

## References

- BARRY, G. R. and CHORLEY R. J.: *Atmósfera, Tiempo y Clima*. Barcelona 1972.
- BERRY, E., BOLLAY, E. and BEERS, N. R.: *Handbook of Meteorology*. New York 1945.
- BROOKS, C. E. P. and CARRUTHERS, N.: *Handbook of Statistical Methods in Meteorology*. London 1953.
- BRUNT, D.: Climatic continentality and oceanity. In: *Geogr. J.* 44, 1924, 43 ff.
- CONRAD, V.: Usual formulas of continentality and their limits of validity. In: *Trans. Am. Geophys. Union* 27, 1946, 663 ff.
- CONRAD, V. and POLLAK, L. W.: *Methods in Climatology*. Cambridge, Massachusetts 1950.
- Department of Commerce*. Weather Bureau: *World Weather Records 1941-50*. Washington 1959.
- Department of Commerce*. Weather Bureau: *World Weather Records 1951-60*. Washington 1966.
- GOCZYNSKI, L.: Sur le calcul du degré du continentalisme et son application dans la climatologie. In: *Geografiska Annaler* 2, 1920, 324-331.
- HOFFMANN, J. A. J.: *Atlas Climático de América del Sur*. OMM-UNESCO. Budapest 1975.
- JOHANSSON, O. V.: Über die Asymmetrie der meteorologischen Schwankungen. In: *Soc. Sci. Fennica, Commentationes Phys. Math.* 3, 1926, 1 ff.
- PROHASKA, F.: The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. In: SCHWERDTFEGGER, W. (Ed.): *Climates of Central and South America*. *World Survey of Climatology*, Vol. 12. Amsterdam, Oxford, New York 1976, 13-112.
- RATISBONA, L. R.: The climate of Brazil. In: SCHWERDTFEGGER, W. (Ed.): *Climates of Central and South America*. *World Survey of Climatology*, Vol. 12. Amsterdam, Oxford, New York 1976, 219-293.
- SELLERS, W. D.: *Physical Climatology*. Chicago 1972.
- Servicio Meteorológico Nacional*: *Estadísticas Climatológicas 1928-37*. Publicación N°1, Serie B. Buenos Aires 1944.
- Servicio Meteorológico Nacional*: *Estadísticas Climatológicas 1941-50*. Publicación N°3, Serie Bl. Buenos Aires 1958.
- Servicio Meteorológico Nacional*: *Estadísticas Climatológicas 1951-60*. Publicación N°6, Serie Bl. Buenos Aires 1969.
- Servicio Meteorológico Nacional*: *Normales Climatológicas 1931-60*. Publicación N°7, Serie B. Buenos Aires 1974.
- Servicio Meteorológico Nacional*: *Estadísticas Climatológicas 1961-70*. Publicación N°35, Serie B. Buenos Aires 1981.

## BEZIEHUNGEN ZWISCHEN ABFLUSS UND IONENGEHALT IN KLEINEN EINZUGSGEBIETEN DES SÜDNIEDERSÄCHSISCHEN BERGLANDES

Mit 5 Abbildungen und 4 Tabellen

KARL-HEINZ PÖRTGE und INGOLF RIENÄCKER

*Summary*: Ion content/run-off relations in small catchments in the southern Lower Saxony mountain region

The relations between material concentration and run-off were investigated in 12 catchments in the southern Leine-Weser-mountain region. The 12 catchments were free of settlements and differently used. The data obtained were compared.

The dissolved material of the run-off consists of alkaline-earth, mostly hydrogenic-carbonatic, and sometimes of sulphatic constituents. The rate of mineralization runs from 1.7 up to 20.5 mmol/l (eq), depending on the lithogenous situation of the catchment. The mostly geogenic substances, such as Ca, Mg, HCO<sub>3</sub>, and in part SO<sub>4</sub>, have minimum variability and are subject to the so-called dilution effect at increasing run-off rates. Species such as K, PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, and the atmogenic SO<sub>4</sub> show bigger fluctuations in the flow regime and their content usually correlates positively with the run-off. The relation between ion content and run-off is to be evaluated specifically in each area because the dilution effect of the element concentration during increasing run-off was not observed in all cases.

### 1. Einleitung

Zahlreiche Untersuchungen in kleinen hydrologischen Einzugsgebieten befassen sich mit der Ermittlung von Stoffkonzentrations-/Abflußbeziehungen, dem Ursache-Wirkungsgefüge von Konzentrationschwankungen im Verlauf von Abflußwellen und der damit verbundenen Berechnung von Frachtraten (z. B. PÖRTGE 1979, RAUSCH 1982, RIENÄCKER 1985, AGSTER 1986). Wegen des vermehrten atmosphärischen Protoneneintrages gilt das besondere Augenmerk Lösungsprozessen und Lösungsausträgen. Der Lösungsaustrag hat lithogene, pedogene und anthropogene Quellen und ist, bezogen auf den lithogenen Teil, auch als „Innerer Abtrag“ bezeichnet worden (ROHDENBURG und MEYER 1963).

Eine Differenzierung des Lösungsaustrags in die genannten Komponenten ist problematisch, weil Migration und Mobilität der einzelnen Wasser-

inhaltsstoffe von deren unterschiedlicher Teilnahme an inneren Stoffkreisläufen abhängen. Die Wirkungen exogener und endogener Gebietsparameter auf den Lösungsaustrag können sich verstärken oder kompensieren. Bedeutsamen Einfluß auf den Elementaustrag haben:

- Reliefenergie, topographische und morphometrische Faktoren,
- geologische und pedologische Verhältnisse sowie Nutzung,
- Niederschlagsangebot und Retentionsvermögen des Substrats,
- abiogene und biogene Prozesse, bestehend aus Lösungs-, Fällungs- und Sorptions-/Desorptionsmechanismen in der ungesättigten und gesättigten Zone.

Erschwerend für eine detaillierte Systemanalyse ist zu werten, daß die Mehrzahl der genannten Faktoren einer räumlichen und zeitlichen Varianz unterliegen. Trotz der zahlreichen Randbedingungen, die bei einem Vergleich von Konzentrations-/Abflußprofilen in verschieden strukturierten Einzugsgebieten zu beachten sind, ist es grundsätzlich möglich, Zusammenhänge zwischen Speziesaustrag und Abfluß herauszuarbeiten.

In der Literatur wird überwiegend der quantitative Zusammenhang zwischen Elektrolytgehalt und Abfluß in Form einer Potenzfunktion beschrieben (z. B. SCHMIDT 1984):

$$(1) \quad c_{ij} = a Q_j^{-b}$$

$c_{ij}$  : Elementkonzentration der Probe  $j$   
 $Q_j$  : Abfluß z. Z. der Probennahme  $j$

Bei der Anwendung dieser Beziehung wird stillschweigend als Randbedingung vorausgesetzt, daß

alle Stoffkonzentrationen mit zunehmendem Abfluß einem Verdünnungseffekt unterliegen.

