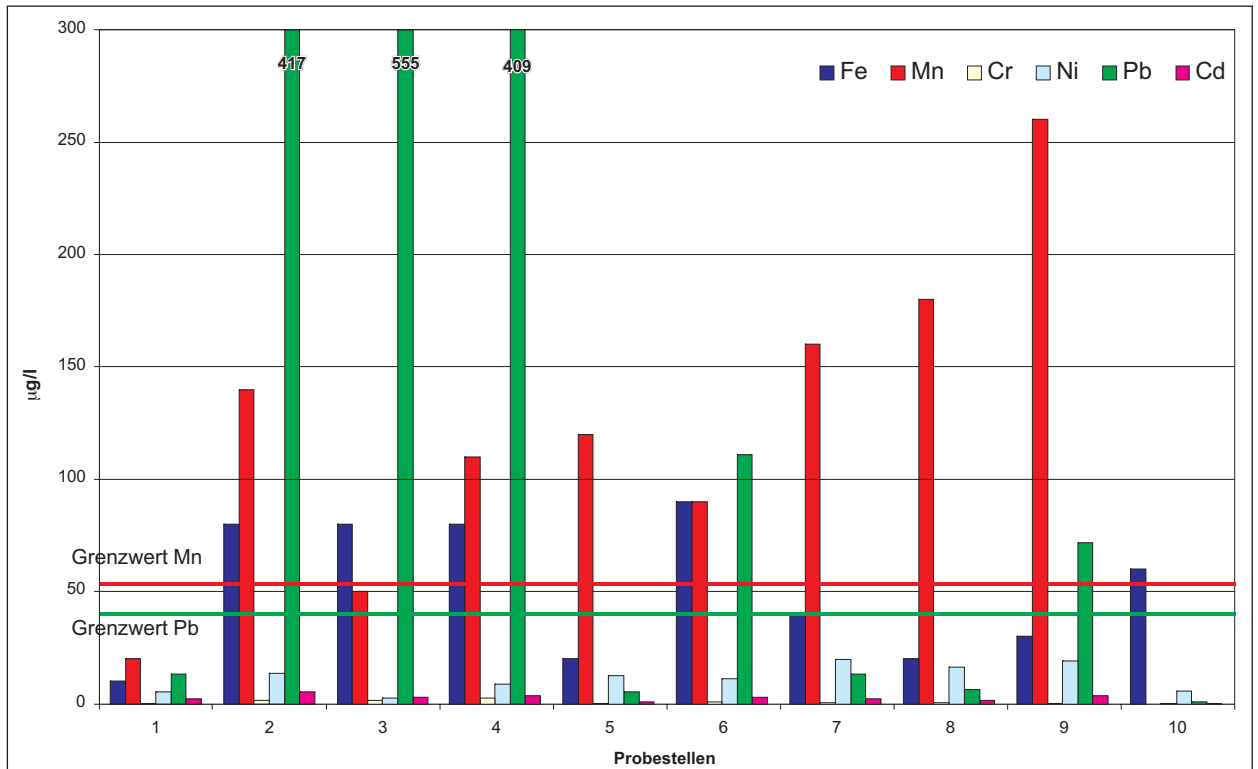


Abb. 7: Mittlere Konzentrationen der Schwermetalle Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Nickel (Ni) und Blei (Pb) aller beprobten Quellen (Probenumfang n = 81)

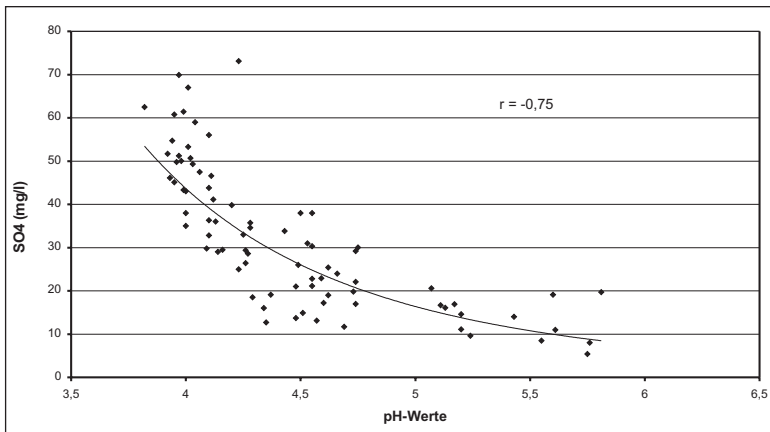


Abb. 8: Beziehung zwischen Sulfatgehalt und pH-Wert aller beprobten Quellen (Probenumfang n = 81). Nitrat und pH sind ähnlich korreliert ($r = -0,62$)

