PHILIPPIA IV/1: 12–20 1979

GÜNTER J. SCHENK

Die Diatomeenvegetation des „Salzbrunnens“ bei Rothenkirchen (Hessen)

Abstract

During a year's cycle, the diatom vegetation of a salt spring („Salzbrunnen“) near Rothenkirchen (Hesse, Federal Republic of Germany) has been investigated. This spring discharges 4,8 l/min of sodium-calcium-chloride-sulphate enriched water. The sociological analysis shows a spring community characterized by the mesohalobous species *Achnanthes grimmei* (50% abundance) and *Nitzschia frustulum* var. *subsalina* (15% abundance). The third dominant species is *Synedra ulna* (30% abundance), which is known for its wide ecological range. The community is described as an *Achnanthes grimmei – Nitzschia subsalina* synusia (sensu DU RIETZ).

Einleitung

Die Untersuchung der Diatomeenvegetation des Einzugsgebietes der Fulda, in deren Rahmen die vorliegende Untersuchung steht, umfaßt neben den zahlreichen fließenden und stehenden Süßwässern auch solche, die Mineralwasser führen. Im Gebiet des Werra-Fuldabeckens wurden die dort vorkommenden Zechsteinsalze 1876 durch eine Bohrung bei Salzungen entdeckt (ROTH 1971). Neben den natürlich auftretenden Mineralquellen sind dann auch durch Aufschlußbohrungen bzw. Einleitung von Salzlaugen anthropogen bedingte Mineralwässer die Folge (KRASSKE 1927, ZIEMANN 1971, SCHENK 1978 b, MEIJERING 1978). Je nach Art und Konzentration der mitgeführten Salze kann sich eine Mikro- und Makrophytenflora entwickeln, deren ökologisches Spektrum von Oligo- bis Polyhalobien reicht.

Standortsbeschreibung

Der „Salzbrunnen“ bei Rothenkirchen (Rechtswert 354 990, Hochwert 562 170) befindet sich ca. 1 km N des Ortes am rechten, SW-exponierten Ufer der Haune, die dort bis auf drei Meter an die Bundesstraße 27 heranführt (vgl. Abb. 1). Die Fließquelle (Rheokrene) ist mit einem Eisenrohr gefaßt, und nach ca. 2 m fließt das Mineralwasser über die steinige Uferböschung in die 2,5 m tiefer fließende Haune. Auffällig sind die Rot- und Grünfärbung im Bereich von Spritzwasser- und Fließzone des Quellwassers. Während für die Rotfärbung eine massenhafte Entwicklung von *Gallionella ferruginea* verantwortlich ist, wird die Grünfärbung hervorgerufen von *Chlorohormidium* sp., *Oscillatoria* sp., *Phormidium* sp., und *Tribonema viride.*

Geologie

Der „Salzbrunnen“ liegt im Bereich des Blattes Nr. 5224, Eiterfeld, der Geologischen Karte von Hessen. Durch dieses Gebiet verläuft die Salzhanginnengrenze des Werrakalireviers, die vollständig vorhandene von bereits reduzierten Salzlagern innerhalb des Salzhanges trennt (MOTZKA 1967, 100). Hier sind die Schichten der gesamten Trias vom oberen Teil des Unteren Buntsandsteins bis zum Unteren Keuper vorhanden. Die Gesamtmächtigkeit

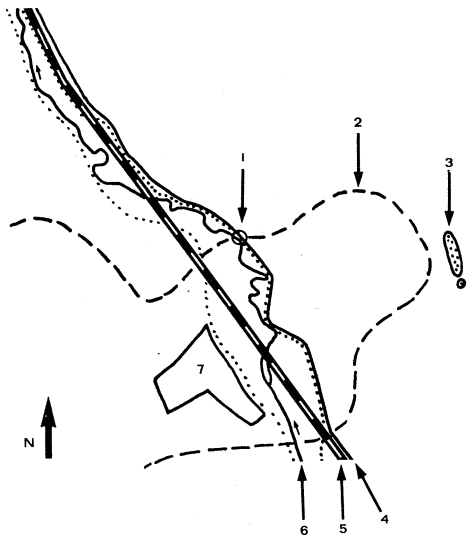


Abb. 1. Lageplan des „Salzbrunnens“ bei Rothenkirchen (1 = Salzbrunnen, 2 = Begrenzung der Subrosionssenke, 3 = Erdfälle, 4 = Bundesstraße 27, 5 = Bundesbahnstrecke Fulda—Kassel, 6 = Haune, 7 = Rothenkirchen; · · · = Begrenzung der Talaue, Maßstab 1 : 25 000)