Andere Autoren (RICHARDS 1982, EDWARDS 1973) bevorzugen Ausdrücke gemäß

$$(2) \quad c_{ij} = a Q_j^b \quad \text{oder}$$

$$(3) \quad \ln c_{ij} = a Q_j^b$$

und lassen somit offen, ob überhaupt sog. Verdünnungseffekte in einem Einzugsgebiet auftreten. Ferner wurden für einzelne Elementspezies-/Abflußrelationen gebietspezifische Korrelationsmatrices und Gleichungen höherer Ordnung entwickelt, deren Übertragbarkeit auf andersartige Einzugsgebiete limitiert ist (HALL 1970, HALL 1971). Für eine vergleichende Interpretation von Konzentrations-/Abflußwerten werden hier deshalb die Gleichungen (2) bzw. (3) gewählt und die Zusammenhänge entsprechend dargestellt.

Seit 1975 werden am Geographischen Institut der Universität Göttingen hydrologische Untersuchungen zum Wasser- und Stoffhaushalt vorwiegend im Raum südlich Göttingen, in Teileinzugsgebieten der Leine und der Weser, durchgeführt (STRAUBEL 1978, PÖRTGE 1979, RIENÄCKER 1985, STEGGER 1987).

Dabei konnte in einigen Gebieten die Zunahme von Stoffkonzentrationen mit zunehmendem Abfluß beobachtet werden. Da diese Tatsache bislang noch nicht ausreichend beachtet wurde, soll hier eine vergleichende Darstellung und Bewertung der Zeitreihenanalysen von 12 Einzugsgebieten (vgl. Abb. 1) vorgenommen werden.

## 2. Charakteristik der Einzugsgebiete

Das übergeordnete regionale Untersuchungsgebiet setzt sich aus den Einzugsgebieten von Wende-

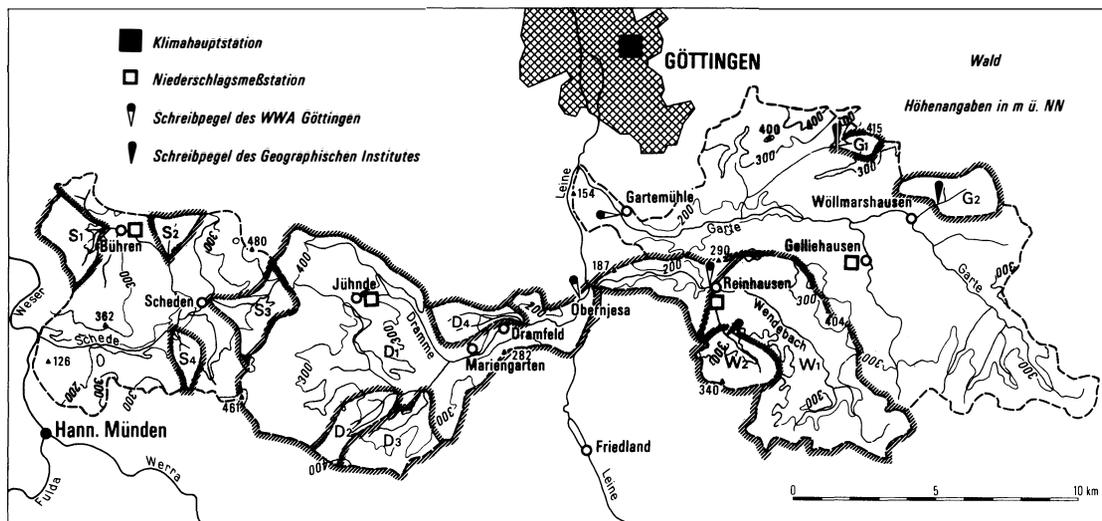


Abb. 1: Die Lage der Einzugsgebiete  
 Location of catchments

Tab. 1: Daten und Standortmerkmale der Einzugsgebiete (Standortmerkmale mit geringerem Flächenanteil geklammert)

Data and site characteristics of catchments (site characteristics of minor areal shares in brackets)

Einzugsgebiet		Größe (km <sup>2</sup> )	Geologie	Landnutzung	Meßzeitraum	Zahl der Beprobungen
Schede	S 1	3,4	sm (t)	forstl. (landw.)	7/83-7/84	31
	S 2	1,3	so (mu)	forstl. (landw.)	7/83-7/84	31
	S 3	4,1	mu (so)	landw. (forstl.)	7/83-7/84	31
	S 4	1,3	mu (so)	landw. (forstl.)	7/83-7/84	31
Dramme	D 1	53,8	mu, mo, (d, mm, so, km)	landw. (forstl.)	11/77-4/78	18
	D 2	2,6	so (mu)	landw. (forstl.)	11/77-4/78	18
	D 3	2,6	so, mu (mm, mo)	landw. (forstl.)	11/77-4/78	18
	D 4	4,6	d, km	landw.	11/77-4/78	18
Wendebach	W 1	30,2	sm (so, d)	landw. (forstl.)	8/85-8/86	19
	W 2	4,1	sm (d)	forstl.	1/82-10/84	67
Garte	G 1	0,9	so (mu)	forstl. (landw.)	4/76-10/78	36
	G 2	3,1	d (sm)	landw.	4/76-10/78	37

bach, Garte, Dramme (Vorfluter Leine) und Schede (Vorfluter Weser) südlich Göttingen zwischen Hanoversch Münden und Duderstadt zusammen. Die Größe der Einzugsgebiete beträgt mit Ausnahme von Dramme 1 und Wendebach 1, die 50 bzw. 30 km<sup>2</sup> umfassen, ca. 1 bis 4,5 km<sup>2</sup> (vgl. Tab. 1).

Die geologische Situation des Untersuchungsgebietes (Abb. 2) ist gekennzeichnet durch die Dominanz triassischer Gesteine, in die im mittleren Bereich der Leinetalgraben mit einer Breite von 6 bis 7 km eingetieft ist. Westlich und östlich des Leinetalgrabens stehen oberflächlich sm, mu, mo und Löß an. In den Einzugsgebieten von Dramme und Schede finden sich außerdem noch tertiäre Sande und Basalt. Im Bereich der Randverwerfungen des Leinetals tritt

noch Keuper hinzu. Leinetal und Wesertal sind mit Auelehm bedeckt (vgl. NAGEL und WUNDERLICH 1976).

Morphologisch sind die Bereiche beiderseits des Leinetalgrabens durch das Auftreten von Schichtstufen gekennzeichnet. Die stärker resistenten Schichten der Sollingfolge des Bausandsteins (sm) sowie Wellen- und Trochitenkalkes (mu/mo) bilden die Hochflächen und Geländestufen, während Rötone (so) und die Tonsteine des mittleren Muschelkalkes (mm) und des mittleren Buntsandsteins (sm) als Sockelbildner auftreten.

