

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	9 (2002), 1/2	S. 69–75	5 Abb., 2 Tab., 12 Lit.
----------------------------------	--------------	---------------	----------	-------------------------

Hohe Phosphatbelastungen in Gewässern des Schlaubegebietes (Südostbrandenburg) und deren geogene Ursachen

GERHARD GINZEL & MARTIN HANNEMANN

1. Veranlassung

Erhöhte Phosphoreinträge in Oberflächenwässer und oberflächennahe Grundwässer sind in dem zum Norddeutschen Tiefland gehörenden Land Brandenburg keine Seltenheit, sie lassen meist auf anthropogen verursachte Einträge schließen. Der Anfall von Abwässern, die Anwendung von Düngemitteln im Rahmen einer intensiv betriebenen Landwirtschaft sowie Sickerwässer aus verschiedenen Industrien und Deponien spielen dabei die Hauptrolle. Dass erhöhte Phosphorgehalte auch unabhängig von anthropogen bedingter Eutrophierung auftreten, wird häufig nicht in Betracht gezogen.

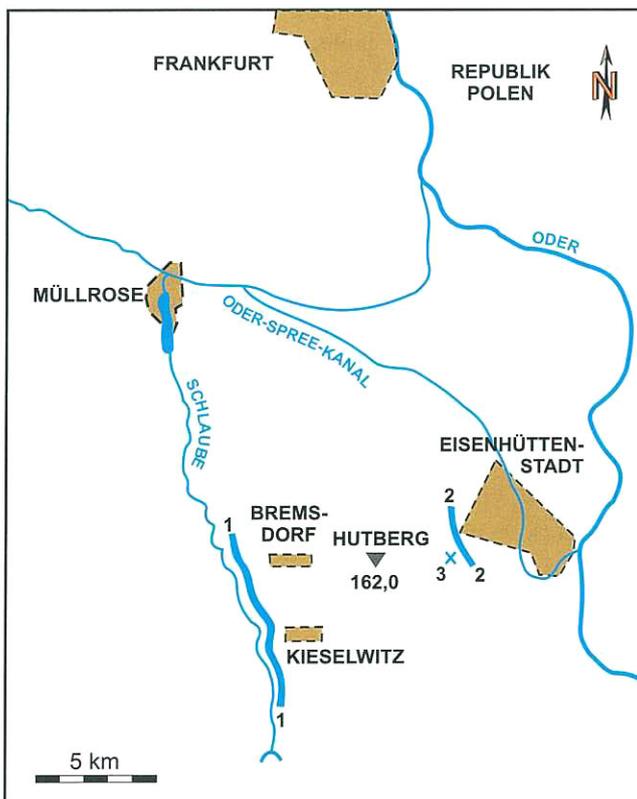


Abb. 1
Lage des Untersuchungsgebietes und der Probenahmestellen

- 1 - 1 70 Quellen am Rande des Schlaubetal
- 2 - 2 4 Quellen westlich von Eisenhüttenstadt
- 3 Aufschluß ehemalige Ziegelei Grosse

Zusammen mit älteren Untersuchungen führten neue Datenerhebungen im Schlaubegebiet westlich Eisenhüttenstadt (Abb. 1) zu der Vermutung, dass unter bestimmten geologischen und hydrogeologischen Voraussetzungen Phosphor verstärkt aus dem Sediment gelöst wird und es so zu einem beachtlichen geogenen Beitrag zur Eutrophierung der Gewässer kommt. Diese Vermutung bedarf einer Überprüfung. Verwendete Analysen stammen aus dem Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) und dem Institut für Ökologie, Bereich Bodenkunde, der Technischen Universität Berlin. Weiterhin wurden Altanalysen aus hydrogeologischen Erkundungsberichten des ehemaligen VEB Hydrogeologie Nordhausen, Arbeitsstelle Berlin, ausgewertet und verwendet. Außerdem ist auf Altanalysen des ehemaligen VEB Forstprojektion Potsdam, Labor Eberswalde, zurückgegriffen worden.

2. Hydrochemische Untersuchungsergebnisse

2.1 Quellen im Schlaubetal

Das Schlaubetal mit seinen Seen und zahlreichen randlichen Ausbuchtungen ist das Kernstück des „Naturparks Schlaubetal“ und reich an Quellen. Sie werden aus dem Grundwasser der angrenzenden Fünfeichener Höhen gespeist. Ständig speisende Quellen unterschiedlicher Ergiebigkeit befinden sich im Gebiet südlich des Großen Treppensees, also im Oberlauf der Schlaube. Hier werden die Fünfeichener Höhen (max. 162 m NN) besonders tief von der Schlaube (hier bis auf rund 55-60 m NN) durchschnitten.

Die Ergebnisse der Analysen auf einer etwa 7 km langen Talstrecke zwischen Grosse Treppensee im Norden und Wirschensee im Süden (Abb. 1) ermöglichen nachfolgende Charakteristik der Schlaubequellen in diesem Talabschnitt (Tab. 1).

