

Weiter nördlich hat die Wacholderdrossel in diesem Jahr Hamm erreicht. Herr G. Köpke berichtet mir freundlichst, daß er im Kurpark ein Brutpaar beobachten konnte. Die Entfernung vom nächstbekanntesten Brutplatz Welver (13. Bericht) beträgt etwa 10 km.

Trotz wiederholter Suche konnten Herr Westerfrölke und der Verfasser keine Wacholderdrossel nördlich der Lippe finden, obwohl eigentlich die dortige Parklandschaft zur Ansiedlung geradezu herausfordern mußte.

Allen genannten Herren, die zu dieser Arbeit beigetragen haben, danke ich auch hier bestens für ihre Hilfe.

Anschrift des Verfassers: Professor Dr. J. Peitzmeier, 4832 Wiedenbrück, Lintel 7

Der Einfluß der Vegetation auf die Wasserstoffionen- konzentration des Großen Heiligen Meeres und des Erdfallsees bei Hopsten (Westf.)

H. A n t , Hamm

Im Rahmen seiner Untersuchungen über das Plankton der Naturschutzgebiete „Großes Heiliges Meer“ und „Erdfallsee“ bei Hopsten gibt Ehlers (1965) eine Reihe von chemischen Daten an, die im Vergleich mit älteren Untersuchungen (Kemper 1930, Kriegsmann 1938) aufschlußreiche Schlußfolgerungen zulassen. Wichtigstes Ergebnis der bisherigen Untersuchungen ist die Feststellung, daß sich die physikalischen und chemischen Verhältnisse der beiden Gewässer in den letzten 25 Jahren nur unwesentlich verändert haben. Im einzelnen unterliegen aber einige chemische Faktoren erheblichen täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen. Erst die Zusammenfassung zahlreicher Messungen ergibt ein sicheres Bild. Unter den sehr variablen Faktoren ist vor allem die Wasserstoffionenkonzentration (pH-Wert) zu nennen. Die Assimilationstätigkeit der Pflanzen bewirkt hier im wesentlichen die großen Schwankungen (Gessner 1932, 1959). Unterschiede von 1—2 Einheiten im Tagesgang sind nicht selten. Für vergleichbare Messungen sollte daher die gleiche Tages- (und Jahres)zeit gewählt werden. Aber auch lokal sind die Unterschiede sehr groß und können auf kleinstem Raum (wenige Dezimeter) bis zu 5 Einheiten betragen. Da gerade diese durch die Vegetation bedingten Unterschiede der Wasserstoffionenkonzentration in den sel-

tensten Fällen genügend berücksichtigt werden, sollen im folgenden Meßergebnisse für das Heilige Meer und den Erdfallsee mitgeteilt werden.

I. Methodik

Die Messungen wurden 1961 vorgenommen. Es stand ein elektrometrisches Batteriegerät (Phywe) mit Glaselektrode (Kuntze) zur Verfügung. Vergleichsmessungen wurden mit Spezial- und Universalindikatorpapier Merck bzw. Riedel de Haen vorgenommen (über Bedeutung und Fehlergrenzen von Papiermessungen vgl. w. u.). Alle Messungen erfolgten unmittelbar unter der Wasseroberfläche. Die angeführten Werte sind aus zahlreichen Einzelmessungen gemittelt. Die Gesamtzahl der Messungen betrug etwa 480. Die Meßgenauigkeit liegt bei 0,1 Einheiten. Werte mit weiteren Dezimalstellen täuschen eine nicht vorhandene Genauigkeit vor.

II. Die Wassertemperatur im Großen Heiligen Meer

Da bei elektrometrischen pH-Wert-Messungen die Temperatur des Mediums berücksichtigt werden muß, sei hier zunächst das Temperaturprofil des Großen Heiligen Meeres angeführt (Tab.). Aus der Tabelle ergibt sich zugleich die Sprungschicht.

Tab. Wassertemperatur des Großen Heiligen Meeres (1. 8. 1961, Seemitte, Lufttemperatur 17,5 °C).

m Tiefe	°C	m Tiefe	°C
0,00	18,0	4,00	11,0
1,00	17,8	5,00	8,8
2,00	17,0	6,00	7,8
3,00	16,7	7,00	7,4
3,50	16,3	8,00	7,2
3,75	12,8	9,00	7,0