Die Verbreitung und der Entwicklungszustand der Bodentypen in den Einzugsgebieten hängen naturgemäß von den geologischen und morphologischen

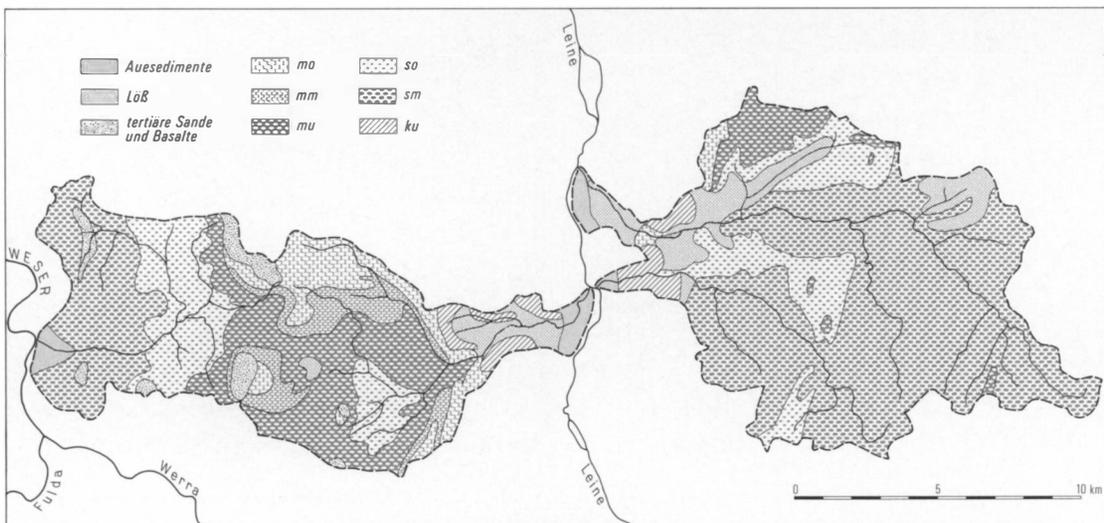


Abb. 2: Die geologische Situation im Untersuchungsgebiet  
Geologic situation of investigation area

Tab. 2: Jahressummen des Niederschlages (N) einiger Niederschlagsmeßstationen im weiteren Untersuchungsgebiet 1976–1985 (in mm)  
Annual precipitation totals of some rain-gauge stations in the wider investigation area 1976–1985

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Bühren (297 m ü. NN)	524	590	823	615	808	1142	745	686	857	745
Gelliehausen (290 m ü. NN)	449	602	641	570	721	1059	642	675	784	688
Göttingen (175 m. ü. NN)	446	564	670	587	729	951	573	600	733	620
Jühnde (310 m ü. NN)	494	644	736	637	809	1168	832	720	841	719
Reinhausen (195 m ü. NN)	442	551	643	585	804	974	678	721	751	691

Verhältnissen ab. Auf den exponierten Stufenflächen und Rücken haben sich flachgründige, wasserdurchlässige Ranker, Podsole und podsolige Braunerden entwickelt. Die ebenen Plateaulagen werden von gering bis mäßig pseudovergleyten, frischen Parabraunerden eingenommen. Die Talhangpartien sind mit mittelgründigen, örtlich kolluvial gestörten Braunerden bedeckt, und die Talbereiche füllen tiefgründige, feuchte bis nasse Auenlehme aus.

Das weitere Untersuchungsgebiet gehört nach dem Klimaatlas von Niedersachsen zum Klimabezirk „Oberes Leinebergland“. Im langjährigen Mittel betragen die Niederschläge ostwärts der Leine 600–650, westlich der Leine 700–750 mm/a. Nach Tab. 2 wurden im Zeitraum 1976–1985 die geringsten Jahressummen des Niederschlages im Jahre 1976 mit etwa 440–520 mm gemessen, die höchsten Werte (950–1170 mm) ergaben sich im Jahre 1981.

Während im Jahr mit dem höchsten Niederschlag auch der maximale Abfluß gemessen wurde, erfolgte der geringste Abfluß im Vergleich zum Niederschlagsminimum erst ein Jahr später (vgl. Abb. 3). Ebenso werden maximaler und minimaler Abflußquotient phasenverschoben erst ein Jahr nach dem höchsten bzw. niedrigsten Jahresniederschlag registriert (vgl. Tab. 2, 3). Ein Gebietsvergleich hinsichtlich der Abflußquotienten zeigt, daß die Werte vom Wendebach erheblich geringer sind als diejenigen von Garte und Dramme. Hier wird der unterschiedliche Anteil

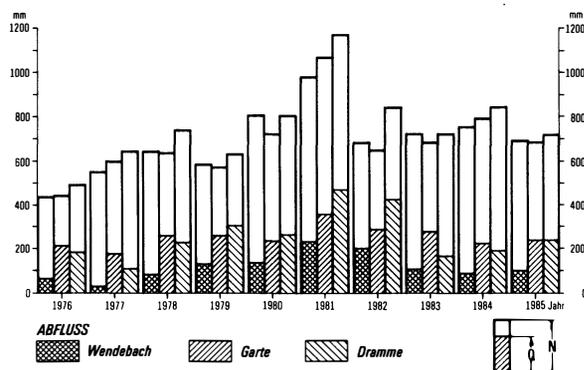


Abb. 3: Jahressummen von Niederschlag (N) und Abfluß (Q) in den Einzugsgebieten von Wendebach (bis Reinhausen), Garte (bis Gartemühle) und Dramme (bis Mariengarten) für die hydrologischen Jahre 1976–1985  
Yearly precipitation and run-off totals of the catchments of Wendebach (at Reinhausen), Garte (at Gartemühle) and Dramme (at Mariengarten) for the hydrologic years 1976–1985

von Wald- und Freiflächen dieser Einzugsgebiete bemerkbar (vgl. Abb. 1).

Von den 12 Einzugsgebieten unterliegen 9 einer landwirtschaftlichen und forstlichen Mischnutzung; 2 werden nur landwirtschaftlich und eines rein forstlich genutzt.

Tab. 3: Die Abflußquotienten (Q/N) von Wendebach, Garte und Dramme 1976–1985  
The run-off quotient (Q/N) of Wendebach, Garte and Dramme 1976–1985

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Wendebach	0,15	0,06	0,13	0,23	0,17	0,24	0,30	0,15	0,12	0,15
Garte	0,48	0,29	0,40	0,45	0,32	0,34	0,45	0,41	0,29	0,35
Dramme	0,38	0,17	0,31	0,48	0,34	0,41	0,51	0,24	0,23	0,33

Die Meßzeiträume lagen zwischen sechs Monaten und knapp drei Jahren.

### 3. Meßmethodik und Auswertungstechniken

Die Abflußwerte von Wendebach 1 und Dramme 1 stammen aus den Pegelraten des WWA Göttingen. In den hydrologischen Experimentiergebieten Garte 1 und 2 sowie Wendebach 2 wurden die Abflüsse an den selbstinstallierten Pegelanlagen gemessen. Mangels stationärer Pegel in den Gebieten Dramme 2, 3 und 4, Schede 1 bis 4 wurden dort die Abflüsse jeweils zum Zeitpunkt der Probenahme mit dem Ott'schen

Meßflügel ermittelt. Die Niederschlagswerte stellte der Deutsche Wetterdienst zur Verfügung.