Bemerkenswert sind große Unterschiede in den oft nahe beieinander gelegenen Quellen. In mehr als der Hälfte wurden Konzentrationen von SRP (Soluble Reactive Phosphorus) von mehr als 50 µg/l gemessen (Abb. 2). Die hohen Gehalte treten im anaeroben Quellwasser auf, das in der Regel Fe(II) im molaren Überschuß enthält. Bei Luftzutritt vermindert sich SRP durch Sorption an ausfallenden Fe(III)hydroxid/oxidhydraten auf Gleichgewichtskonzentrationen von 15 bis 35 µg/l. Da es in dem Einzugsgebiet der Quellen nur wenige Anhaltspunkte für eine lokale, anthropogen verursachte Eutrophierung des Grundwassers gibt, kann man bis zu 35 µg/l als geogenen

Tab. 1
Chemische Charakteristik der Quellwässer von 70 jeweils einmal beprobten Quellen (nach GELBRECHT et al. 1999)

Parameter	Einheit	Mittel	Min	Max
SRP	[µg/l]	79,0	3,0	391,0
NH ₄ ⁺	[mg/l]	0,09	<0,02	1,3
NO ₃ ⁻	[mg/l]	1,85	<0,01	10,1
Fe(II)	[mg/l]	1,3	<0,03	6,77
Cl ⁻	[mg/l]	17,0	4,0	71,0
SO ₄ ²⁻	[mg/l]	52,0	7,0	131,0
Ca ²⁺	[mg/l]	52,0	28,0	247,0
Mg ²⁺	[mg/l]	5,0	2,4	8,6
DIC	[mg/l]	17,1	3,1	36,8
DOC	[mg/l]	1,5	0,5	4,8
Dsi	[mg/l]	7,0	4,8	12,7
Na ⁺	[mg/l]	6,7	3,9	15,8
K ⁺	[mg/l]	1,7	0,3	17,1
O ₂	[mg/l]	-	0	9,8
Leitf.	[µS/cm]	348,0	177,0	681,0
pH	-	6,9	5,6	7,8

Background für dieses Gebiet betrachten (GELBRECHT et al. 1999). Vergleichbar hohe Gehalte in anderen Flussgebieten des Nordostdeutschen Tieflandes werden durch anthropogene Beeinflussung verursacht.

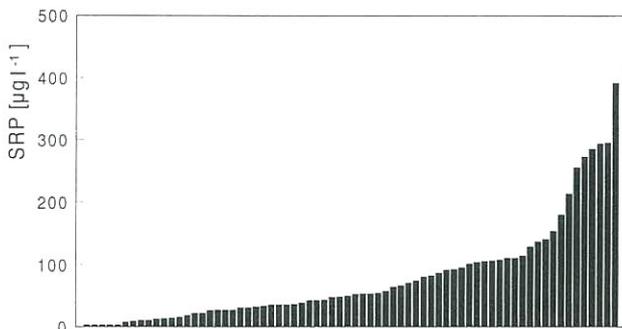


Abb. 2
70 Quellen im Schlaubetal in aufsteigender Reihe von SRP geordnet (nach GELBRECHT et al. 1999).

Eine Erklärung für diese ungewöhnlich hohen geogen bedingten Phosphoreinträge wird durch die nachfolgend dargestellten neuen Untersuchungen möglich.

2.2 Quellen bei Eisenhüttenstadt

Auch auf der Ostseite der Fünfeichener Höhen gibt es Quellen (Abb. 1). Sie werden ebenfalls aus dem Grundwasser der Höhen gespeist – hier aus westlicher Richtung. Vier Quellen liegen am Hangfuß der Höhen am westlichen Stadtrand von Eisenhüttenstadt: Quellen 1, 2 und 3 im Ortsteil Schönfließ und Quelle 4 rund 200 m nordwestlich der Straße von Eisenhüttenstadt nach Diehlo (Quelle des Gartenfließes). Die durch sie gespeisten Fließes sind nur 1 bis 2 km lang und versickern in den groben Sedimenten des Berliner Urstromtals. Allen vier Quellen gemeinsam sind sehr hohe bis extrem hohe Phosphorgehalte (Tab. 2).

Tab. 2
P-Gehalte in vier Quellen am Hangfuß der Fünfeichener Höhen (Raum Eisenhüttenstadt), Lage siehe Abbildung 1:

1. Ortsteil Schönfließ, Quellteich:	1,91 mg/l bis 4,49 mg/l
2. Ortsteil Schönfließ, Hanggraben:	2,25 mg/l bis 5,65 mg/l
3. Ortsteil Schönfließ, Drainage:	3,45 mg/l bis 4,97 mg/l
4. Straße nach Diehlo (hinter dem Rosengarten), Gartenfließ:	2,56 mg/l bis 4,56 mg/l

Bei diesen relativ hohen Werten liegt zunächst die Vermutung nahe, dass ein starker Nährstoffeintrag aus kommunalen Abwässern erfolgt. Diese Möglichkeit wird jedoch durch die gemessenen N-Werte ausgeschlossen, sie liegen bei allen 4 Quellen unter den Grenzwerten für Trinkwasser. Das Ergebnis dieser Untersuchungen führt zusammen mit einer lokalen hydrogeologischen Bestandsaufnahme der Einzugsgebiete der beprobten Quellen zu der These, dass die Ursache der hohen P-Belastung in der lithochemischen Beschaffenheit des vom Sicker- und Grundwasser durchströmten geologischen Untergrund zu suchen ist.