des Unteren Buntsandsteins beträgt ca. 375 m, die des unterlagernden Zechsteins bis zu 395 m bei voller Salzmächtigkeit, die des darunter befindlichen Rotliegenden mehr als 600 m (MOTZKA 1967, 15). Es sind drei Salinargebiete vorhanden, die durch Verwerfungen voneinander getrennt sind. Das südliche Salzlager grenzt an die Subrosionssenke von Rothenkirchen. Das Blattgebiet ist durch die Ablaugungsvorgänge im Zechstein, Röt und Muschelkalk und die daraufhin mulden- oder trichterförmig nachgesunkenen bzw. eingebrochenen Deckschichten der Trias geprägt. Der Salzbrunnen liegt am Rande des im Untergrund weitgehend abgelaugten Rothenkirchener Senkungsgebietes, das die Ortschaft Rothenkirchen umfaßt und sich von SW nach NE ausdehnt. Die Störung am NE-Rand der Auslaugungssenke in Verbindung mit der Wasserwegsamkeit der Kalk-, Dolomit-, Gips- und Anhydritgesteine des Zechsteins dürfte zur Entstehung der Mineralqelle geführt haben. Das Auftreten dieser Quelle wird als Zeichen tätiger Ablaugung aufgefaßt. Daß hier noch Bewegungen stattfinden, zeigt ein rezenter Abriß am Ostrand der Senke an der Totenkirche (vgl. Abb. 1), ca. 1,3 km vom „Salzbrunnen“ entfernt. Hier liegt ein an eine Störung gebundenes längliches, im Entstehen begriffenes Senkungsfeld, an dessen S-Ende mehrere Erdfälle von 3—5 m Durchmesser von den Bauern laufend verfüllt werden (MOTZKA 1967, 104).

Hydrochemische Daten

Methodik

Parallel zu den Probenentnahmen des Diatomeenmaterials wurden zu den angegebenen Zeitpunkten (vgl. Tab. 1, 2) Wasserproben in 1-l-Weithalsflaschen entnommen.

1. Freie Kohlensäure: Titration mit 0,02 N Natronlauge gegen Phenolphtalein. Zusatz von 1 ml Seignettesalzlösung (50 g Kaliumnatriumtartrat und 100 ml H_2O)
2. m-Alkalität: Titration mit 0,1 N Salzsäure gegen Methylorange; Errechnung der Bikarbonathärte
3. Gesamthärte: komplexometrische Bestimmung mit Titriplex A und Errechnung der Nichtkarbonathärte
4. Chloridgehalt: Titration mit $^1/_{100}$ N Silbernitratlösung gegen 10%ige Kaliumchromatlösung
5. pH-Wert: elektrometrische Bestimmung; Gerät der Firma KNICK
6. Leitfähigkeit: elektrometrische Bestimmung; Gerät der Firma WTW

Tab. 1. Hydrochemische Daten des Salzbrunnens (X = Mittelwert)

1975	19. 02.	18. 04.	17. 06.	16. 08.	14. 10.	X
Freies Kohlendioxid in mg CO_2/l	78,3	26,4	69,5	75,5	—	62,4
Gesamthärte in °DH	84,0	84,0	87,1	85,1	—	85,0
Karbonathärte in °DH	17,3	17,4	17,9	18,2	—	17,7
Nichtkarbonathärte in °DH	66,7	66,6	69,5	66,9	—	67,4
Chloridgehalt in mg Cl/l	1892	2041	2213	2106	—	2063
pH-Wert	6,95	7,75	6,9	6,9	6,85	7,05
Leitfähigkeit in μS_{20}/cm	5853	5752	6896	6820	6833	6430

Werte am 16. 10. 1958 (MATTHES 1967): GH = 97,9; KH = 15,7; NKH = 82,2; Na^* = 1072 mg/l; K^* = 13,1 mg/l; Ca^{**} = 396,0 mg/l; Mg^{**} = 185,0 mg/l; Cl^- = 1680 mg/l; SO_4 = 1313 mg/l

Tab. 2. Schüttung und Temperatur am „Salzbrunnen"

