Mitt. POLLICHIA	68	111—128	2 Abb.	9 Tab.	Bad Dürkheim/Pfalz 1980
					ISSN 0341—9665

B. W. SCHARF & H.-H. STABEL

Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers der Eifelmaare*

Kurzfassung

SCHARF, B. W. & STABEL, H.-H. (1980): Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers der Eifelmaare. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 111—128, Bad Dürkheim/Pfalz.

Einige wichtige chemische Wasserinhaltsstoffe in 9 Eifelmaaren wurden bestimmt, um die Gewässer chemisch zu charakterisieren und mit bekannten Seetypen zu vergleichen. Die Verhältnisse der Kationenkonzentrationen ($Ca \approx Na > Mg > K$) und der Anionenkonzentrationen ($HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$) sind auf Gesteinslösung aus dem natürlichen Einzugsgebiet zurückzuführen. Abweichende Verhältnisse deuten auf anthropogene Einflüsse hin.

Die Konzentrationen der wichtigsten Pflanzennährstoffe (NO_3^-, NH_4^+ und Ges.-P) wurden nach Eisaufbruch bei beginnender, bzw. vollzogener Frühjahrsvollzirkulation gemessen. Aus diesen Werten, aus den O_2-Kurven, die während der sommerlichen Schichtung gemessen wurden sowie aus Beobachtung des Pflanzenwachstums werden Schlüsse auf die Produktivität einiger Maare gezogen. Die Entwicklung des Trophiegrades einiger Gewässer seit den Untersuchungen von THIENEMANN (1914/15) und von SCHMIDT-RIES (1954/55) werden dargelegt.

Abstract

SCHARF, B. W. & STABEL, H.-H. (1980): Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers der Eifelmaare [Physical and chemical properties of the water in the Eifel Maars]. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 111—128, Bad Dürkheim/Pfalz.

Basic chemical data were collected of 9 maars in the Eifel (FRG) in order to characterize these lakes chemically and compare them with known types. The mean contents of the waters with cations ($Ca \approx Na > Mg > K$) and anions ($HCO_3^- > SO_4^{2-}, > Cl^-$) are discussed. It is attempted to trace the origin of these ions either from the drainage basin, or from pollution.

The concentrations of the main nutrients (NO_3^-, NH_4^+ and tot.-P) were measured in the period of spring circulation during 1979. From these data and from vertical O_2-curves, conclusions were drawn on the productivity of the lakes. The eutrophication of several maars since the investigations of THIENEMANN (1914/15) and SCHMIDT-RIES (1954/55) is discussed.

Résumé

SCHARF, B. W. & STABEL, H.-H. (1980): Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers der Eifelmaare [Particularités physiques et chimiques de l'eau des maars de l'Eifel]. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 111—128, Bad Dürkheim/Pfalz.

On a mesuré quelques importants contenus chimiques de l'eau de 9 maars de l'Eifel, pour caractériser chimiquement les eaux et les comparer à des types de lacs connus. Les relations de concentrations en cations ($Ca \approx Na > Mg > K$) et en anions ($HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$) sont attribuées à la dissolution des roches dans le secteur naturel. Les relations différentes sont dûes aux influences anthropogènes.

*Der 68. Band der „Mitt. POLLICHIA" ist überwiegend den Maaren der Eifel gewidmet.

Les concentrations des plus importantes substances nutritives végétales (NO_3^-, NH_4^+ et P tot.) furent mesurées après que la glace se soit brisée, au début ou à la fin de la circulation de l'eau au printemps. De ces résultats et des courbes d'oxygène qui furent mesurées pendant la stagnation estivale, de même que de l'observation de la croissance des plantes, on a tiré des conclusions sur la productivité de quelques maars. On explique le développement de la trophie de quelques eaux depuis les recherches de THIENEMANN (1914/15) et de SCHMIDT-RIES (1954/55).

Einleitung

Die mit Wasser gefüllten Eifelmaare waren schon seit Beginn dieses Jahrhunderts interessante Objekte der limnologischen Grundlagenforschung. Das lag zum Teil daran, daß mit diesen Gewässern ein breites Spektrum von Seetypen auf geographisch engstem Raum vorlag — verschieden in ihrer Morphometrie, ihrem Trophiegrad und im anthropogenen Einfluß. HALBFASS (1896) legte durch seine topographischen Vermessungen die Grundlage für die folgenden, ökologisch ausgerichteten Untersuchungen, die dann unter der Leitung von VOIGT (Universität Bonn) durchgeführt wurden. Von den Ergebnissen dieser Arbeiten, die zum Ziel hatten, die Maare hydrographisch, botanisch und zoologisch zu beschreiben, interessieren hier besonders die physikalischen und chemischen Daten in den Veröffentlichungen von THIENEMANN (1912, 1914/15). Zusammen mit vielen anderen Beobachtungen flossen sie in das von THIENEMANN begründete Konzept der Seentypenlehre mit ein.

