

Gebietsdifferenzierter Wasser- und Stoffhaushalt im Gewässerkundlichen Forschungsgebiet Ziegenhagen (Kaufunger Wald)

Bernd Cyffka, Gerhard Gerold und Karl-Heinz Pörtge

Synopsis

In the hydrographic research area of Ziegenhagen, the Geographic Institute of the University of Göttingen is trying to record and model the water and dissolved load turnover in areal units of varying sizes.

In this context water acidification plays a major role. Through "upscaling" (measured plot - partial catchment area - total area) the possibilities of regional transferability of data results are to be examined.

hydrographic research area, water and dissolved load balance, water acidification, regionalisation

1. Zielsetzung und Methodik

Die angelaufenen Untersuchungen im Gewässerkundlichen Forschungsgebiet Ziegenhagen (GFZ) haben das Ziel, den an den Wasserumsatz gebundenen geogenen und anthropogenen Stoffumsatz und -austrag in seiner zeitlichen wie räumlichen Varianz zu beschreiben. Aus der Reaktion der Inputgrößen auf die Speicher- und Transformatorwirkung von Bewuchs, Substrat und Boden soll die langfristige Wassergüteentwicklung abgeleitet werden.

Das GFZ gehört zu den basenarmen und pufferungsschwachen Gebieten, die zur Gewässerversauerung neigen (n. LEHMANN & HAMM 1987). Anhand von Depositionsmessungen in benachbarten Gebieten (nordhessisches Bergland, vgl. FÜHRER & al. 1988) liegt auf Hessen bezogen bei den säurebildenden Luftschadstoffen eine mittlere Immissionsbelastung vor, die z. B. für Witzenhausen, in direkter Nachbarschaft des GFZ, immerhin eine Gesamtsäurebelastung von $1,34 \text{ kmol l} \cdot \text{a}^{-1}$ im Freilandniederschlag und $4,27 \text{ kmol l} \cdot \text{a}^{-1}$ im Bestandsniederschlag (Fichte) erreicht (n. BALÁZS 1989)!

Das Untersuchungskonzept basiert auf drei unterschiedlich großen Raumeinheiten mit abnehmender Erfassungsintensität (vgl. Abb. 1).

- I Hangmeßparzellen im Teileinzugsgebiet Lindengrund - vertikaler und lateraler Wasser- und Stoffumsatz
- II Teileinzugsgebiet Lindengrund - Integral der Wasser- und Stoffflüsse, Aggregation pedo-hydrologisch "homogener Flächen", Erfassung abflußwirksamer Teilgebiete
- III Gesamteinzugsgebiet Rautenbach I - Aufschlüsselung der integralen Abflußinformation zur Erklärung von Abflußgang, Stoffaustrag und Wasserqualität

2. Hydrochemische Gebietskennwerte

Hydrochemische Untersuchungen wurden von LEHNARDT & al. (1976 und 1983) sowie HAMANN (1989) und HUMMEL (1990) vorgenommen. Die in wöchentlichen Abständen gezogenen Proben sind für die Zielsetzung dieser Arbeit nur bedingt auszudeuten, da keine Abflußwellen i. e. S. erfaßt wurden. Allerdings können diese Daten als "hydrochemische Gebietskennwerte" aufgefaßt werden, da sie relativ lange Zeiträume abdecken und so einen mittleren Zustand aufzeigen (vgl.

Tab. 1 und CYFFKA & al. 1989). Diese Werte kennzeichnen das Wasser des Rautenbaches am Pegel Rautenbach I als weich und gering mineralisiert. Es handelt sich um erdalkalische, überwiegend sulfathaltige Wässer vom Typ Mg-Ca-(Na)-SO₄-HCO₃-(Cl) (n. IÄ mmol/l), deren pH-Werte im neutralen bis schwach alkalischen Bereich liegen. Damit ist beim Oberflächenwasser eine Zuordnung zum Kohlensäure-Karbonat-Puffersystem gegeben.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die bisherigen hydrochemischen Untersuchungen zeigen, daß die Zusammensetzung der gelösten Inhaltstoffe des Gewässers und der Stoffaustrag sowohl von der Art des Abflusses als auch von den einzelnen Teileinzugsgebieten abhängt. Der hohe Anteil der SO₄²⁻-Ionen an den gelösten Anionen (Äquivalentkonzentration) von der Quelle Rautenborn bis zur Meßstelle Rautenbach I verdeutlicht den Einfluß des atmosphären Schwefeleintrags und der Bodenversauerung im oberen Einzugsgebiet auf die Ionenzusammensetzung des abfließenden Wassers (vgl. Abb. 2)