Die Beprobungen in den Untersuchungsgebieten erfolgten in monatlichen, teilweise wöchentlichen Zeitintervallen, wobei neuerdings auch zeitproportionale Probenehmer eingesetzt werden. Die Parameter pH-Wert, Temperatur, O<sub>2</sub>-Gehalt, el. Leitfähigkeit und Alkalinität (°KH, HCO<sub>3</sub>) wurden in situ gemessen. Die Laborbestimmungen der Ionen Na, K, Ca und Mg wurden wahlweise mittels Flammenphotometrie oder Flammen-AAS (Atom-Absorptions-Spektrometer) vorgenommen. Die Analysen der Spezies NH<sub>4</sub> - N, NO<sub>3</sub> - N, PO<sub>4</sub> - P, Cl und SO<sub>4</sub> wurden nach DEV (Deutsches Einheitsverfahren)

Tab. 4: Die mittleren Stoffkonzentrationen und deren Schwankungsbreiten im Oberflächenabfluß der Einzugsgebiete  
The average matter concentration and its variation width of the surface run-off of the catchments

Parameter		G 1	G 2	W 1	W 2	S 1	S 2	S 3	S 4	D 1	D 2	D 3	D 4
eL	$\bar{x}$	1326,9	382,6	553,4	291,4	161,5	697,5	557,4	611,0	652,1	591,3	630,4	641,2
	s	240,2	93,1	63,9	40,8	28,1	97,8	34,9	120,0	96,1	121,0	110,5	105,3
	v	18,1	24,3	11,6	14,0	17,4	14,0	6,3	19,6	16,1	22,3	19,0	14,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\bar{x}$	266,6	147,6	162,1	114,6	22,4	305,5	281,8	278,9	327,6	344,0	356,6	319,1
	s	54,8	40,8	51,0	35,4	10,9	68,0	42,2	57,6	40,6	44,9	41,7	49,2
	v	20,6	27,6	23,2	30,8	48,6	22,3	15,0	20,6	12,4	13,1	11,7	15,4
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	$\bar{x}$	738,3	72,8	129,1	50,2	37,7	150,8	58,6	121,4	173,3	127,4	78,6	92,4
	s	200,0	15,1	20,6	8,0	9,0	49,8	8,3	37,3	39,9	23,9	14,2	20,1
	v	27,1	20,8	15,9	15,9	23,8	33,0	14,1	30,7	23,0	18,7	18,0	21,7
CL <sup>-</sup>	$\bar{x}$	25,7	31,8	34,9	11,6	14,5	20,9	18,6	20,8	36,8	20,3	38,6	57,6
	s	5,3	7,7	5,0	2,1	4,4	4,7	5,4	4,1	7,1	9,0	6,2	20,9
	v	20,5	24,1	14,3	18,2	26,5	22,6	28,9	35,5	19,4	44,4	16,0	36,3
Na <sup>+</sup>	$\bar{x}$	9,2	8,8	7,3	8,9	6,5	6,8	5,2	6,1	11,5	6,3	13,6	16,5
	s	2,6	2,2	2,1	1,1	2,6	1,9	2,8	2,1	2,9	1,2	3,1	5,1
	v	28,6	25,1	37,3	12,0	40,1	27,8	53,2	35,5	25,5	18,8	22,9	30,7
K <sup>+</sup>	$\bar{x}$	3,1	3,4	3,2	1,7	1,5	2,8	1,6	2,8	3,9	1,9	4,9	3,0
	s	3,9	4,1	0,7	0,2	0,5	2,6	0,7	1,7	2,0	1,4	0,6	2,4
	v	129,0	120,6	22,7	12,9	34,7	93,0	42,2	60,4	51,0	70,3	12,6	80,6
Ca <sup>++</sup>	$\bar{x}$	319,3	73,2	83,6	41,7	20,0	110,0	104,1	106,1	153,9	126,4	127,5	130,6
	s	52,5	17,2	11,9	5,6	2,7	26,7	14,1	22,7	22,2	16,8	12,8	20,6
	v	16,4	23,5	14,3	13,4	13,5	24,3	13,6	21,3	14,4	13,3	10,0	15,8
Mg <sup>++</sup>	$\bar{x}$	48,6	10,2	15,2	10,5	5,2	25,9	13,3	21,3	26,5	29,3	22,6	22,4
	s	13,3	3,8	4,1	2,2	3,0	8,7	4,5	7,8	7,1	5,8	3,5	5,6
	v	27,3	37,9	26,8	21,2	58,9	33,4	33,5	36,4	26,8	19,9	15,4	25,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\bar{x}$	5,9	11,5	16,8	8,6	18,8	15,8	26,2	26,7	-	-	-	-
	s	6,4	17,4	6,8	3,0	9,6	20,4	15,8	19,6	-	-	-	-
	v	108,5	151,6	35,5	34,6	51,1	129,0	60,1	73,4	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$\bar{x}$	-	-	-	0,3	0,4	0,3	0,2	0,5	-	-	-	-
	s	-	-	-	0,2	0,4	0,2	0,3	1,0	-	-	-	-
	v	-	-	-	90,5	108,8	5,5	137,6	204,4	-	-	-	-
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	$\bar{x}$	1,6	1,2	-	-	-	-	-	-	1,5	1,1	2,6	1,0
	s	2,8	1,9	-	-	-	-	-	-	1,1	0,7	1,0	0,7
	v	173,4	151,9	-	-	-	-	-	-	68,4	69,1	36,8	70,8

Angaben für  $\bar{x}$  (= Mittelwert) und s (= Standardabweichung) in mg/l, Ausnahme eL (= Elektr. Leitfähigkeit) Angaben in  $\mu$ s  
Angaben für v (= Variationskoeffizient) in %

bzw. mit Autoanalyzer (Cf-System) durchgeführt. Für die statistischen Prozeduren und die graphische Präsentation der Meß- und Analysenergebnisse konnte die Großrechenanlage (SPERRY UNIVAC 1100) der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung Göttingen (GWDG) benutzt werden.

#### 4. Ergebnisse und Diskussion

##### 4.1. Lösungsinhalt der Oberflächenwässer

Die für Grundwässer üblichen Typisierungen nach ihrer Herkunft lassen sich auch für Oberflächenwässer anwenden, wenn sie hinreichend kleine Einzugsgebiete entwässern. Tab. 4 enthält die mittleren Stoffkonzentrationen sowie deren Schwankungsbreite in den Fließgewässern aus allen Einzugsgebieten. Die hydrochemische Zusammensetzung des Lösungsinhaltes spiegelt mehrheitlich die lithogenen Verhältnisse in den Einzugsgebieten wider.

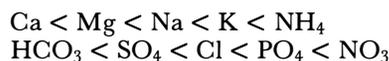
Mit Ausnahme der Areale Garte 1 und Schede 1 handelt es sich um erdalkalische, überwiegend hydrogencarbonatische Wässer vom Typ (Na) - Ca - Mg - HCO<sub>3</sub> - SO<sub>4</sub> - (Cl), die herkunftsbedingt unterschiedliche Mineralisierungsgrade und wechselnde Na/Cl-Anteile aufweisen. PH-Werte zwischen 7 und 8,5, d. h. im neutralen bis schwach alkalischen Bereich, belegen die Zuordnung zum Ca/HCO<sub>3</sub>-Puffersystem.