III. Die Wasserstoffionenkonzentration im Großen Heiligen Meer

1. Bootanlegestelle, Wassertiefe 20—50 cm, Sandboden, ohne Vegetation. pH: 7,4

2. Entfernung vom Ufer etwa 6 m, Wassertiefe 3 m, keine Vegetation. pH: 7,6

3. Entfernung vom Ufer 20 m, Wassertiefe 4 m, keine Vegetation. pH: 7,4

4. Entfernung vom Ufer etwa 100 m, Wassertiefe 6—8 m, keine Vegetation. pH: 7,4
5. Ostrand, Entfernung vom Ufer etwa 40 m, Wassertiefe 6 m, keine Vegetation. pH: 7,4
6. Ostrand, dichter *Lysimachia thyrsoflora*-Bestand, vereinzelt *Typha latifolia*, Wassertiefe 0,5 bis 1 m. pH: 7,6
7. Westrand, lichter Schilfgürtel, Wassertiefe 0,5 m, Sichttiefe 0,5 m (bis zum Grund); an Pflanzen wurden beobachtet: *Phragmites communis*, *Nymphaea alba*, *Typha angustifolia*, *Typha latifolia*, *Myriophyllum alterniflorum* (am Boden, mit dichter Schicht von Eisenhydroxid bedeckt), *Potamogeton obtusifolius*, *Potamogeton perfoliatus* var. *densifolius*, *Potamogeton lucens* var. *nitens* und *Zannichellia palustris*. pH: 8,0
8. Nordteil, Rand des *Phragmites*-Gürtels. pH: 7,5
9. Nördlichster Punkt des Sees, dichter *Phragmites*-Gürtel. pH: 7,9
10. Westrand des Sees, Beginn des Schilfgürtels, Wassertiefe 1 m. pH: 7,5—7,8
11. Westrand, dichter *Potamogeton natans*-Bestand, Wassertiefe 0,5 m, am Boden *Heleocharis acicularis*. pH: 7,8

IV. Die Wasserstoffionenkonzentration im Erdfallsee

1. Uferrand, Wassertiefe 0,2 m, ohne Vegetation, Sandboden mit Rippelmarken. pH: 8,0
2. Uferrand, 2 m zum offenen Wasser hin, Wassertiefe 0,3 m. pH: 8,0
3. *Littorella lacustris*-Rasen, Wassertiefe 0,5 m. pH: 8,3
4. *Hypericum helodes*-Bestand, Wassertiefe 0,5 m. pH: 7,4
5. *Carex filiformis*-Bestand, Wassertiefe 0,8 m. pH: 6,7
6. *Mougeotia*-Algenwatten, inmitten von *Hypericum helodes*-Bestand, Fläche etwa 2 qdm (Entfernung der Punkte 4, 5 und 6 unter 1 m). pH: 8,9
7. *Myrica gale*-Bestand, Boden überflutet, dazwischen einige Bulte von abgestorbener *Molinia*, Wasser schwarz, deutlicher H₂S-Geruch. pH: 6,1
8. *Comarum palustre*-Bestand, Wassertiefe 0,5 m. pH: 6,8

9. Freies Wasser zwischen den Beständen von *Carex filiformis*, *Comarum palustre* etc., nur wenige qdm, Wassertiefe 0,5 m. pH: 5,7
10. *Juncus bulbosus*-Bestand, etwa 1 qdm, zwischen den Meßpunkten 7 und 8 gelegen, Wassertiefe 0,5 m. pH: 7,9
11. Freies Wasser am *Hypericum helodes*-Bestand (zur offenen Wasserfläche hin), Wassertiefe 0,8 m. pH: 8,0
12. *Agrostis canina*-Bestand, überflutet, Wassertiefe 0,3 m. pH: 5,6
13. Bestand von *Utricularia spec.*, 2 qdm, im *Myrica gale*-Gebüsch, zwischen abgestorbenen *Molinia*-Bulten, Wassertiefe 0,2 m. pH: 4,8
14. *Sphagnum cymbifolium*, mit Wasser getränkt. pH: 3,6

V. Besprechung der Ergebnisse

Die angeführten Meßergebnisse machen zunächst deutlich, daß punktuell und lokal vorgenommene Messungen des pH-Wertes nicht repräsentativ für ein Gewässer sein können, sondern nur die aktuellen Verhältnisse an der betreffenden Stelle wiedergeben.

Die Schwankungen des pH-Wertes sind im wesentlichen auf die Assimilationstätigkeit der Pflanzen zurückzuführen, die einem Tages- und Jahresgang unterliegt. Daher zeigen sich erst im offenen, von der Vegetation unbeeinflussten Wasser einheitlichere Werte. Eine genaue Angabe der Meßstelle ist daher immer erforderlich.