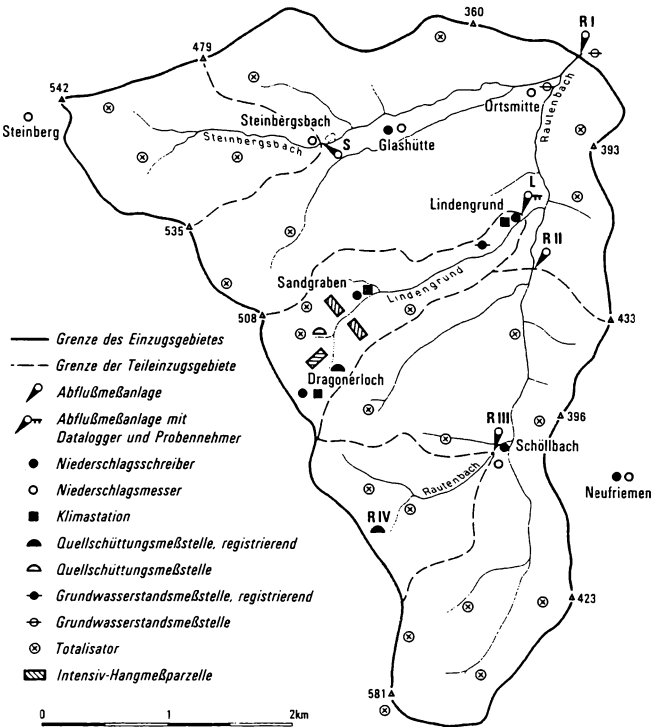


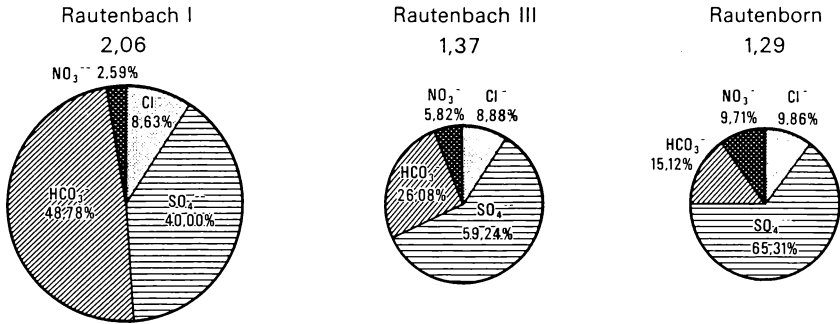
Abb. 1: Vorhandene und vorgesehene Instrumentierung

Eine Beurteilung des immissionsbedingten Versauerungsmaßes nach QUADFLIEG (1989) läßt erkennen, daß mit dem Wert von 0,9-1,1 (Rautenborn, Rautenbach III) im obersten Einzugsgebiet eine nachhaltige Versauerung eingesetzt hat. Zwar ist noch eine positive Alkalität, 0,181 mmol(eq)/l, und damit Säureneutralisationskapazität gegeben, das Puffersystem von Boden und Gestein kann jedoch erhöhte Säureinträge durch stärker saure Sickerwässer bei Schneeschmelze oder Starkregen in den Vorfluter nur noch gering neutralisieren.

Mit der Vergrößerung des Einzugsgebietes zum Pegel Rautenbach I hin, nimmt der Anteil der SO₄²⁻- und NO₃⁻-Ionen zugunsten der HCO₃⁻-Ionen deutlich ab, der Quotient beträgt 2,09, die Alkalität 0,725 mmol(eq)/l. Zwei Faktoren sind dafür maßgeblich:

- 1) Mit der Wiesen- und Ackernutzung im Mittel- und Unterlauf sowie wahrscheinlich deutlich höherem Grundwasserabflußanteil werden die geogenen Stoffe (Ca^{++} , Mg^{++} , HCO_3^-) verstärkt eingetragen.
- 2) Mit dem Zufluß vom Teileinzugsgebiet Lindengrund werden ebenfalls deutlich höhere Anteile geogener Ionen eingetragen.

Anionenzusammensetzung und -summen [mmol/l eq.]



Kationenzusammensetzung und -summen [mmol/l eq.]