2.3 Grundwasser im Raum Eisenhüttenstadt

Die Problematik der Bestimmung von Phosphat und SRP im Grundwasser aus Beobachtungsrohren besteht darin, dass bei der herkömmlichen Probenahme durch Abpumpen oder Schöpfen ein Zutritt von Sauerstoff erfolgt. Dadurch wird das fast immer im anaeroben Grundwasser enthaltene zweiwertige Eisen oxidiert, fällt als Eisen(III)hydroxid/oxihydrat aus und sorbiert Phosphor. Deshalb sind die in Altanalysen des anaeroben Grundwassers angegebenen Werte für Phosphat zu niedrig. Trotzdem wurden bei der Auswertung von Altunterlagen (insbesondere hydrogeologische Ergebnisberichte) im Bereich der Fünfeichener Höhen stark erhöhte Phosphatgehalte im Grundwasser gefunden (MEINERT 1985), z.B.:

Bhg. Hy Eh 23/67	3,17 mg/l (60,0 bis 63,0 m unter Gelände)
Bhg. Hy Eh 3/75	1,13 mg/l (122,9 bis 130,0 m unter Gelände)
Bhg. Hy Eh 7/75	2,31 mg/l (166,5 bis 170,5 m unter Gelände)

Diese hohen Phosphatgehalte können nur geogenen Ursprungs sein, da in diesen Tiefen, weit unter dem Bereich des oberflächennahen Wasserkreislaufs, der im Liegenden durch das Niveau der Schlaube begrenzt wird, ein anthropogener Einfluss ausgeschlossen werden kann.

Eine Interpretation dieser für das Norddeutsche Tiefland aussergewöhnlichen Befunde kann nur auf der Basis einer geologischen und hydrogeologischen Analyse des Schlaubgebietes erfolgen.

3. Geomorphologische, geologische und hydrogeologische Situation des Schlaubegebietes

3.1 Besonderheiten der geomorphologischen Verhältnisse und deren Ursachen

Die Landschaft des Schlaubegebietes und seiner Umgebung ist das Ergebnis saale- und weichselkaltzeitlicher und in vergleichsweise geringem Maße auch nachkaltzeitlicher Prozesse. In diesem Zeitraum entstanden als saalekaltzeitlicher Stauchendmoränenrest die hoch aufragenden Fünfeichener Höhen mit dem 162 m NN erreichenden Hutberg.

Für den in der Weichselkaltzeit aus nordöstlicher Richtung vorstoßenden Gletscher hat der saalekaltzeitliche Stauchendmoränenrest als Strompfeiler gewirkt und damit ein gleichmäßiges Vordringen verhindert. So ist es zur Bildung von Gletscherteilströmen (Gletscherloben) gekommen, die die Höhen zunächst umflossen haben und sich dann, beim weiteren Vordringen nach Süden, auf der Linie des heutigen Schlaubetals vereinigt haben. Erhöhte Zerrungen und wachsende Spalten und Risse im Gletschereis haben dann zur Bildung einer Längsmulde entlang der Berührungslinie der beiden Gletscherloben, des späteren Schlaubetals, geführt. Dort sind die Gletscherwässer zusammengefließen, herabgestürzt und nach Süden abgefließen. Südlich des Wirchensees, also am Süden des Schlaubetals, haben die Schmelzwässer den geschlossenen Gletscher verlassen und einen weit verbreiteten Sander (Reicherskreuzer Sander) aufgeschichtet (HANNEMANN 1969). Im Talverlauf gelegene Senken und Verbreiterungen, die heute vielfach von Seen und Mooren eingenommen werden, sind das Ergebnis des Tausens von seinerzeit schuttbedecktem Toteis, das in Hohlformen zögernd niedergetaut ist. Typisch ist das Fehlen von Talterrassen und eines durchgehenden Talbodens.

Das Schlaubetal durchschneidet den Stauchendmoränenrest der Fünfeichener Höhen tiefreichend. Seine Entstehung ist auf Gletschereinwirkungen während der jüngsten Vereisung, der Weichsel-Kaltzeit, zurückzuführen.

Im Weichsel - Hochglazial und unter periglaziären Klimaverhältnissen war dieser Komplex eng beieinander gelegener unterschiedlicher genetischer Einheiten prädestiniert für eine starke Zertalung, so dass eine für norddeutsche Verhältnisse ungewöhnlich wechselvolle Landschaft mit hoher Reliefenergie entstanden ist (Abb. 3).

Im Weichsel - Hochglazial und unter periglaziären Klimaverhältnissen war dieser Komplex eng beieinander gelegener unterschiedlicher genetischer Einheiten prädestiniert für eine starke Zertalung, so dass eine für norddeutsche Verhältnisse ungewöhnlich wechselvolle Landschaft mit hoher Reliefenergie entstanden ist (Abb. 3).

3.2 Schichtenfolge und Lagerungsverhältnisse

Der aus Festgestein der Oberkreide (Mergelstein) bestehende tiefere Untergrund wird von durchschnittlich etwa 250 m mächtigen Lockersedimenten des Tertiärs und Quartärs bedeckt.