Naturngemäß besitzen die sehr weichen sm-Wässer (Schede 1, Wendebach 2) mit ca. 1,7 bzw. 3,4 mmol/l (eq) den geringsten Elektrolytgehalt. Während das schwach saure sm-Wasser (Schede 1) mit pH-Werten zwischen 4,7 und 6,5 und etwa gleichen Anionenanteilen von HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> und Cl dem silikatischen Pufferbereich zuzuordnen ist, ist das Sandsteinwasser des Reinbachs (Wendebach 1) vergleichsweise stärker mineralisiert, verursacht durch karbonatische Bindemittel im Bausandstein. Die Karbonatgesteinswässer aus Dramme 1 und 3 und Schede 3 sind mit Äquivalentkonzentrationen von 6,5 bis 10 mmol/l (eq) mittelstark bis stark mineralisiert. Dies gilt auch für das d/km-Wasser (Dramme 4) mit einem Lösungsgehalt von ca. 9 mmol/l (eq). Vergleichsweise höhere SO<sub>4</sub>-Anteile an der Anionensumme mit etwa 30 bis 40 mmol% (eq) in den Wässern von Wendebach 1 sowie Dramme 2 und Schede 2 deuten auch auf Lösungsausträge aus dem Röt hin. In der genannten Reihenfolge handelt es sich um so/sm- und so/mu-Mischwässer. Das Wasser aus dem Einzugsgebiet Garte 1 ist mit einer Äquivalentkonzentration von rd. 20,5 mmol/l (eq) als sehr hartes Rötgipswasser mit nebengeordneter Hydrogencarbonatkomponente zu bezeichnen.

Spezies, die am biogenen Stoffkreislauf teilnehmen, tragen nur in geringen Konzentrationen zum Gesamtlösungsaustrag bei. So betragen die mittleren

Gehalte aus den Einzugsgebieten für K 1,5–4,9 mg/l, NO<sub>3</sub> 6–27 mg/l, PO<sub>4</sub> 1,1–2,6 mg/l und NH<sub>4</sub> ≤ 0,5 mg/l. Die Konzentrationen dieser anthropogen stark beeinflussten Stoffe zeichnen sich durch extreme Schwankungen aus, so daß eindeutige Rückschlüsse auf den Nutzungscharakter in den Einzugsgebieten nicht möglich sind. Zwar sind die mittleren NO<sub>3</sub>-Konzentrationen in den mehr landwirtschaftlich genutzten Gebieten höher als in denen mit Forstbeständen, jedoch werden große prozentuale Variationskoeffizienten (v) mit Werten zwischen 100 und 150% im Abfluß der Einzugsgebiete unabhängig vom Nutzungsgrad gefunden. Eine Differenzierung des Nitrataustrages in eine anthropogene, landwirtschaftliche Komponente in Form von Stickstoffdünger und eine atmogene, forstliche Komponente – die Bestände wirken als Stickstoffsénke des Niederschlagseintrages – ist auf der Basis von Mittelwerten nicht möglich.

Die überwiegend geogenen Stoffe weisen die geringste Schwankungsbreite auf. Getrennt nach Kationen und Anionen ergibt sich eine Reihenfolge mit steigenden v-Werten (vgl. Tab. 4):



##### 4.2. Konzentrations-Abfluß-Beziehungen

In den Abbildungen 4a–l sind die Regressionsgraden der Konzentrations-Abfluß-Beziehungen aller durchgängig gemessenen Ionenarten, ergänzt durch den Summenparameter el. Leitfähigkeit, dargestellt.

Die Geraden der überwiegend geogenen Spezies Ca, Mg, HCO<sub>3</sub> und auch SO<sub>4</sub> haben einen negativen Steigungskoeffizienten (vgl. Gleichung 2), d. h. diese Ionen unterliegen dem bekannten Verdünnungseffekt, wonach eine Abnahme der Ionenkonzentration mit zunehmendem Abfluß eintritt. Dieser Effekt wird in der Reihenfolge bei den Einzugsgebieten Dramme 1 bis 3, Schede 2 und 4 sowie Wendebach 2 mit wachsender Wirksamkeit beobachtet. Eine minimale bis geringfügige Konzentrationsabnahme bei steigendem Abfluß kennzeichnet den Lösungsaustrag der Gebiete Dramme 4, Schede 3 und Wendebach 1.

Auffällig ist das inverse Konzentrationsprofil der Ionen HCO<sub>3</sub> und SO<sub>4</sub> im Abfluß der Areale Garte 1, Wendebach 2 und Schede 1. Demnach erhöht sich die SO<sub>4</sub>-Konzentration bei zunehmendem Abfluß bei gleichzeitiger Verminderung des HCO<sub>3</sub>-Gehaltes, eine Beobachtung, die gebietsspezifisch auf zwei verschiedene Ursachen zurückzuführen ist:

In den letztgenannten Einzugsgebieten wird der Lösungsinhalt bei Niedrigwasserabfluß von der Ionenzusammensetzung der Quellwässer des tieferen Grundwasserleiters geprägt. Unter diesen Bedingungen bestimmen die geogenen Ca(Mg)/HCO<sub>3</sub>-Anteile den Elektrolytgehalt. Mit Zunahme des Deckschich-