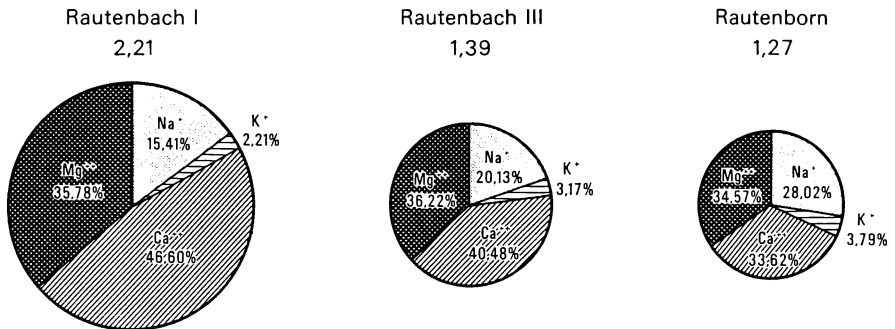


Abb. 2: Hydrochemisches "upscaling". Änderung der Anionen- und Kationen-Äquivalentkonzentrationen mit der Vergrößerung des A_{E0}

Die Ionenbilanz verdeutlicht, daß flußab mit der positiven Bilanz bei den Anionen organische Säuren beteiligt sein müssen, die verstärkt aus den staunassen Alluvialböden und Pseudogley-Parabraunerden der unteren Hangbereiche stammen.

Aus den bisher untersuchten Abfluß-Konzentrations-Beziehungen (vgl. Abb. 3) ist der Verdünnungseffekt bei den geogenen Komponenten (Ca^{++} , Mg^{++}) nur für die Einzugsgebiete der Pegel Rautenbach I und II zu erkennen, die pH-Abnahme bei Abflußzunahme ist gering. Für die kleineren Einzugsgebiete bleiben die Ionenkonzentrationen bei Ca^{++} bis zur Abflußmenge von ca. 40 l/s konstant!

Typisch ist die Zunahme der pedogenen und anthropogenen Anionen bei vermehrtem Deckschichtenabfluß, insbesondere der SO_4^{--} -Ionen, und die Abnahme der HCO_3^- -Ionenkonzentration mit Abflußzunahme in allen Teileinzugsgebieten. Daraus folgt:

- Die Sulfatkonzentrationen der Waldbäche sind eng mit der Bodenwasserdynamik verbunden, gleichzeitig muß auch bei Hochwasserereignissen ein erheblicher Abflußanteil aus tieferen Substrat- und Bodenschichten mit noch hohem Puffervermögen stammen. Dieser im Ereignisfall vermehrte Grundwasserabflußanteil bewirkt, daß der pH-Wert 7,0 nur selten unterschritten wird.
- Bei anhaltend hoher atmosphärischer Säurebelastung ist zukünftig eine zunehmende Versauerung der Oberflächengewässer zu befürchten. Ein Vergleich des Austrags gelöster Stoffe im GFZ

zwischen dem Meßzeitraum 1972-1975 (vgl. LEHNRDT & al. 1976) und dem Zeitraum 1988-1990 (laufende Untersuchungen) am Pegel Rautenbach I zeigt eine deutliche Zunahme sowohl bei den Kationen Ca^{++} als auch bei den Anionen (SO_4^{--} , HCO_3^-), was auf eine Zunahme der Basenverdrängung bei Säureakkumulation in der ungesättigten Bodenzone hinweist.

- Während des hydrologischen Winterhalbjahres ist aufgrund der verstärkten Beteiligung der ungesättigten Bodenzone an der Abflußbildung eine negative Ionenbilanz an allen Meßstellen gegeben. SO_4^{--} dominiert mit 50-60 % der Anionen. Dies zeigt, daß Kationsäuren (Al, Mn, Fe) bei der Abpufferung der atmosphären Säuren mitwirken.

Tab. 1: Hydrochemische Gebietskennwerte des GFZ am Pegel Rautenbach I.