Das Tertiär besteht überwiegend aus Schluffen und Tonen des Unteroligozäns (Rupel) sowie aus Sanden, Braunkohlenschluffen und Braunkohlenflözen des Miozäns. Das Quartär umfaßt eine sehr wechselhafte Abfolge aus Sanden, Ge-

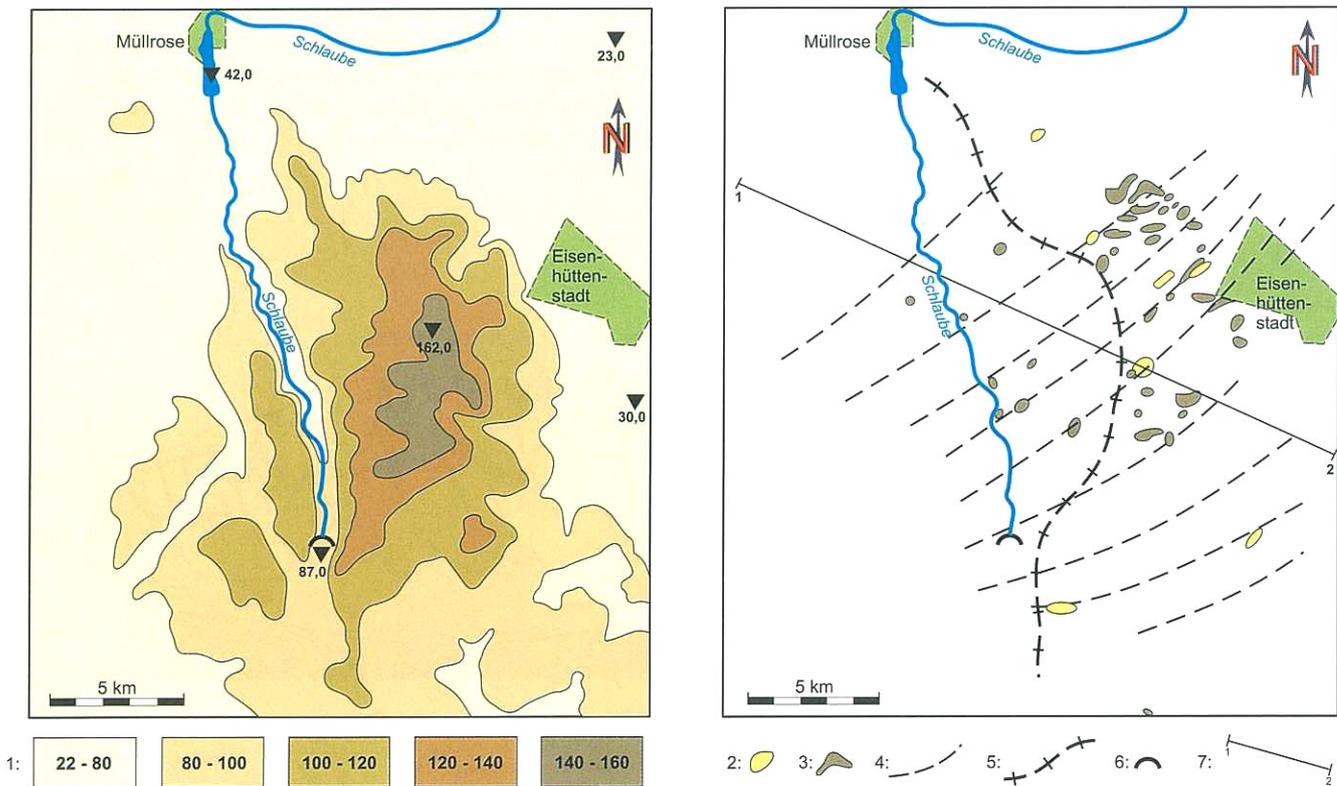


Abb. 3

Höhenschichten, geologische Strukturen und Grundwasserscheide

1: Höhenschichten (m NN); 2: oberflächlich anstehende Sedimente des Tertiärs; 3: oberflächlich anstehende Sedimente des Holstein-Interglazials; 4: Streichrichtungen tiefreichender glazigener Dislokationen; 5: Grundwasserscheide; 6: Schlaubequellgebiet; 7: Schnittlinienspur (vgl. Abb. 4)

schiebemergel, Schluffen und Tonen. Ablagerungen aus mindestens vier Vergletscherungen (Elster-, Saale 1-, Saale 2- und Weichsel- Kaltzeit) sind nachgewiesen.

Vor allem die quartären, aber auch die jungtertiären (miozänen) Ablagerungen sind in ihrer Lagerung stark glazigen gestört. Es treten sowohl plastische als auch ruptuelle Deformationen auf, die zu Falten, Faltenüberschiebungen, Überkipnungen, Aufpressungen sowie allochthonen Schuppen, Schuppenstapeln und Schollen geführt haben. Die glazitektonischen Deformationen sind saalezeitlichen Alters. Sie bildeten sich an der SE-Flanke einer von ± N heranrückenden Gletscherzunge. Demzufolge streichen die tiefreichenden Störungen ziemlich einheitlich Südwest-Nordost (Abb. 3).