1975	21. 05.	22. 06.	20. 08.	29. 09.	29. 10.	10. 12.	X
Quellschüttung in l/min.	5,5	4,5	4,5	5,0	n. b.	3,6	4,8
Wassertemperatur in °C	12,9	12,9	13,4	13,6	13,2	13,1	13,2
Lufttemperatur in °C	19,9	22,0	20,5	17,8	8,4	3,3	

Untersuchungsergebnisse

Die ermittelten hydrochemischen Daten sind in Tabelle 1 dargestellt. Der Gehalt an freier Kohlensäure liegt für diese Tiefenquelle erwartungsgemäß hoch (26,4–78,3 mg CO_2/l). Ähnlich hohe Werte werden überwiegend in Quellen gemessen, die in Muschelkalkgebieten liegen, wie z. B. die Quellen von Haune (SCHENK 1978 a) oder Solz (SCHENK 1978 b). Gleiches kann für die Karbonathärte festgestellt werden, die mit einem Mittelwert von 17,7 °DH vergleichbare Werte für Quellen in Kalkgebieten erreicht. Der hohe Wert der Gesamthärte (Mittelwert = 85,0 °DH) zeigt die Einflüsse der Zechsteinsalze an, die bei der Auflösung der Salzlager durch Vermischung mit dem Grundwasser dann als Mineralwasser zutage treten. Die Nichtkarbonathärte (NKH), die für die Höhe der Gesamthärte verantwortlich ist, zeigt den relativ hohen Magnesiumgehalt des Wassers an (vgl. Tab. 1). Der Chloridgehalt der Quelle liegt bei vier Messungen im Durchschnitt bei 2063 mg Cl/l. Chlorid

gilt als wichtiges Kriterium bei der ökologischen Charakterisierung der Diatomeen. Bei diesem Salzgehalt sind unter den Diatomeen günstige Lebensbedingungen für β-mesohalobe Arten, die einen Salzgehalt von 0,2‰—10‰ bevorzugen. HUSTEDT (1957, 199) spricht von Arten des „oberen“ Brackwassers.

Ein weiteres wesentliches Kriterium für die ökologische Einordnung und Kennzeichnung der Diatomeen ist der pH-Wert. Bei einem Durchschnittswert von pH 7,05 liegt er mit einer Ausnahme an den Untersuchungstagen knapp im sauren Bereich. Lediglich am 18. 04. 1976 wurde mit pH 7,75 ein deutlich höheres pH gemessen. Dieser Wert korrespondiert offensichtlich mit dem an diesem Tag relativ geringen Gehalt an freier Kohlensäure. Die Leitfähigkeit (LF) läßt Rückschlüsse auf den Gehalt an Ionen bzw. gelösten dissoziierbaren Stoffen zu. Der Elektrolytgehalt des Wassers ist hoch. Bei einem Durchschnittswert von LF 6430 μS_{20}/cm werden auch die bei MATTHES (1967, vgl. Tab. 1) aufgeführten Ionen erfaßt und gehen in die LF-Messung ein.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, liegt die Wassertemperatur der Quelle bei einem Durchschnittswert von 13,2° C. Sie weist eine Amplitude von 0,7° C auf. Damit zeigt sich gegenüber der im Untersuchungsgebiet zu erwartenden Quellentemperatur von 8 — 9° C eine deutliche Erhöhung an. Ausschlaggebend für die Temperaturgröße ist die relativ große Ursprungstiefe im Zechsteinsalinar (geotherme Tiefenstufe). Gleichzeitig nimmt mit zunehmender Ursprungstiefe die Temperaturamplitude ab, da der Einfluß oberflächennaher Gewässer zurückgeht. Aufgrund der hohen Schüttungstiefe dürfte der Einfluß der Quellhangexposition und der Bodenbedeckung, wie ihn BREHM (1973) für zahlreiche Quellen des Schlitzerlandes festgestellt hat, vernachlässigbar gering sein. Die Erhöhung der Quelltemperatur im Herbst deutet darauf hin, daß sich die im Sommerhalbjjahr gespeicherten Wärmemengen im anstehenden Buntsandstein noch zusätzlich zu der großen Fördertiefe temperaturerhöhend auswirken. Der Anstieg auf 13,6° C am 29. 09. 1975 legt diesen Schluß nahe (BREHM 1973, 135). Die Schüttung der Quelle liegt bei durchschnittlich 4,8 l/min. Die Fördermenge schwankt an den Beobachtungstagen zwischen 3,6 und 5,5 l/min. Inwieweit an der unterschiedlichen Schüttung nichtmineralisierte Süßwässer aus geringeren Fördertiefen beteiligt waren, konnte nicht festgestellt werden.