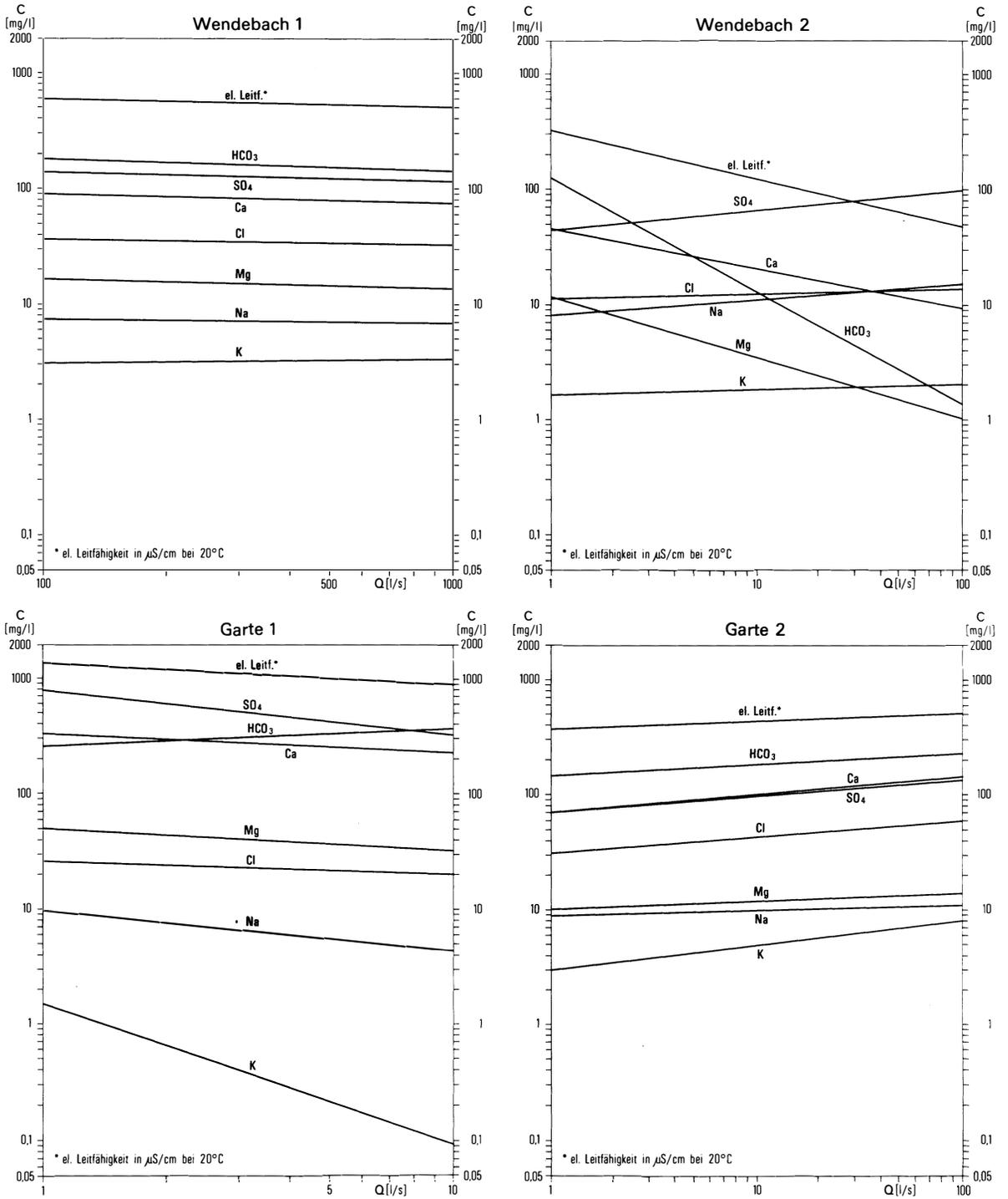


Abb. 4a-d: Ionengehalt-Abfluß-Beziehungen in den Untersuchungsgebieten Wendebach 1, 2, und Garte 1, 2  
 The relationships between ion content and run-off in the investigation areas Wendebach 1, 2 and Garte 1, 2

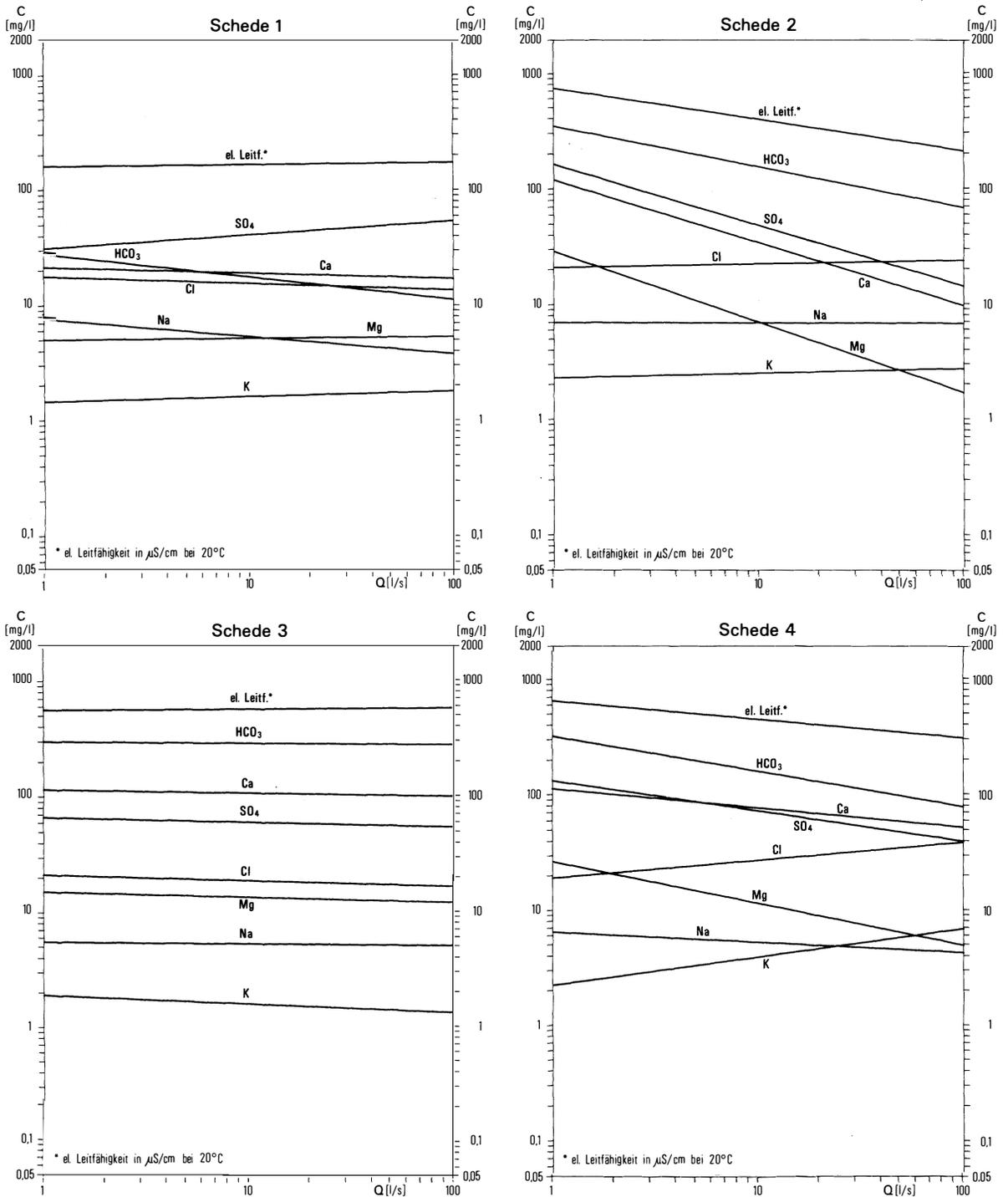


Abb. 4e-h: Ionengehalt-Abfluß-Beziehungen in den Untersuchungsgebieten Schede 1-4  
 The relationships between ion content and run-off in the investigation areas Schede 1-4