Zwischen den verschiedenen alten kaltzeitlichen Sedimenten treten z. T. warmzeitliche Bildungen auf, von denen die holsteinwarmzeitlichen große Mächtigkeiten und Verbreitung haben. Die Ablagerungen der Holstein-Warmzeit im Raum Schlaubetal-Eisenhüttenstadt sind überwiegend limnischer Entstehung. Sie sind in einer weiträumigen Fluß- und Seenlandschaft entstanden, die sich vom Hamburger Raum über die Prignitz, den Berliner Raum und den Raum Schlaubetal-Eisenhüttenstadt bis weit nach Polen hinein erstreckte. Ihre Verbreitung lehnt sich stark an den Verlauf älterer elsterkaltzeitlicher Depressionen an. So weit sie glazigen ungestört sind, lagern sie im Raum des Schlaubetals gewöhnlich zwischen +/- 0 und -40 m NN. Im Gebiet des Stauchendmoränenrestes der Fünfeichener Höhen einschließlich des Schlaubetals finden wir holsteinwarmzeitliche Ablagerungen fast immer disloziert in weit höherer Position. Häufig streichen sie oberflächlich aus (Abb. 3 und 4 sowie Geologische Karte im Maßstab 1 : 25 000).

Infolge starker glaziger Beanspruchung ist die wahre ungestörte Schichtenfolge und Mächtigkeit der holsteinwarmzeitlichen Ablagerungen meist nicht festzustellen. Mit großer Wahrscheinlichkeit kann im Raum Eisenhüttenstadt auf maximale Mächtigkeiten von über 40 m geschlossen werden. Anhaltspunkte gibt die von GROSSER & HANNEMANN (1960) vorgestellte Aufnahme der in einer ehemaligen Ziegeleigrube westlich von Eisenhüttenstadt anstehenden Schichtenfolge, ergänzt durch Bohrerergebnisse auf der Grubensohle. Danach enthält die holsteinwarmzeitliche Abfolge hier eine sich wiederholende kalkfreie Folge von Diatomeenerde, Schluff und Sand mit vier Diatomeenerde-Bänken. Alle vier Diatomeenerde-Bänke zusammen haben eine Mächtigkeit von 13,8 m. Bisherige Beobachtungen sprechen dafür, dass Sedimentaufbau und Mächtigkeiten im Schlaubegebiet ähnlich sind.

Die Diatomeenerde führt in schichtweise stark wechselnden Mengen Vivianit (Blaueisenerz; $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), der oftmals in Verbindung mit Faunenresten, insbesondere Fischschuppen und Mollusken vorkommt. Häufig tritt ein beachtlicher Muddegehalt auf, der manchmal in schwärzlichen Lagen (Gehalt an Pflanzenmudde) konzentriert ist. In den begleitenden Schluffbänken sind organogene Reste sowie Vivianit- und Mudde-Gehalte gering.

3.3 Hydrogeologische Situation

Die hydrogeologischen Verhältnisse des Schlaubegebietes sind durch ein mäßig dichtes Netz von Bohrungen, Grundwasserstandsmessungen und Grundwasseranalysen in den Grundzügen bekannt. Danach verläuft die östliche Einzugsgebietsgrenze der Schlaube etwa in N-S-Richtung über den

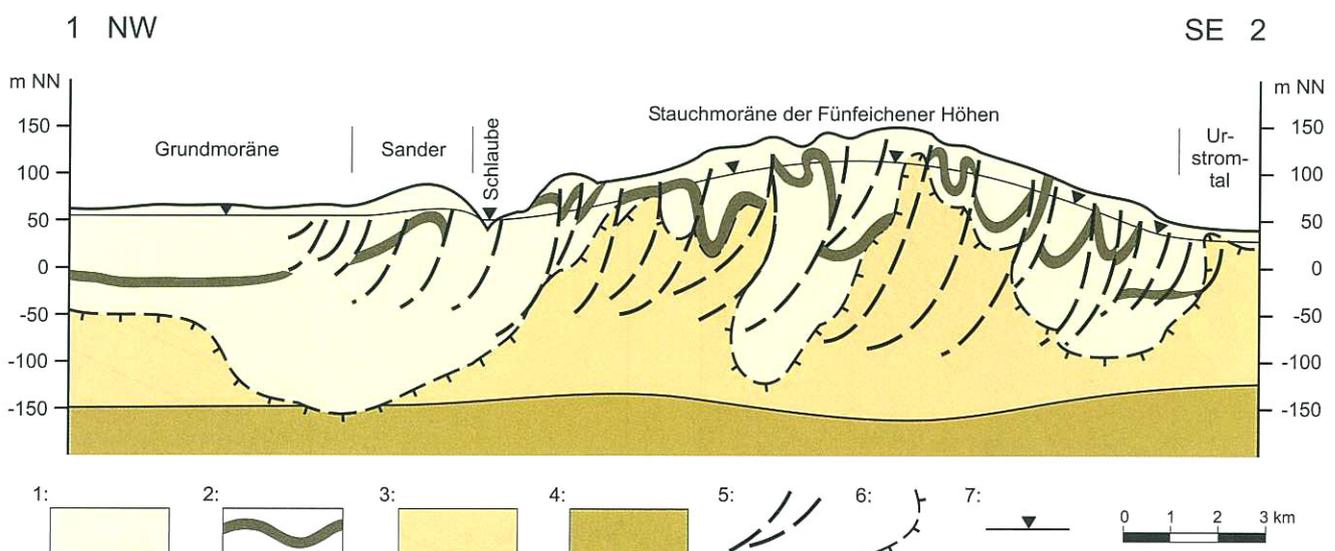


Abb. 4

Geologischer Schnitt, vereinfacht (Lage, siehe Abb. 3)

1: überwiegend Sand und Geschiebemergel (Quartär); 2: überwiegend Schluff und Diatomeenerde (Holstein-Interglazial, (Quartär)); 3: Feinsand, Braunkohle, Schluff und Ton (Tertiär); 4: Mergelstein (Kreide); 5: glazigene Lagerungsstörungen; 6: Grenze Quartär/Tertiär; 7: Grundwasserspiegel

Stauchendmoränenrest der Fünfeichener Höhen hinweg (Abb. 3). Die ober- und unterirdischen Einzugsgebietsgrenzen stimmen im Wesentlichen überein.