wasser des Osning schwanken die Sulfatgehalte nach Angaben der GK 25 zwischen „Spur“, 4 und 17 mg/l. In den Quellwässern aber beträgt der mittlere Sulfatgehalt 32,4 mg/l mit einer Schwankungsbreite von 5,4 - 73,1 mg/l.

Deutliche Unterschiede zwischen Osning-Grundwasser und Quellwasser ergeben sich auch für Nitrat. Errechnet sich der mittlere Nitratgehalt des Grundwassers mit 4,5 mg/l, liegt er im Quellwasser bei 29,3 (8,2–46,8) mg/l. Die Herkunft des Nitrats ist wegen

der bodeninternen Prozesse des Stickstoffkreislaufs schwieriger zu erklären.

Sulfat und Nitrat, die Anionen starker Mineralsäuren (Schwefel- bzw. Salpetersäure), wirken versauernd, da der Anionenaustrag von einer entsprechenden Menge Kationen begleitet wird. Beide Anionen sind der eigentliche „Motor“ der Gewässerversauerung, sie wirken als mobile „Schlepper“-Ionen, meist mit Calcium als Begleitung. Die Korrelationen von Sulfat/Nitrat zu Calcium/Magnesium sind in unseren Daten aber statistisch unauffällig, eine signifikante Koppelung hat Sulfat zu Aluminium und Eisen, zum pH-Wert korrelieren sowohl Sulfat als auch Nitrat auf signifikantem Niveau (Abb.8).

Das 3. Anion, das Chlorid, entstammt im Grundwasser dem Ausgangsgestein, im oberflächennahen Quellwasser dem Regen, der in Nordwestdeutschland durch Meersalzspray chloridhaltig ist. Chlorid passiert ohne Wechselwirkungen den Boden, ist also ein guter Marker für die oberflächennahe Herkunft des Quellwassers. Quellen mit einem Cl-Gehalt von ca. 20 mg/l heißen „ombrogene Quellen“. Die meisten Quellen des Modellgebietes sind nach diesem Merkmal ombrogen ($\bar{x} = 18,7$ mg/l Cl). Das Wasser dreier Quellen ist im Cl-Gehalt durch Streusalzwirkung einer Straße überprägt ($\bar{x} = 32,4$ mg/l Cl).

Grundwasser- und Quellwasser-Typ

Um verschiedene Grundwässer miteinander vergleichen zu können, greifen wir auf eine Typeneinteilung zurück, in der die Ionen ihrer Häufigkeit nach aufgereiht werden. Bei einem Anteil von 10–20 meq % werden die Ionen in Klammern gesetzt, zwischen 20–50 meq % stehen sie in Normalschrift, bei 50 meq % in Kursivschrift.

Das Sandstein-Grundwasser gehört zum Na - Ca - (Mg) - Cl - HCO₃ - Typ, das „mittlere“ Quellwasser bildet einen Ca - Al - (Na) - (Mg) - SO₄ - Cl - NO₃ - Typ. Die Unterschiede sind markant: Im Quellwasser folgt auf der Kationenseite Aluminium auf Calcium, auf der Anionenseite dominiert Sulfat. Der Puf-

den. Der Vergleich macht deutlich: Gewässerversauerung ist nicht einfach die Zugabe von Protonen, also eine pH-Änderung, sondern die Änderung des gesamten wasserchemischen Systems. Mit bisher bekannten Gewässerverschmutzungen wie z. B. Versalzung und Eutrophierung ist dies nicht zu vergleichen. Die sauren Gewässer sind nach wie vor „sauber“, das klare Quellwasser täuscht geradezu einen „gesunden“ Ökosystemzustand vor. Die völlig veränderte Ionenzusammensetzung des Quellwassers dagegen belegt, dass der Boden – bildhaft gesprochen – seine „Schleusen“ geöffnet hat, das Ökosystem ist chemisch „undicht“ geworden. In der jahrhundertelangen Geschichte der Gewässerverschmutzung stellt die Versauerung der Fließgewässer eine gänzlich neue Qualität der Belastung dar.