Quelle: LEHNRDT & al. 1976 und 1983, HAMANN 1989, HUMMEL 1990

	Minimum	Mittel	Maximum
pH-Wert [mV]	6,8	7,1	7,7
el. Leitf. [μS]	126,0	150,6	171,2
Gesamthärte [$^{\circ}\text{dH}$]	4,2	5,1	7,8
Karbonathärte [$^{\circ}\text{dH}$]	2,0	3,0	4,2
NO_3^- [mg/l]	0,0	4,6	10,0
Na^+ [mg/l]	4,2	5,6	7,2
K^+ [mg/l]	0,4	1,4	3,7
Ca^{++} [mg/l]	11,7	14,0	22,0
Mg^{++} [mg/l]	5,7	9,5	13,4
Cl^- [mg/l]	3,0	4,7	6,4
SO_4^{--} [mg/l]	12,5	39,8	55,7
HCO_3^- [mg/l]	14,0	31,0	39,7

4. Folgerungen und Forschungskonzept

Die Auswertungen zum Gebietswasserhaushalt und die hydrochemischen Analysen ergeben, daß mit der Einzugsgebietsvergrößerung der grundwasserbürtige Abflußanteil sowie der Anteil geogener Ionen und damit die Pufferungskapazität (Alkalitätsgewinn) im Fließgewässer deutlich ansteigt. Die chemische Zusammensetzung und die Abfluß-Konzentrations-Beziehungen deuten an, daß sowohl saure Sickerwässer (50-60 % IÄ SO_4^{--} bei den Anionen) als auch neutral-alkalische Grundwässer (Ca^{++} , Mg^{++} und HCO_3^- Dominanz) bei der Abflußbildung und am Stoffausttrag maßgeblich beteiligt sind, wobei auf der Kationenseite ein Verdünnungseffekt zum Teil erst beim Überschreiten bestimmter Abflußmengen (vgl. Ca^{++} in Abb. 3) eintritt. Der chemische Gradient entlang des Rautenbaches weist darauf hin, daß flußab vermehrt Wasser tieferer Schichten mit positiver Alkalität abfließt. Ferner unterscheiden sich die Teileinzugsgebiete gering in der Art der Abflußbildung und -konzentration, jedoch deutlich im Stoffausttrag und der hydrochemischen Zusammensetzung.

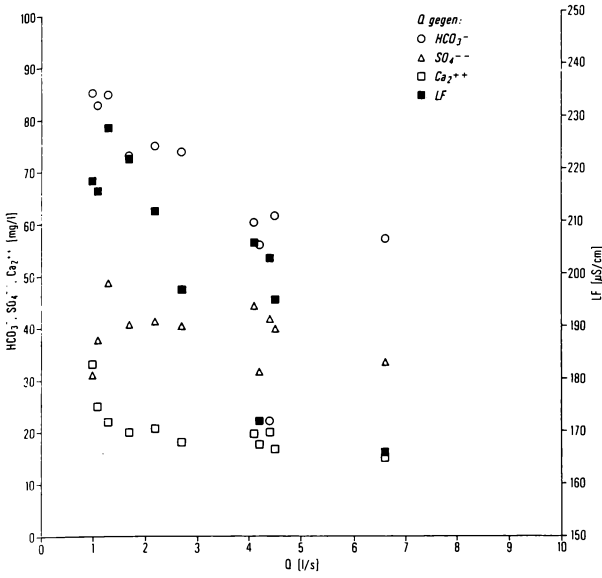


Abb. 3: Abfluß-Konzentrations-Beziehung am Pegel Lindengrund

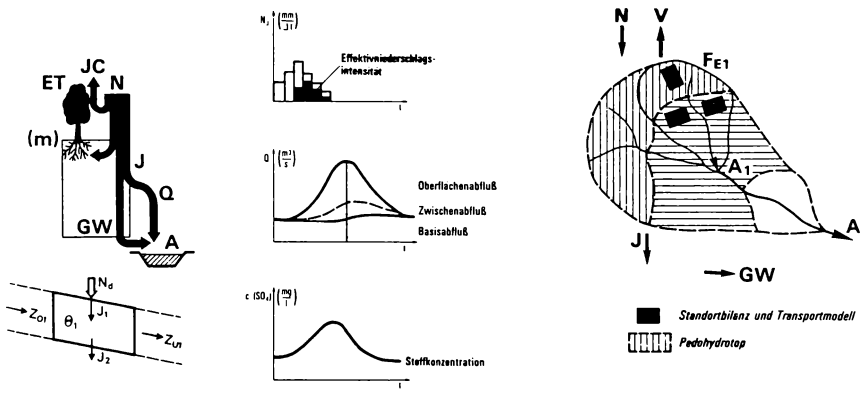
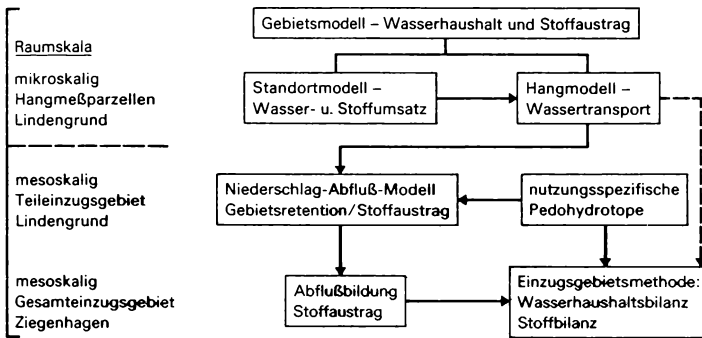