Die Tiefenlage des Grundwasserspiegels und die Grundwasserfließrichtungen sind, bedingt durch den lagerungsgestörten Bau des Untergrundes, im Detail sehr wechselhaft und kompliziert. Das NE-SW gerichtete Streichen der glazigenen Dislokationen hat auch eine in Fließrichtung häufig wechselnde Abfolge von Grundwasserleitern und Grundwassergeringleitern zur Folge. Somit folgt das Grundwasser meist komplizierten, bevorzugten Fließpfaden. Westlich der Grundwasserscheide wird der Grundwasserstrom demzufolge nach Südwesten und östlich davon nach Nordosten gelenkt, was insbesondere für Detailbetrachtungen bedeutsam ist. Auf beiden Seiten der Grundwasserscheide befinden sich dislozierte holsteinwarmzeitliche Ablagerungen über und auch unter dem Grundwasserspiegel. Sowohl bei der Bildung des Grundwassers als auch bei seinem unterirdischen Abfluss hat das Wasser Berührung mit holsteinwarmzeitlichen Sedimenten; zuerst in der Aerationzone und dann in der Grundwasserzone. In allen Fällen, in denen diese Sedimente durchsickert und durchflossen werden, können Stoffkomponenten des Substrates in das Wasser diffundieren.

Sieht man von der tief eingeschnittenen Schlaube ab, sind oberirdische Abflüsse im Stauchendmoränenkomplex schwach entwickelt. Das liegt an dem hier besonders hohen Anteil von Sanden am oberflächigen Aufbau. Manche von den kleinen Quellbächen sind nur periodisch in Funktion, andere versickern nach nur kurzen Fließwegen.

4. Lithochemische Untersuchungsergebnisse

Die höchsten Gehalte an SRP wurden in den Quellen bei Eisenhüttenstadt gefunden (s. 2.2). Hier bei Eisenhüttenstadt stehen, mehr noch als in anderen Gebieten der Fünfeichener Höhen, Bildungen der Holsteinwarmzeit oberflächennah und auch unmittelbar an der Oberfläche an. Deshalb wurde für lithochemische Untersuchungen dieses Gebiet ausgewählt. In Aufschlüssen gut zugängliche anstehende Schichten ermöglichen hier eine gezielte Entnahme von stratigraphisch zuordenbaren Proben. Am besten ist das derzeit noch in auflässigen alten Ziegeleigruben westlich Eisenhüttenstadt, OT Schönfließ, im Gebiet der ehemaligen Ziegelei Grosse möglich.

Weitere Gesichtspunkte für die Entnahme von Sedimentproben aus holsteinwarmzeitlichen Schichten gerade hier sind das Auftreten von Quellen (Analysen s. Tab. 2) unterhalb der auflässigen Gruben. Diese werden mit Gewissheit von Sickerwasser und oberflächennahem Grundwasser gespeist, welche durch holsteinwarmzeitliche Schichten gesickert oder geströmt sind. Es ist gewährleistet, dass die Wässer den Bereich der analysierten Schichten durchflossen haben.

Aus drei lithologisch unterschiedlichen Bereichen der holsteinwarmzeitlichen Folge wurden Proben entnommen und analysiert (Abb. 5). Diese Aufeinanderfolge tritt im Raum Eisenhüttenstadt, OT Schönfließ, an verschiedenen Stellen

auf. Sie ist insbesondere durch die meist 5 bis 10 cm, teilweise jedoch auch bis zu ca. 30 cm mächtige eisenschüssige und stark verfestigte braune Sandschicht leicht wiederzuerkennen.

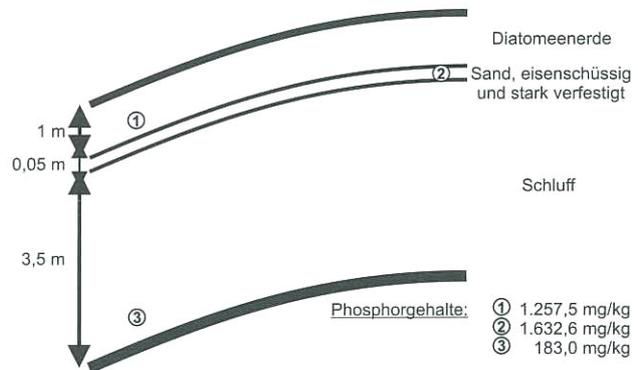
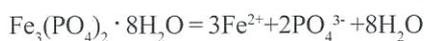


Abb. 5 Entnahmepunkte der Sedimentproben in der ehemaligen Ziegeleigrube Grosse (vereinfachte Darstellung und Analyseergebnisse)