Der Assimilationsprozeß bewirkt nicht nur einen Entzug von CO_2 aus dem Wasser, vielmehr liegen die Verhältnisse etwas verwickelter. Für die CO_2 -Aufnahme steht den Wasserpflanzen das gelöste freie CO_2 und dazu noch der in den Bikarbonaten gespeicherte Vorrat zur Verfügung. Da beim Entzug des CO_2 das Bikarbonat unter Abscheidung von CaCO_3 zerfällt, könnte die Hälfte des chemisch gebundenen CO_2 (die „halbgebundene“ Kohlensäure) nutzbar gemacht werden (vgl. die Kalkkrusten auf den Blättern vieler untergetauchter Wasserpflanzen als Beweis für die Kalkausfällung). Die Entkalkung des Wassers durch assimilierende Pflanzen erfolgt viel rascher und vor allem vollständiger als dies auch bei gänzlichem Entzug des freien CO_2 der Fall ist. Ferner beweist das Auftreten einer stark alkalischen Reaktion, daß noch andere Vorgänge mitspielen müssen. Es ergab sich, daß die echten Wasserpflanzen auch die bei der Dissoziation des Bikarbonats auftretenden HCO_3^- -Ionen aufzunehmen und diese durch OH^- -Ionen zu ersetzen vermögen. Durch diesen Ionenaustausch entstehen zum größten Teil ausfallendes CaCO_3 (und H_2O). Es wird also das Bikarbonat von der Pflanze aktiv gespalten und im Assimilationsprozeß verwertet. Dieser Vorgang steht aber auch dann noch nicht still, wenn alles Bikarbonat gespalten und nurmehr Monokarbonat (CaCO_3) vorhanden ist. Auch dieses ergibt bei der Hydrolyse HCO_3^- -Ionen, die gegen OH^- -Ionen ausgetauscht werden können. Das Ergebnis ist das Auftreten von Calciumhydroxid, wodurch die stark alkalische Reaktion bewirkt wird. Im Gegensatz zu den submersen Phanerogamen und vielen Algen können Wassermoose und auch die Rotalge *Batrachospermum* nur freies CO_2 ausnützen. Daher treten Wassermoose nur dort auf, wo freies CO_2 im Wasser vorhanden ist (Ruttner 1962).

Die höchsten pH-Werte, d. h. die niedrigsten Wasserstoffionen-konzentrationen, finden sich in Algenwatten, die im Frühjahr und Sommer besonders stark assimilieren. Der im Erdfallsee gemessene pH-Wert betrug hier 8,9 Einheiten. Unmittelbar anschließende *Sphagnum*-Polster können dagegen sehr sauer reagieren (gemessener pH-Wert: 3,6). Derartige Zustände lassen sich natürlich nur bei windstillem Wetter beobachten.

Beim Vergleich der Ergebnisse aus dem Großen Heiligen Meer und dem Erdfallsee ergibt sich noch ein weiterer Gesichtspunkt. Als oligotrophes Gewässer ist der Erdfallsee weit weniger gepuffert als das fast überall eutrophe Große Heilige Meer. Daher schwankt der pH-Wert des Großen Heiligen Meeres auch weit geringer als der des Erdfallsees.

Mit Indikatorpapier vorgenommene Messungen des pH-Wertes können ein völlig falsches Bild ergeben. Die Papiere werden nur feucht, die Indikatoren reagieren aber nicht. Dies gilt insbesondere für stark gepufferte eutrophe Gewässer. Mit Standard-Pufferlösungen (pH: 4,6 und 8,6) ergeben die Indikatorpapiere recht gute Übereinstimmungen. Dagegen werden in eutrophen Gewässern die Indikatoren blockiert. So zeigten Papiermessungen im Großen Heiligen Meer Abweichungen von 3—4 Einheiten. Im weniger stark gepufferten Wasser des oligotrophen Erdfallsees dagegen stimmten die Papiermessungen mit den elektrometrisch ermittelten Werten im wesentlichen überein. Hier wurden maximale Abweichungen von einer Einheit festgestellt. Im weniger stark gepufferten Wasser wird auch eine größere tages- und jahreszeitliche Schwankung möglich.

Es zeigte sich weiter, daß Universalpapiere ein besseres Resultat ergeben als Spezialpapiere. Der Fehler bei Flüssigkeitsindikatoren beträgt höchstens 0,5 Einheiten.

Literatur

- Ehlers, H.: Über das Plankton des Großen Heiligen Meeres und des Erdfallsees bei Hopsten (Westf.). Abh. Landesmus. Naturk., 27 (3): 1—20, Münster 1965. — Gessner, F.: Schwankungen im Chemismus kleiner Gewässer in ihrer Beziehung zur Pflanzenassimilation. Arch. Hydrobiol., 24 : 590—602, Stuttgart 1932. — Gessner, F.: Hydrobotanik. 2. Berlin 1959. — Kemper, H.: Beitrag zur Fauna des Großen Heiligen Meeres und des Erdbruchs bei Hopsten. Abh. Westf. Prov.-Mus. Naturk., 1 : 125—135, Münster 1930. — Kriegsmann, K. F.: Produktionsbiologische Untersuchung des Großen Heiligen Meeres, unter besonderer Berücksichtigung seines Eisenhaushaltes. Abh. Westf. Prov.-Mus. Naturk., 9 (2) : 1—106, Münster 1938. — Ruttner, F.: Grundriß der Limnologie. 3. Aufl. Berlin 1962.

Anschrift des Verfassers: Dr. Herbert Ant, 47 Hamm, Wielandstraße 17.