Quantitative Versauerungsmodelle

„Verlust an Alkalität“ lautet die exakte Versauerungsdefinition. Gemeint ist der Verlust des Neutralisierungsvermögens des Gewässers. Das Fehlen des Pufferstoffes Hydrogencarbonat war bereits als Indiz genannt worden. Eingebaut in ein umfassenderes, quantitatives Modell erhält es noch höhere Aussagekraft: $\Delta \text{Alk} = 0,91 (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+} - \text{HCO}_3^- (\mu\text{eq/l})$.

Die in der Gleichung rechts stehenden Komponenten stellen aktuell zu messende Parameter dar, erweitert um einen Korrekturfaktor (0,91). Details der Gleichung können hier nicht abgeleitet werden, als empirisches Modell hat sie sich zur Beschreibung des Versauerungsmaßes bewährt. Steigen die Konzentrationen der Gleichungsparameter (Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺, Al³⁺) bzw. nimmt die HCO₃⁻-Konzentration ab, so charakterisiert die Veränderung der Alkalität ΔAlk eine Versauerung. Da die Alkalität gleichzeitig die Pufferkapazität kennzeichnet, charakterisiert diese Veränderung auch einen Verlust an Pufferkapazität des Gewässers. Die hohen ΔAlk -Werte der Osning-Quellen zwischen 268 und 1810 $\mu\text{eq/l}$ ($\bar{x} = 954 \mu\text{eq/l}$) belegen, dass die Quellen ihre Alkalität verloren haben, sie sind „versauert“. Von allen getesteten Alkalitätsmodellen erreicht das ΔAlk -Modell die höchste Korrelation zum pH-Wert ($r = -0,80$), die Quellen mit den höchsten Alkalitätsverlusten sind auch die Quellen mit den niedrigsten pH-Werten (Abb.9).

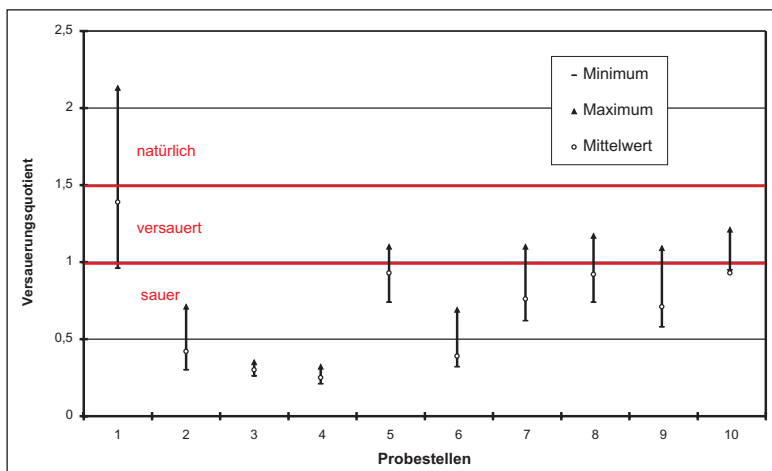
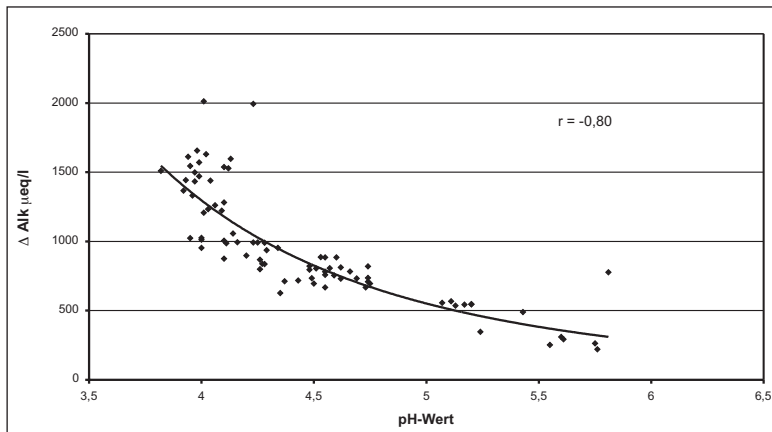