In zwei der beprobten und untersuchten Horizonte (Diatomeenerde und eisenschüssiger Sand) treten stark erhöhte P-Gehalte von 1257,5 und 1632,6 mg/kg auf. Auffällig ist in diesen Horizontbereichen makroskopisch erkennbarer Vivianit. Weiterhin sind in der Diatomeenerde Lagen und Nester von Mudde zu erkennen sowie – wenn auch selten – Fischreste, meist in Form von Schuppen. Die verfestigte Sandschicht enthält neben Fischresten örtlich sehr zahlreich Fossilien in Form von Vivipariden, manchmal auch von Unioniden (GROSSER & HANNEMANN 1960). Es liegt daher nahe, die Phosphatgehalte im Sediment – und letztlich auch im Grund- und Quellwasser – auf die im Sediment vorhandenen organischen Reste zurückzuführen. Vivianit ist zwar schwer löslich, über geologische Zeiträume hinweg erfolgt dennoch eine Lösung, die man sich nach PEARSON (1992) wie folgt vorstellen kann:



Neben Vivianit ist in den holsteinwarmzeitlichen Ablagerungen auch mit dem Auftreten von Phosphorit zu rechnen. Es entsteht unter anderem bei Anreicherung von tierischen Exkrementen oder Knochenrelikten. Darüber hinaus ist das häufigste Phosphormineral, der Apatit, als mögliche weitere geogene Phosphorquelle anzusehen.

Bemerkenswert sind die Ergebnisse der Forstlichen Standortkartierung der DDR im Bereich der Fünfeichener Höhen. Durch sie wurden – weitgehend unabhängig vom lithologischen Untergrund – deutlich höhere Durchschnittsgehalte an P als in anderen Gebieten des Norddeutschen Tieflandes ermittelt. Hier liegen die Phosphorgehalte in den C-Horizonten zwischen 570 und 1210 mg/kg. Die normalerweise im Jungmoränengebiet gemessenen Werte bewegen sich zwischen 300 und 650 mg/kg (SCHEFFER et al. 1989). Neuere Untersuchungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen östlich von Berlin ergaben sogar nur Gehalte zwischen 120 und 240 mg/kg Phosphor (TISCHNER 2000) auf weichselkaltzeitlichen Schmelzwassersanden.

5. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen im Schlaubegebiet (Südostbrandenburg) lassen zusammen mit älteren Untersuchungsergebnissen die Schlussfolgerung zu, dass die hier in Quellen nachgewiesenen Phosphatbelastungen geogenen Ursprungs sind. Nennenswerte anthropogene Ursachen der Eutrophierung sind nicht festzustellen.

Gründe für die geogen bedingte Eutrophierung sind in den geologischen Schichten, den geologischen Lagerungsverhältnissen und in den hydrogeologischen Verhältnissen zu finden.

Das Schlaubetal und angrenzende Gebiete waren in der Holstein-Warmzeit Teil eines großen limnischen Sedimentationsbeckens, des Fünfeichener Beckens (HANNEMANN 1969). In ihm kam es auch zur Sedimentation von Schichten, die primär phosphatreich sind. Der Phosphatreichtum (visuell erkennbar: Vivianit) geht auf einen See zurück, der insbesondere Pflanzen, Mollusken und Fischen sehr lange Zeit gute Lebensbedingungen bot.

Die phosphatreichen holsteinwarmzeitlichen Schichten wurden in der Saalekaltzeit intensiv glazigen gestaucht, in Falten und Schuppen gelegt und häufig in ein höheres Niveau verfrachtet. Heute befinden sich holsteinwarmzeitliche Ablagerungen daher fast immer in allochthoner Position. Aus ihrem Sedimentationsniveau zwischen 0 und -40 m NN sind sie teilweise bis höher als +120 m NN verfrachtet worden.

Die glazigen Prozesse in der Saalekaltzeit waren auch der Grund für die Entstehung der Fünfeichener Höhen, die einen saalekaltzeitlichen Stauchendmoränenrest darstellen und die mit dem Hutberg bis 162 m NN reichen. Da der stauchende saalekaltzeitliche Gletscher aus nordwestlichen Richtungen vordrang, streichen die Störungen und die mulden- und satelartigen Strukturen NE-SW.

In der Weichselkaltzeit sind die Fünfeichener Höhen vom Gletscher zunächst lobenförmig umflossen worden. Die beiden Gletscherloben trafen sich auf der sich etwa N-S erstreckenden Linie des heutigen Schlaubetals. Entlang der Berührungslinie beider Loben kam es zu Scherbewegungen und Zerrungen zwischen den Eismassen. Supra- und inglaziale Schmelzwässer stürzten in den sich bildenden Spalten tief herab, flossen nach Süden ab und bildeten durch Erosion das Schlaubetal in seinen Grundzügen.

Der Grundwasserabfluß ist durch den Verlauf der Stauchfalten weitgehend vorgegeben: westlich der Grundwasserscheide nach SW in das Schlaubetal und östlich der Grundwasserscheide nach NE in das Gebiet des Berliner Urstromtals und in die Oder-/Neißeau. Bei der Bildung des Grundwassers wie bei seinem unterirdischen Abfluss hat das Wasser Berührung mit den phosphorhaltigen holsteinwarmzeitlichen Sedimenten sowie mit Schichten, in denen sich aufgearbeitete holsteinwarmzeitliche Ablagerungen befinden. Ein Teil der löslichen Stoffkomponenten des Substrates, z. B. Phosphor, wird vom Wasser aufgenommen und mitgeführt. Fol-

glich sind das Grundwasser und die im Schlaubetal und im Raum Eisenhüttenstadt austretenden Quellen reich an Phosphor.