Tab. 3. Skala zur Abundanzschätzung nach SCHMITZ

Abundanzklasse		Häufigkeitsanteil
90	=	80 — 100 %
70	=	60 — 80 %
50	=	40 — 60 %
30	=	20 — 40 %
15	=	10 — 20 %
7,5	=	5 — 10%
2,5	=	1 — 5 %
1	=	ca. 1 %
+	=	unter 1 % [1])
.	=	unter 0,1 %

[1]) Bei der Mittelwertbildung wurde mit 0,5 gerechnet

Diatomeenvegetation

Methodik

Wesentlich für die Analyse der Diatomeenvegetation ist die Häufigkeit des Auftretens (BUDDE 1928, BUTCHER 1932). Die Mengenverhältnisse, die SCHMITZ (1955) als das eigentliche soziologische Kriterium der Mikrophytengesellschaften bezeichnet, werden am besten durch die Abundanz als wesentliches analytisches Strukturmerkmal erfaßt. Die Abundanz, die das Maß für die relative Häufigkeit einer Art in der Algenprobe ist, wird zur besseren Übersichtlichkeit in Form von Klassenwerten nach SCHMITZ (1965) ausgedrückt. Sie bietet im Gegensatz zu anderen gebräuchlichen Schätzungsskalen den Vorteil einer objektiven Kontrollierbarkeit durch Auszählen (vgl. Tab. 3). Die Abundanzwerte, die eine Art erreicht, werden addiert und durch die Anzahl der Probenentnahmen dividiert. Es ergibt sich ein Mittelwert, die Jahreszyklusabundanz (JZA) der Art. Als weiteres analytisches Strukturmerkmal wird die Stetigkeit verwendet, die die Präsenz der Art am Standort angibt und ebenfalls in Klassenwerten, z. B. nach KNAPP (1958) ausgedrückt wird. Berücksichtigt werden jedoch nur Abundanzwerte von mindestens „+", da geringer abundante Arten den Charakter erratischer bzw. allochthoner Formen haben.

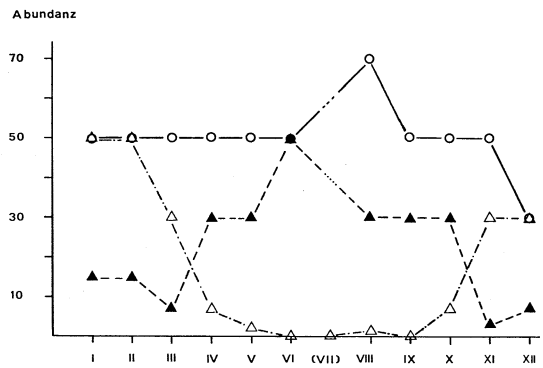


Abb. 2. Wechsel in der Abundanz der drei dominierenden Arten des „Salzbrunnens" im Laufe der Vegetationsperiode (○ = *Achnanthes grimmei,* △ = *Nitzschia subsalina,* ▲ = *Synedra ulna)*

Ergebnisse und Diskussion

Die soziologisch bedeutsamen sowie die vereinzelt auftretenden Diatomeenarten sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die drei dominierenden Arten sind *Achnanthes grimmei, Synedra ulna* und *Nitzschia frustulum* var. *subsalina.* Wie eine Inspektion der Tabelle 4 zeigt, haben wir es mit einer artenarmen Krenalgesellschaft zu tun, die 23 Formen umfaßt. Hiervon sind einige Arten allochthoner Herkunft (Spritzwasser der Haune). Anhand des Kriteriums Jahreszyklusabundanz (JZA) können die auftretenden Arten in vier Gruppen eingeteilt werden. Gruppe I umfaßt die drei Arten mit höchster JZA und gleichzeitig auch hoher Stetigkeit *(Achnanthes grimmei, Synedra ulna, Nitzschia frustulum* var. *subsalina).* Sie repräsentieren ca. 95% der Diatomeenindividuen dieser Krenalgesellschaft. Gruppe II setzt sich aus den

Tab. 4. Gesellschaftstabelle der Diatomeen des „Salzbrunnens. (Die Häufigkeit der Arten ist angegeben in Klassenwerten der Jahreszyklusabundanz [JZA] nach SCHMITZ. St. = Stetigkeit, P = polyhalob, M = mesohalob, H = halophil, O = oligohalob).