Abb. 10: Versauerungsquotient $VQ = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} / \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- (\mu\text{eq/l})$. Minima, Maxima und Mittelwerte aller beprobten Quellen (Probenumfang $n = 81$)

ferstoff HCO₃ fehlt, das Gewässer hat seine geogene Pufferkapazität verloren. Die Änderungen auf der Kationen- und Anionenseite können als Indiz fortgeschrittener Gewässerversauerung betrachtet wer-

Eine noch engere Kopplung zum pH-Wert hat mit $r = 0,85$ der sogenannte Versauerungsquotient (VQ). Er geht von der Belastung des Wassers mit Sulfat und Nitrat aus: $VQ = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} / \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- (\mu\text{eq/l})$.

Gewässerversauerung im Riesenbecker Osning

Jürgen Lethmate und Katja Schneider

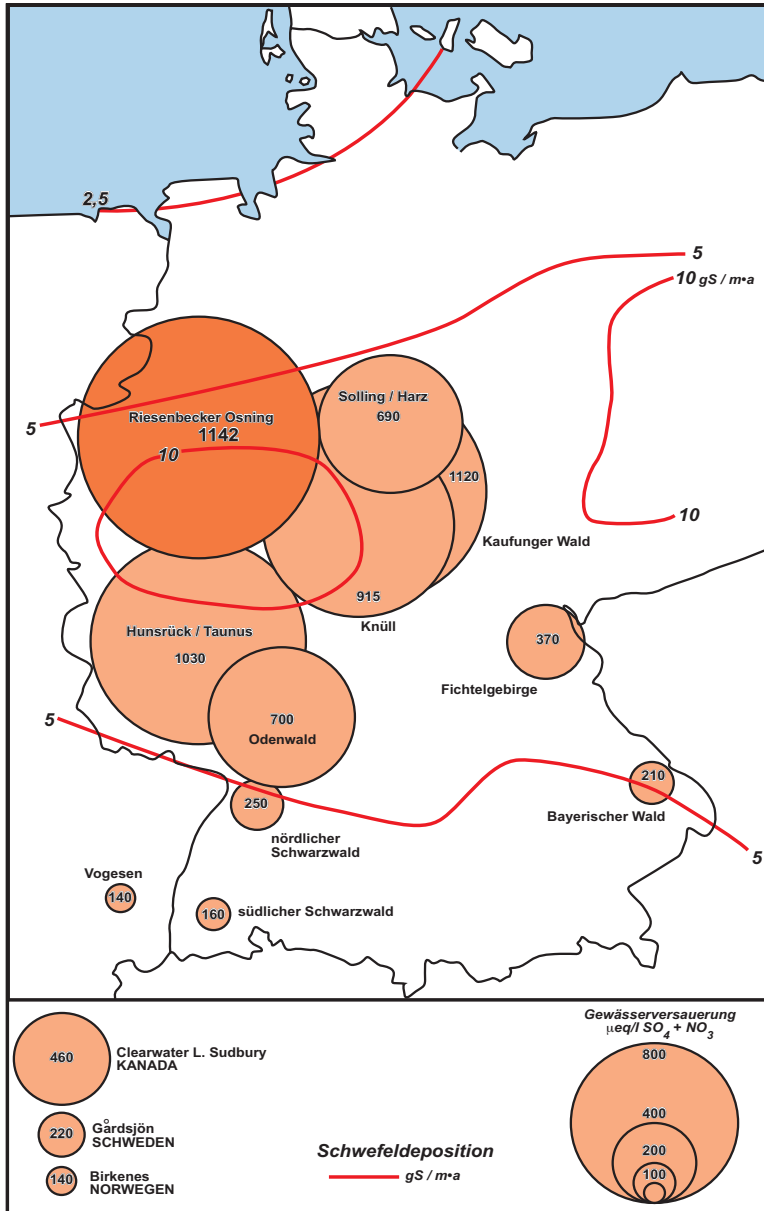


Abb. 11: Versauerung kleiner Fließgewässer und Gesamtschwefel-Deposition in der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) mit Vergleichsdaten aus Kanada und Skandinavien. Die S - Deposition bezieht sich auf die Mitte des letzten Jahrhunderts (vgl. Text). Verändert nach Schoen u.a. 1984