Das untersuchte Beispiel aus dem Schlaubegebiet zeigt, dass die Eutrophierung der Quellen und anderen Gewässer hier im Wesentlichen geogen ist und dass bei Kenntnis der geologischen Schichtenfolge, der Lagerungsverhältnisse und der Fließverhältnisse im Grundwasserbereich eine Vorhersage geogener Eutrophierungsanteile möglich ist. Diese These konnte durch exemplarische Untersuchungen und durch die Auswertung von Altunterlagen belegt werden. Es wird weiteren Untersuchungen vorbehalten sein, die einzelnen dabei ablaufenden Prozesse zu analysieren.

Zusammenfassung

Erhöhte Phosphorgehalte in Quellen des Schlaubegebietes (Südostbrandenburg) gaben Anlass zu der Vermutung, dass unter bestimmten Voraussetzungen Phosphor in grösserem Umfang aus dem Sediment gelöst wird und es zu einer geogen bedingten Eutrophierung von Gewässern kommt. Die hier vorgelegten Untersuchungen bestätigen diese Vermutung.

Ursache der geogen bedingten Eutrophierung sind hier phosphatreiche holsteinwarmzeitliche Sedimente, die sich überwiegend auf sekundärer Lagerstätte im Einzugsgebiet der Quellen befinden. Bei deren Durchsickerung treten Stoffkomponenten des Substrates in das Wasser über. Verallgemeinernd wird gefolgert, dass abhängig von der geologischen Schichtenfolge, den Lagerungsverhältnissen sowie den Fliessverhältnissen Eutrophierungen des Wassers auch geogene Ursachen haben können.

Summary

The phosphorus concentrations of springs in the river Schlaube basin (SE-Brandenburg) ranged from 10 to 400 µg/l (median 51 µg/l). It seems a likely supposition that this eutrophication is caused by Pleistocene deposits. The studies confirmed our supposition. The reason for the high level of phosphorus in the springs are limnic sediments of the Holstein-interglacial in the catchment area of the Schlaube river. The groundwater transports the phosphorus from the deposits to the springs. The result of our studies is that under specific geological and hydrological conditions a geogenic eutrophication of surface water is possible.

Literatur

- GELBRECHT, J., DRIESCHER, E., EXNER, H.-J., & J. KÖHLER (1999): Wasserbeschaffenheit, Nährstoffeinträge und -dynamik im Schlaubegebiet (Ostbrandenburg) - bisherige Ergebnisse und Forschungsvorhaben. - Berichte des Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei 9, S. 143 - 170, Berlin
- GINZEL, G. & M. HANNEMANN (2000): Eutrophierung von Gewässern durch warmzeitliche Sedimente. - DEUQUA 2000, Tagungsband, S. 86, Bern

GINZEL, G. & M. HANNEMANN (2000): Geogen bedingte Eutrophierung der Gewässer im Einzugsgebiet der Schlaube. - *Schrift. Dt. Geol. Ges.* 12, S. 97, Hannover

GROSSER, P. & M. HANNEMANN (1960): Ein neues Interglazialvorkommen im Raum Fünfeichen, westlich Fürstenberg (Oder). - *Geologie* 9, 3, S. 299-307, Berlin

HANNAPPEL, S. (1996): Die Beschaffenheit des Grundwassers in den hydrogeologischen Strukturen der neuen Bundesländer. - *Berliner Geowiss. Abh., R. A.*, Bd. 182, Berlin

HANNEMANN, M. (1969): Saale- und weichselkaltzeitliche glazigene Dynamik und Alter der Lagerungsstörungen im Jungmoränengebiet Brandenburgs. - *Geologie* 18, 2, S. 168 – 187, Berlin

HANNEMANN, M. (1995): Über Intensität und Verbreitung glazigener Lagerungsstörungen im tieferen Quartär und im Tertiär Brandenburgs. - *Brandenburgische Geowiss. Beitr.*, 2, 1, S. 51-59, Kleinmachnow

MATSCHULLAT, J., TOBSCHALL, H. J., & H.-J. VOIGT (Hrsg.) (1997): *Geochemie und Umwelt - Relevante Prozesse in Atmo-, Pedo- und Hydrosphäre.* - 442 S., Berlin (Springer)

MEINERT, N. (1985): Ergebnisbericht mit Grundwasservorratsermittlung, Objekt Eisenhüttenstadt. - VEB Hydrogeologie Nordhausen (unveröff.)

PEARSON (1992): zitiert in DVWK (1993): Stoffeintrag und Grundwasserbeschaffenheit. - *DVWK-Schriften*, 104, 275 S., Hamburg (Parey)

SCHAEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G.W., HARTGE, K.-H. & U. SCHWERTMANN (1989): *Lehrbuch der Bodenkunde.* - 12. Aufl., 491 S., Stuttgart (Enke)

TISCHNER, T. (2000): Untersuchungen zur Phosphatverlagerung und Phosphatbindung in Boden und Grundwasser einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. - In: *Bodenökologie und Bodengenese* 33, TU Berlin, Berlin

Anschrift der Autoren:
Dr. Gerhard Ginzl
Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei
Müggelseedamm 310
12587 Berlin
e-mail: ginzl@igb-berlin.de

Dr. Martin Hannemann
Gernotstr. 4
10365 Berlin