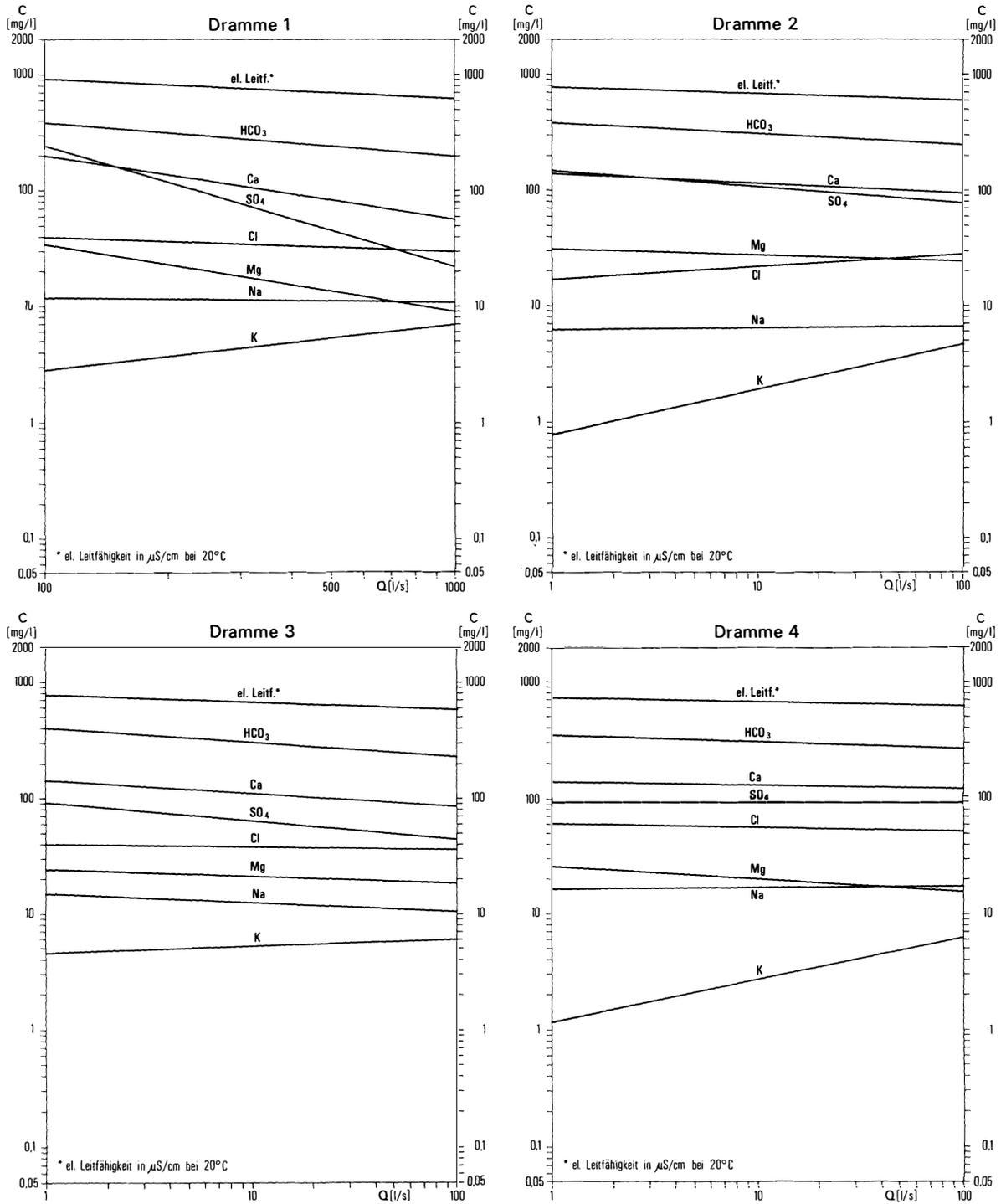


Abb. 4i-l: Ionengehalt-Abfluß-Beziehungen in den Untersuchungsgebieten Dramme 1-4  
 The relationships between ion content and run-off in the investigation areas Dramme 1-4

tenabflusses und vermehrten Anteilen direkt abfließenden Niederschlagswassers vermindert sich der gesteinsbürtige Lösungsanteil. Der Lösungsinhalt wird dann zunehmend durch die in der pedogenen Sphäre deponierten und jetzt mobilisierten Ionen  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$  und  $\text{NO}_3$  gebildet. Die Bestimmungen der  $\delta^{34}\text{S}$ -Isotopenverhältnisse im Sulfat der Quellwässer und im Gesamtabfluß des Gebietes Wendebach 2 haben gezeigt, daß die Herkunft des Sulfat-Schwefels in diesen Wässern auf den atmosphären S-Eintrag zurückzuführen ist (RIENÄCKER 1985). Dies dürfte in analoger Weise auch für den Sulfatgehalt im sm-Wasser des Einzugsgebietes Schede 1 zutreffen.

Hingegen entstammt die hohe Sulfatkonzentration im Abfluß von Garte 1 dem gipshaltigen Röt und dominiert den Anionengehalt bei niedrigem Abfluß. Mit zunehmendem Abfluß wird der Lösungsinhalt durch hydrogen-karbonatisches Wasser aus dem höhergelegenen, bewaldeten mu angereichert, und es fließt dann ein so/mu-Mischwasser mit einer höheren  $\text{HCO}_3$ -Komponente aus dem Einzugsgebiet ab. Bemerkenswert ist die starke Abnahme der K-Konzentration mit der Abflußzunahme, die möglicherweise durch eine K-Fixierung in den Röttonen verursacht wird. In den übrigen Einzugsgebieten wird eine positive Konzentrations-Abfluß-Relation des Kaliums beobachtet. Von allen Spezies wird dieser Nährstoff am leichtesten von der Blattoberfläche ausgewaschen und aus der Laubstreu freigesetzt (AGSTER 1986).

Eine Sonderstellung nimmt das rein landwirtschaftlich genutzte Einzugsgebiet Garte 2 ein. Alle Ionengehalte nehmen mit dem Abfluß zu. Eine Zusammenstellung der  $\text{PO}_4$ -,  $\text{NH}_4$ - und  $\text{NO}_3$ -Abfluß-Beziehungen, die nicht in allen Einzugsgebieten ermittelt wurden, ist Abb. 5 zu entnehmen. Wegen der niedrigen Konzentration und hohen Variabilität dieser Spezies im Abfluß lassen sich aus dem Verlauf der Regressionsgeraden nur tendenzielle Informationen gewinnen. Vorwiegend gemeinsames Merkmal dieser Nährstoff-Abfluß-Relationen ist ein nahezu gleichbleibender bis zunehmender Stoffgehalt mit steigendem Abfluß.

## 5. Ausblick

Zur Gewinnung übergeordneter Informationen und für eine vertiefte, vergleichende Analyse ist es notwendig, das vorhandene Datenmaterial mit Hilfe der Hauptkomponenten- bzw. Faktorenanalyse aufzubereiten und zu bewerten.

Ebenso bietet sich die Entwicklung von Gleichungssystemen zwischen el. Leitfähigkeit und Stoffkonzentration für diejenigen Einzugsgebiete an, in denen der Summenparameter mit den einzelnen Hauptionenarten korreliert. Zusätzlich lassen sich die gemessene und die aus den Äquivalentleitfähigkeiten

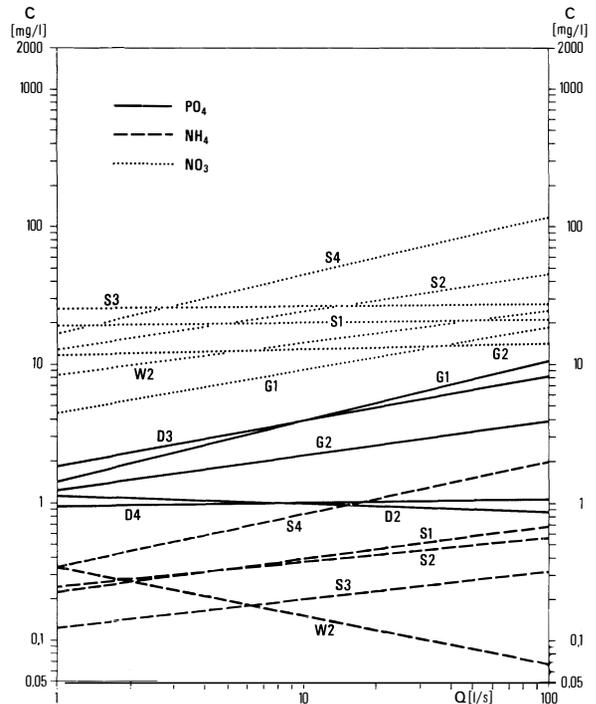


Abb. 5: Ionengehalt-Abfluß-Beziehungen ausgewählter Parameter ( $\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ) einiger Untersuchungsgebiete im Vergleich

The relationships between ion content and run-off of selected parameters ( $\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ) of some investigation areas by comparison

berechnete elektrische Leitfähigkeit miteinander vergleichen, um bei genügender Übereinstimmung die aufwendigen Vollanalysen zu reduzieren.