Bei einem versauerten Gewässer ist die Summe von Calcium und Magnesium zu der von Sulfat und Nitrat nicht mehr im Gleichgewicht. Bei Werten $VQ < 1$ gilt, dass die Fähigkeit der Sickerwasserbahnen, Säureeinträge über den Austausch basischer Kationen abzapuffern, weitgehend erschöpft ist, anders gesagt: $VQ < 1 =$ Verlust des HCO_3^- -Puffersystems. Mit einer Ausnahme liegen die VQ -Mittelwerte aller Quellen unter dem Grenzwert 1, diese Quellen können damit als „sauer“ eingestuft werden (Abb.10). Die Quellen 2, 3, 4 und 6 sind offenbar ganzjährig sauer, bei den anderen Quellen werden im Jahresver-

lauf Werte > 1 angenommen. Die Mittelwerte zugrundegelegt hat der Versauerungsquotient unter allen Versauerungsgleichungen die höchste Kopplung zum pH-Wert ($r = 0,94$ bei $\alpha = 0,01$). Er wird wegen seiner straffen Korrelation zum pH-Wert als geeignetes Versauerungsmodell für den Riesenbecker Osning betrachtet.

Überregionaler Vergleich

Die räumliche Verteilung der Schwefeldeposition im Freilandniederschlag war Mitte des letzten Jahrhunderts durch eine Zone hoher Belastung im Zentrum der Bundesrepublik (alte Bundesländer) gekennzeichnet, nach Norden und Süden nahm die Schwefeldeposition ab (Abb.11). Wengleich sie heute drastisch zurückgegangen ist, muss die frühere SO_2 -Belastung zur Beurteilung der Gewässerversauerung berücksichtigt werden.

Das regionale Verteilungsmuster der Gewässerversauerung, operationalisiert als Äquivalentsumme Sulfat + Nitrat, entspricht den SO_2 -Belastungszonen: Die Waldlandschaften der nördlichen Mittelgebirgsregion sind am stärksten von der Gewässerversauerung betroffen. Der Teutoburger Wald fügt sich widerspruchsfrei ein in dieses Raummuster und erreicht im Modellgebiet „Riesenbecker Osning“ mit der durchschnittlichen Äquivalentsumme von 1142 $\mu eq/l SO_4 + NO_3$ sogar einen Spitzenwert (Abb. 11). In den Osning-Quellen korrelieren die Mittelwerte dieses Parameters hochsignifikant mit dem pH-Wert ($r = - 0,90$ bei $\alpha = 0,01$).

Jahrzehntelang hat der Mittelgebirgssporn des Riesenbecker Osnings unter hoher Schwefelbelastung gelegen, nicht nur infolge seiner Luvlage dem größten SO_2 -Emissionsraum, dem Ruhrgebiet, gegenüber. Stabile Ostwetterlagen verursachten eine zusätzliche Belastung aus der Region Magdeburg-Leipzig-Dresden. Noch heute ist das chemische Klima des Riesenbecker Osnings durch relativ hohe Schadstoffdepositionen gekennzeichnet, wengleich die Säurebelastung eindeutig vom Ammonium aus dem umgebenden agrarischen Intensivraum bestimmt wird. Die Gesamtstickstoffeinträge erreichen aktuell Depositionsraten von > 30 kg N/ha/a, übertreffen also den Schwellenwert für erhöhte Stickstoffausträge (25 kg N/ha/a). So überrascht nicht, dass das Quellwasser des Sandstein-Osning gegenwärtig von Nitratausträgen geprägt wird. Die Äquivalentanteile des Nitrats an der Ionensumme $SO_4 + NO_3 \mu eq/l$ haben deutlich zugenommen, von 22 % im Messjahr 1988 auf aktuell 36 % (Quelle 2). Inwieweit sich hier