Art	JZA	St	Halobien P	M	H	O	Gruppe
1. *Achnanthes grimmei* KRASSKE 1925	50	V		+			
2. *Synedra ulna* (NITZSCH 1817) EHRENBERG 1838	30	V					I
3. *Nitzschia frustulum* (KÜTZING 1844) GRUNOW 1880 var. *subsalina* HUSTEDT 1925	15	IV		+			
4. *Achnanthes grimmei* KRASSKE 1925 var. *elliptica* KRASSKE 1927	2,5	V		+			
5. *Achnanthes grimmei* KRASSKE 1925 var. *inflata* KRASSKE 1927	+	IV		+			II
6. *Amphora delicatissima* KRASSKE 1930	+	II			+		
7. *Rhopalodia gibberula* (EHRENBERG 1843) CLEVE-EULER 1953 var. *musculus* (KÜTZING 1844) CLEVE-EULER 1953	+	I		+			
8. *Navicula avenacea* BRÉBISSON 1860	+	I			+		III
9. *Navicula cincta* (EHRENBERG 1854) RALFS 1861 var. *heufleri* (GRUNOW 1860) CLEVE 1890	+	I			+		
10. *Achnanthes lanceolata* (BRÉBISSON 1849) GRUNOW 1880	+	I				+	
11. *Achnanthes brevipes* AGARDH 1824 var. *intermedia* (KÜTZING 1833) CLEVE 1895	.	I		+			
12. *Hantzschia virgata* (ROPER 1858) GRUNOW 1880	.	I	+				
13. *Fragilaria virescens* RALFS 1843 var. *elliptica* HUSTEDT 1914	.	I					
14. *Navicula viridula* (KÜTZING 1833) KÜTZING 1844	.	I				+	
15. *Melosira varians* AGARDH 1817	.	I					IV
16. *Navicula gregaria* DONKIN 1816	.	I			+		
17. *Nitzschia debilis* (ARNOTT) GRUNOW	.	I				+	
18. *Nitzschia communis* RABENHORST 1868	.	I				+	
19. *Hantzschia amphioxys* (EHRENBERG) GRUNOW	.	I				+	
20. *Surirella ovata* KÜTZING 1844	.	I				+	
21. *Navicula gracilis* EHRENBERG 1830	.	I				+	
22. *Navicula cincta* (EHRENBERG 1854) RALFS 1861	.	I					
23. *Surirella ovalis* BRÉBISSON 1838 var. *salina* (W. SMITH 1853) CLEVE-EULER 1952	.	I		+			

beiden Varietäten von *Achnanthes grimmei* zusammen, die bei geringer Abundanz eine hohe Stetigkeit aufweisen. Daran schließt sich die Gruppe III an, deren fünf Arten sowohl eine geringe JZA als auch Stetigkeit aufweisen. Gruppe IV wird schließlich aus 13 Arten gebildet, die abundanzmäßig völlig zurücktreten und nur als Einzelexemplare der niedrigsten Stetigkeitsklasse Eingang in die Tabelle gefunden haben. Aufgrund der Abundanzwerte und bei Berücksichtigung des ökologischen Zeigerwertes können die beiden Arten *Achnanthes grimmei* und *Nitzschia frustulum* var. *subsalina* als die mikrophytensoziologisch bedeutsamen Diatomeenarten angesehen werden. Die Quellassoziation wird daher als *Achnanthes-grimmei-Nitzschia-subsalina*-Synusie bezeichnet.

Ökologische Daten

Die Standortsbedingungen, denen die oben beschriebene Krenalgesellschaft unterliegt, sind im Gegensatz zu denen sonstiger fließender oder stehender Gewässer relativ konstant. Dies gilt insbesondere für die Parameter Temperatur, Nährsalzversorgung und Wasserführung. Die Temperaturamplitude dürfte am Standort den Wert von 1° C kaum überschreiten (gemessen 0,7° C). Gleichmäßig ist auch die Nährsalzversorgung durch die ausgelaugten Mineralsalze, wie die Leitfähigkeitswerte in Tabelle 1 erkennen lassen. Der Parameter Licht unterliegt dem jahreszeitlichen Einfluß. Im Herbst und Winter wird das Lichtangebot durch den starken Laubfall zweier neben dem Salzbrunnen stehender Roßkastanien (*Aesculus hippocastanum* L.) zusätzlich zu der jahreszeitentsprechenden geringeren Einstrahlung vermindert. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist, zeigt nur *Achnanthes grimmei* ein über das ganze Beobachtungsjahr relativ gleichmäßiges Auftreten (Abweichung vom Mittelwert ± 1 Abundanzklasse). Die Ursache für diese recht konstante Abundanz scheint darin zu liegen, daß das Vermehrungsverhalten der Art 1. von den beiden am Standort mitkonkurrierenden hochabundanten Arten nicht beeinträchtigt wird und 2. gegenüber den Veränderungen des Parameters Licht im jahreszeitlichen Wechsel unbeeinflußt bleibt. Dagegen weisen *Nitzschia frustulum* var. *subsalina* mit einem Wintermaximum und *Synedra ulna* mit einem Sommermaximum eine gegenläufige Abundanzentwicklung auf.