Abb. 4: Forschungskonzept

Durch die Ergänzungsausstattung im Teileinzugsgebiet Lindengrund sollen in Verbindung mit der Analyse der integralen Abflußinformationen über den Konvergenzmodell-Ansatz nach LEIBUNDGUT (1984) Fragen der räumlichen Einzugsgebietsvariabilität in bezug auf die Ausweisung homogener Teilgebiete, i. e. Pedohydrotope, und der Abhängigkeit der Modellparameter bei den Standort- und Wassertransport-Hangmodellen von den gebietsspezifischen Merkmalen untersucht werden (vgl. Abb. 4).

Literatur

- BALÁZS, A., 1989: Säurebilanz eines Fichtenbestandes im Hessischen Forstamt Witzenhausen. DVWK Mitteilungen 17: 167-174.
- CYFFKA, B., HUMMEL, K.-H. & K.-H. PÖRTGE, 1989: Untersuchungen zum Abflußverhalten und zum Gewässerchemismus im Gewässerkundlichen Forschungsgebiet Ziegenhagen. Die Erde 120: 181-188.
- FÜHRER, H.-W., BRECHTEL, H.-M., ERNSTBERGER, H. & C. ERPENBECK, 1988: Ergebnisse von neuen Depositionsmessungen in der Bundesrepublik Deutschland und im benachbarten Ausland. DVWK Mitteilungen 14: 122 S.
- HAMANN, A., 1989: Untersuchungen zum Wasserchemismus und seiner Beziehung zum Abfluß im Einzugsgebiet des Rautenbachtals (Kaufunger Wald). Diplomarbeit Geogr. Inst. Univ. Göttingen, unveröffentlicht.
- HUMMEL, K.-H., 1990: Untersuchungen zur Gewässergüte in einem Buntsandsteineinzugsgebiet im Kaufunger Wald. Diplomarbeit Geogr. Inst. Univ. Göttingen, unveröffentlicht.
- LEHMANN, R. & A. HAMM, 1987: Räumliche und zeitliche Dynamik der Fließgewässerversauerung. Geogr. Rundschau 6: 340-351.
- LEHNARDT, F., BRECHTEL, H.-M. & M. BONESS, 1976: Nährstoffgehalte und Austräge von Bächen aus Einzugsgebieten verschiedener Landnutzung. Verh. Ges. Ökol.: 397-410.
- LEHNARDT, F., BRECHTEL, H.-M. & M. BONESS, 1983: Einfluß der Landnutzung auf den Gebietswasserhaushalt. Chemische Beschaffenheit und Nährstofftransport von Bachwässern aus kleinen Einzugsgebieten unterschiedlicher Landnutzung im Nordhessischen Buntsandsteingebiet. Schriftenr. DVWK 57: 179-298.
- LEIBUNDGUT, C., 1984: Zur Erfassung hydrologischer Meßwerte und deren Übertragung auf Einzugsgebiete verschiedener Dimensionen. Geomethodica 9: 141-170.
- QUADFLIEG, A., 1989: Zum Nachweis einer immissionsbedingten Versauerung im Grundwasser des ost- und nordhessischen Buntsandsteingebietes. DVWK Mitteilungen 17: 239-243.

Adresse

Dipl.-Geogr. Bernd Cyffka
Prof. Dr. Gerhard Gerold
Dr. Karl-Heinz Pörtge
Geographisches Institut der Universität Göttingen
Goldschmidtstr. 5

W - 3400 Göttingen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [20_2_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Cyffka Bernd, Gerold Gerhard, Pörtge Karl-Heinz

Artikel/Article: [Gebietsdifferenzierter Wasser- und Stoffhaushalt im Gewässerkundlichen Forschungsgebiet Ziegenhagen \(Kaufunger Wald\)](#)
[Gebietsdifferenzierter Wasser- und Stoffhaushalt im gewässerkundlichen Forschungsgebiet Ziegenhagen \(Kaufunger Wald\)](#)
[629-634](#)