## Literatur

- AGSTER, G.: Ein- und Austrags sowie Umsatz gelöster Stoffe in den Einzugsgebieten des Schönbuschs. In: EINSELE, G. (Hrsg.): Das landschaftökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbusch. Weinheim 1986, S. 343-356.
- EDWARDS, A. M. C.: The variation of dissolved constituents with discharge in some Norfolk Rivers. In: Journal of Hydrology 18, 1973, S. 219-242.
- HALL, F. R.: Dissolved solids - discharge relationship, 1. Mixing models. In: Water Resources Res. 6, 1970, S. 845-850.
- : Dissolved solids - discharge relationship, 2. Applications. In: Water Resources Res. 7, 1971, S. 591-601.
- NAGEL, U. und WUNDERLICH, H.-G.: Geologisches Blockbild der Umgebung von Göttingen. Schr. d. Wirtschaftswiss. Ges. z. Stud. Niedersachsens, N. F., Reihe A. 1, 91, 1976.
- PÖRTGE, K.-H.: Oberflächenabfluß und aquatischer Materialtransport in zwei kleinen Einzugsgebieten östlich Göttingen. Diss. Göttingen 1979.

- RAUSCH, R.: Wasserhaushalt, Feststoff- und Lösungsaus-  
trag der Aich. Diss. Tübingen 1982.
- RICHARDS, K.: Rivers. London, New York 1982.
- RIENÄCKER, I.: Wasserhaushalt und Stoffumsatz in einem  
bewaldeten Einzugsgebiet im mittleren Buntsandstein  
südöstlich Göttingen (Reinhäuser Wald) unter besonde-  
rer Berücksichtigung aktueller Witterungsabläufe. Diss.  
Göttingen 1985.
- ROHDENBURG, H. und MEYER, B.: Rezente Mikroformung  
in Kalkgebieten durch inneren Abtrag und die Rolle der  
periglazialen Gesteinsverwitterung. In: Z. f. Geo-  
morph., N. F. 7, 1963, S. 120-146.
- SCHMIDT, K.-H.: Der Fluß und sein Einzugsgebiet. Wies-  
baden 1984.
- STEGGER, C.: Faktoren chemischer Gewässergüte eines  
südniedersächsischen Fließgewässers. Diplomarbeit im  
Fach Geographie, Göttingen 1987.
- STRAUBEL, K. M.: Wasserchemische Untersuchungen an  
kleinen Fließgewässern im Einzugsgebiet der Dramme.  
Zulassungsarbeit im Fach Geographie, Göttingen 1978.

## BUCHBESPRECHUNGEN

GORKI, HANS FRIEDRICH und PAPE, HEINZ: Stadtkarto-  
graphie. Die Kartographie und ihre Randgebiete. Enzyklo-  
pädie. Band III/1, 456 S., 201 Abb. und Band III/2, 117  
Kartentafeln. Franz Deuticke, Wien 1987, öS 409,-

Der Herausgeber der Enzyklopädie „Die Kartographie  
und ihre Randgebiete“ E. ARNBERGER, hat ihr die Aufgabe  
gestellt, über die Teilgebiete der Kartographie textlich um-  
fassend und detailliert sowie durch viele Kartenbeispiele zu  
informieren. Diese allgemeine Aufgabe erfüllt auch der  
Band III „Stadtkartographie“ in vorzüglicher Weise. Teil-  
band 1 enthält 429 Textseiten mit 201 einfarbigen Abbil-  
dungen, Teilband 2 auf 117 Tafeln farbige Ausschnitte von  
Stadtkarten aus zahlreichen Ländern. Es ist das erste, ein-  
zige und umfassendste Standardwerk zur Stadtkartogra-  
phie; zahlreiche Literaturhinweise, der Autoren- und  
Sachindex machen es zu einem guten Nachschlagewerk.

Der Text stammt von ausgewiesenen Experten, dem  
Stadtkartographen H. PAPE und dem Stadtgeographen  
F. GORKI. Einem einführenden Kapitel zur Kartographie  
der Stadt folgt der Überblick über die Städtischen Karten-  
werke, ihre Inhalte und Darstellungen. Das Kapitel The-  
matische Stadtkarten auf gesetzlicher Grundlage behan-  
delt Bauleitplanung und Landschaftsplanung. Am aus-  
führlichsten werden die thematischen Stadtkarten freier  
Gestaltung dargestellt und illustriert, die die Natürlichen  
Bedingungen, Bevölkerung und Gesellschaft sowie die Ge-  
sellschaftsbedingten Raumstrukturen zum Thema haben.  
Das letzte Kapitel behandelt alle wichtigen Stadtmodelle.  
In jedem Kapitel werden nach der ausführlichen Beschrei-  
bung der Inhalte Probleme ihrer graphischen Darstellung  
diskutiert. Insgesamt ist das Werk ein interessantes Nach-  
schlagewerk für jeden Stadtgeographen, das zur weiteren  
Forschung und kartographischen Modellbildung zahlrei-  
che Anregungen gibt.

ULRICH FREITAG

PEYKE, GERD: EDV-gestützte Informationssysteme in  
der angewandten Stadt- und Regionalforschung. Anfor-  
derungen, Konzepte und Probleme bei der Realisie-  
rung mit einem arbeitsplatzorientierten Computersystem.  
222 S., 26 Abb., 16 Karten. Angewandte Sozialgeogra-  
phie, Beiträge Nr. 16. Selbstverlag Lehrstuhl für Sozial-  
und Wirtschaftsgeographie der Universität, Augsburg  
1987

Kernstück dieser Habilitationsschrift ist die Beschrei-  
bung des vom Autor entwickelten BASMAP-Software-  
pakets zur Erstellung thematischer Karten und Diagramme  
mit einem Arbeitsplatzrechner, wobei aber kein Benutzer-  
handbuch vorgelegt wird (vgl. hierzu PEYKE 1983). Vorge-  
stellt werden Gewinnung und Aufbereitung räumlicher  
Bezugsdaten (u. a. Digitalisierung) sowie die Möglich-  
keiten, thematische Karten zu erarbeiten und auf einem  
Bildschirm oder Plotter auszugeben. Anhand von zwei  
Beispielen (u. a. Stadtatlas Augsburg) werden knapp Ein-  
satzmöglichkeiten des entwickelten Programmsystems  
dargestellt. Die Arbeit zeigt ferner allgemeine Probleme  
der Datenbasis auf (Probleme der Gewinnung und Auf-  
bereitung von Daten sowie ihrer Eignung für die Pla-  
nung), sie gibt einen fundierten Überblick über bisherige  
Möglichkeiten der EDV-gestützten thematischen Karto-  
graphie und erläutert die allgemeine - und auch im  
BASMAP-Softwarepaket umgesetzte - Konzeption eines  
anwenderfreundlichen Programms zur EDV-gestützten  
Kartenerstellung. Gegenüber dem vom „Einzelkämpfer“  
G. PEYKE erstellten Kartographieprogrammpaket ist an-  
zumerken, daß jüngst durch kommerzielle Softwarefir-  
men (echte) räumliche Informationssysteme entwickelt  
wurden (z. B. ARC-Info), die eine gemeinsame Bearbei-  
tung von räumlichem Bezugssystem und Sachdaten ermög-  
lichen.

NORBERT DE LANGE