Bei Inspektion der Tabelle 4 unter dem Aspekt des Halobiensystems zeigt sich bei den soziologisch bedeutsameren Arten (Gruppe I—III) ein deutliches Überwiegen der mesohaloben (m = 5) und halophilen (h = 3) Arten von insgesamt 10. „Für die Verbreitung der Salzwasserformen im Binnenlande ist also nicht unbedingt das NaCl als trophischer Faktor maßgebend, sondern sie hängt von der Gesamtkonzentration aller im Wasser gelösten Salze ab, die sich in erster Linie osmotisch auswirkt" (HUSTEDT 1957, 419). Demgegenüber weist die Gruppe IV (Einzelindividuen) überwiegend Oligohalobien (0 = 6) gegenüber den halophilen bzw. meso- und polyhaloben Arten auf, was auf ihren allochthonen Charakter hinweist. Am Standort ist ein Fehlen von aerophilen Formen trotz der günstigen Standortsbedingungen (Spritzwasser der Rheokrene) bemerkenswert. Für die drei dominierenden Arten wird unten das Vorkommen in der „Salzquelle" mit ökologischen Daten aus der Literatur verglichen.

Achnanthes grimmei

In Thermalwässern und Mineralquellen in Mitteleuropa verbreitet und häufig (HUSTEDT 1962, 402).

Dominierende Art im „Salzbrunnen" mit einer JAZ = 50. Gleichmäßige Abundanz innerhalb einer Vegetationsperiode.

Synedra ulna

Eurytope, euryhaline Süßwasserform aller Gewässer. Gegen chemische Verunreinigungen widerstandsfähig. Nach ZIMMERMANN (1961) mesosaprob, nach BACKHAUS (1968) Entwicklungsmaximum in polysaprober und α-mesosaprober Zone. Maximalentwicklung an unbelasteter und stark belasteter Station (KAWECKA 1977).

Im „Salzbrunnen“ zweithäufigste Art mit JZA = 30 bei Entwicklungsmaximum im Zeitraum April bis Oktober.

Nitzschia frustulum var. *subsalina*

Halophil (HUSTEDT 1930). In der Solz bei Hersfeld einziges Auftreten mit JZA = 7,5 in lctischen Biotopen der Versalzungszone mit vorwiegend höherer Belastung (SCHENK 1978b). Dritthäufigste Art im „Salzbrunnen“ mit JZA = 15 bei Maximalvorkommen im Winterhalbjahr (November – März).

Anmerkung

Die Arbeit wurde durch eine Sachspende der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Bonn-Bad Godesberg) ermöglicht und an der Limnologischen Flußstation des MAX-PLANCK-Instituts für Limnologie (Schlitz) durchgeführt. Herrn Dr. J. BREHM (Schlitz) danke ich für seine Beratung und die Arbeitsmöglichkeit im Labor.

Zusammenfassung

Über einen Jahreszyklus hinweg wurde 1976 die Diatomeenvegetation des „Salzbrunnens“ bei Rothenkirchen (Hessen) untersucht. Das mit einer Schüttung von 4,8 l/min als Folge einer Ablagerungserscheinung des Zechsteinsalinars zutage tretende Natrium-Calcium-Chlorid-Sulfat-Wasser wurde hinsichtlich einiger chemischer Parameter analysiert und wies im Durchschnitt folgende Werte auf: freies Kohlendioxid = 62,4 mg/l, Gesamthärte = 85,0° DH, Nichtkarbonathärte = 67,4 °DH, Chlorid = 2063 mg/l, pH = 7,05, Leitfähigkeit = 6430 μS_{20}/cm. Es wurde eine artenarme Krenalgesellschaft festgestellt, die neben der euryöken Art *Synedra ulna* (JZA = 30) die mesohaloben Arten *Achnanthes grimmei* (JZA = 50) und *Nitzschia frustulum* var. *subsalina* (JZA = 15) als dominierende Formen enthält. Die Quellassoziation wird als *Achnanthes-grimmei-Nitzschia-subsalina*-Synusie sensu DU RIETZ beschrieben.