Gewässerversauerung im Riesenbecker Osning

Jürgen Lethmate und Katja Schneider

ein europaweiter Trend abbildet, müssen zukünftige Untersuchungen zeigen. Im Detail ungeklärt ist für unser Modellgebiet auch das Ausmaß der Vorversauerung durch menschliche Nutzung (Verheidung, Biomasseentzug u. a.) und spezifische Bodenprozesse (z. B. Schwefelaufspeicherung, residuale Aluminiumquellen). Der nachgewiesene „Konzentrationswechsel“ von Sulfat zu Nitrat jedenfalls wäre Indiz für den Prozess der Gewässerversauerung. Während alle aktuellen Messungen den Säurezustand des Gewässers dokumentieren, beweist nur der langzeitige Datenvergleich, was den Begriff „Gewässerversauerung“ ausmacht: *Ver* - sauerung als dynamische, nicht als statische Größe. Unsere Daten haben die Ausgangshypothese eines puffer-schwachen Raumes für den Riesenbecker Osning nicht nur exakt quantifizieren und räumlich darstellen können, auch für zukünftige Hypothesen zur Gewässerversauerung bleibt der Riesenbecker Osning ein geeignetes geoökologisches Modellgebiet.

Literatur

- Beierkuhnlein, C. u. Th. Gollan** (Hg.) (1999): Ökologie silikatischer Waldquellen in Mitteleuropa. Bayreuther Forum Ökologie Bd. 71
- Börgel, C., J. Lethmate, J. Sommermeyer u. T. Struck** (1993): Blei im Quellwasser – Ein Fallbeispiel zu den ökosystemaren Folgen der Luftverschmutzung. *Biologie in unserer Zeit* 23 (1): 63 - 70
- Lehmann, R., P. Schmitt u. J. Bauer** (1985): Gewässerversauerung in der Bundesrepublik Deutschland. *Informationen zur Raumentwicklung* H. 10: 893–922.
- Lethmate, J. u. K. Schneider** (2001): Der Teutoburger Wald als pufferungsschwacher Raum: Gewässerversauerung im Osning-Sandsteinzug. – *Hercynia N.F.*, im Druck
- Schoen, R., R. Wright u. M. Krieter** (1984): Gewässerversauerung in der Bundesrepublik Deutschland – Erster regionaler Überblick. *Naturwissenschaften* 71: 95–97

Anschriften der Verfasser

Prof. Dr. Jürgen Lethmate

Institut für Didaktik der Geographie
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Robert-Koch-Str. 26
48149 Münster

– Mitglied der Geographischen Kommission für Westfalen –

Katja Schneider

Müselterweg 84
52080 Aachen

www.geographische-kommission.de

Impressum

Herausgeber:
Geographische Kommission für Westfalen
Landschaftsverband Westfalen-Lippe
Redaktion:
Dr. Klaus Temnitz
Dipl.-Geogr. Rudolf Grothues
Design u. Layout:
Dipl.-Geogr. Rudolf Grothues
Druck:
Ibbenbürener Vereinsdruckerei GmbH

Nachdruck, Funksendung, Entnahme von Abbildungen, Wiedergabe auf fotomechanischem Weg oder Speicherung in DV-Anlagen sind bei ausdrücklicher Quellenangabe erlaubt.

Abonnement

GeKo-Aktuell ist ein offizielles Mitteilungsorgan der Geographischen Kommission für Westfalen. In lockerer Folge sollen aktuelle, von der Kommission oder ihren Mitgliedern durchgeführte bzw. angeregte Forschungen und deren Ergebnisse sowie die neuesten Veröffentlichungen der Kommission in Kurzbeschreibungen vorgestellt werden.

GeKo-Aktuell kann kostenlos bestellt und abonniert werden:

Geographische Kommission für Westfalen

Robert-Koch-Str. 26, 48149 Münster
Tel.: 0251/83-33929, Fax: 0251/83-38391
Internet: www.geographische-kommission.de
E-Mail: geographischekommission@lwl.org