Literaturnachweis

BACKHAUS, D., 1968: Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. IV. Systematisch-autökologischer Teil. Suppl. Arch. Hydrobiol. **34:** 251—320.

BREHM, J., 1973: Hydrologische und chemische Übersichtsuntersuchungen an Fließgewässern des Schlitzerlandes. Beitr. Naturk. Osthessen **5—6**: 121—139.

BUDDE, H., 1928: Die Algenflora des sauerländischen Gebirgsbaches. Arch. Hydrobiol. **29:** 433—520.

BUTCHER, R. W., 1932: Studies on the ecology of rivers. II. The microflora of rivers with special reference to the algae of the river bed. Ann. Bot. **46:** 813—861.

HUSTEDT, F., 1930: Bacillariophyta (Diatomeae). In: PASCHER (Herausg.) Die Süßwasserflora Mitteleuropas. X. Jena.

— 1957: Die Diatomeenflora des Flußsystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. Abh. naturwiss. Ver. Bremen **34:** 181—440.

— 1962: Die Kieselalgen. In: RABENHORST, L. (Herausg.) Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. VII. Leipzig.

KAWECKA, B., 1977: Biocoenosis of a high mountain stream under the influence of tourism. III. Attached algae communities in the stream Rybi Potok (High Tatra Mountains, Poland) polluted with domestic sewage. Acta hydrobiol. **19**: 271—292.

KNAPP, R., 1958: Arbeitsmethoden der Pflanzensoziologie und Eigenschaften der Pflanzengesellschaften. Stuttgart.

KRASSKE, G., 1927: Diatomeen deutscher Solquellen und Gradierwerke. I. Arch. Hydrobiol. **18:** 252—272.

MATTHES, G., 1967: Hydrogeologie. In: MOTZKA, R. und LAEMMLEN, M. Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Bl. 5224, Eiterfeld. Wiesbaden.

MEIJERING, M. P. D., 1978: Die Werraversalzung — ein derzeit unlösbares ökologisches Problem. Beitr. Naturk. Osthessen **13—14**: 207—208.

MOTZKA, R. und LAEMMLEN, M., 1967: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1:25 000, Blatt 5224, Eiterfeld. Wiesbaden.

SCHENK, G. J., 1978 a: Die Diatomeenvegetation der Haune (Hessen). II. Philippia **3:** 345—356.

— 1978 b: Die Auswirkungen von Abwasser und Versalzung auf die Diatomeenvegetation des Solzbaches (Hessen). Beitr. Naturk. Osthessen **13—14**: 171—206.

SCHMITZ, W., 1955: Grundlagen der descriptiven und kausalanalytischen Fließgewässercoenotik. Dissertation, Kiel.

— 1965: Die Soziologie aquatischer Mikrophyten. Biosoziologie. Ber. int. Symp. int. Ver. Vegetationsk. **1960:** 120—139.

ZIEMANN, H., 1971: Die Wirkung des Salzgehaltes auf die Diatomeenflora als Grundlage für eine biologische Analyse und Klassifikation der Binnengewässer. Limnologica **8:** 505—525.

ZIMMERMANN, P., 1961: Experimentelle Untersuchungen über die ökologische Wirkung der Strömungsgeschwindigkeit auf die Lebensgemeinschaften des fließenden Wassers. Schweiz. Z. Hydrol. **23:** 1—81.

Manuskript bei der Schriftleitung eingegangen am 9. Januar 1979.

Anschrift des Verfassers:

G. J. SCHENK
Am Steffen 13
6430 Bad Hersfeld
BRD

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Philippia. Abhandlungen und Berichte aus dem Naturkundemuseum im Ottoneum zu Kassel

Jahr/Year: 1979-1981

Band/Volume: 4

Autor(en)/Author(s): Schenk Günther J.

Artikel/Article: Die Diatomeenvegetation des "Salzbrunnens" bei Rothenkirchen (Hessen) 12-20