Seit dieser Zeit ist die Kulturlandschaft der Eifel in vielen Gebieten erheblich umgestaltet worden. Der Charakter einiger Maare hat sich in der Zwischenzeit ebenfalls gewandelt. Allerdings wurden physikalische und chemische Meßdaten als dokumentarische Belege des Wandels nur selten veröffentlicht, denn nur die Arbeiten von SCHMIDT-RIES (1954/55 und 1959) und von STEWART & HOLLAN (1975) enthalten Daten, die zu vergleichenden Betrachtungen herangezogen werden können.

Deshalb war es für die Verfasser reizvoll, mit der vorliegenden Arbeit einen Überblick über den derzeitigen Chemismus des Wassers der Eifelmaare zu gewinnen. Durch den Vergleich mit den Ergebnissen der genannten Autoren soll die Entwicklung der Gewässer interpretiert werden — soweit es die z. T. recht unterschiedlichen Meßmethoden zulassen. Für einige Eifelmaare werden Angaben zum Chemismus erstmalig dokumentiert.

Die hier vorgelegten Daten können gründliche Untersuchungen — etwa zur Stoffbilanz der Maare — nicht ersetzen, sie sollen eher dazu anregen.

Material und Methoden

Zur geographischen Lage der Maare vgl. LORENZ & BÜCHEL (1980).

Die Wasserproben wurden vom Boot aus in Seemitte mit einem 2-Liter Ruttnerschöpfer entnommen. Der pH-Wert und die Säurekapazität (SBV) wurden sofort bestimmt (DEUTSCHE EINHEITSVERFAHREN ZUR WASSERUNTERSUCHUNG 1979) (= DEV). Danach erfolgte eine Filtration durch Glasfaserpapierfilter SARTORIUS Typ SM 13400. Der dazu nötige Unterdruck wurde mit einer handbetriebenen Pumpe hergestellt, so daß die Filtrationen unabhängig von elektrischer Energieversorgung durchgeführt werden konnten. Danach wurden die Proben ins Laboratorium des Landesamtes für Gewässerkunde Rheinland-Pfalz transportiert und folgenderweise untersucht:

Die elektrische Leitfähigkeit (mS/m) und Cl^- (aus den unfiltrierten, nicht konservierten Wasserproben) sowie NH_4^+, NO_2^-, NO_3^- und SO_4^{2-} (filtriert, mit $CHCl_3$ konserviert) und Ges.-Phosphor (unfiltriert, mit H_2SO_4 konserviert) wurden nach den DEV bestimmt. Der O_2-Gehalt wurde nach der WINKLER-Methode (DEV) erfaßt. Na, K, Mg, Ca, Fe und Mn wurden aus filtrierten, mit konz. H_2SO_4 konservierten Proben atomabsorptionsspektrophotometrisch gemessen.

Die Sedimentproben wurden mit Hilfe eines Gravitationsschlammlots nach ZÜLLIG (1953) gewonnen. Die Zerlegung des Sedimentkernes erfolgte an Bord. Die Teilproben wurden im Laboratorium homogenisiert und ca. 5 g von jeder Probe 24 h bei 105°C getrocknet und 4 h bei 520°C geglüht (vgl. UNGEMACH 1960) und schließlich im Salzsäureaufschluß gelöst.

Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund eingeschränkter Untersuchungsmöglichkeiten konnten kontinuierliche Messungen und Probenentnahmen — etwa in wöchentlichen Abständen — an den Eifelmaaren nicht vorgenommen werden. Deshalb wurden die Gewässer möglichst an einigen limnologisch charakteristischen Zeitpunkten untersucht, z. B. zur Frühjahrsvollzirkulation und zur Zeit ausgeprägter sommerlicher Schichtung. Die Ergebnisse der Analysen sollen im folgenden vergleichend für alle Maare abgehandelt werden. Nach der Zusammenstellung der wichtigsten limnochemischen Daten werden für einzelne Gewässer charakteristische Merkmale aufgeführt. Dazu wird eine Reihe von tabellarisch zusammengestellten Werten wiedergegeben, die den rezenten Zustand dokumentarisch belegen sollen.

Als ein erstes, sehr vereinfachendes Kriterium der Phytoplanktonentwicklung und damit der Produktivität der stehenden Gewässer kann die leicht zu messende Sichttiefe herangezogen werden. Die in der Tab. 1 zusammengestellten Ergebnisse der Sichttiefenmessung erlauben eine erste Reihung der Maare nach ihrer Trophie, die auch bei der Besprechung der einzelnen Maare eingehalten werden soll.

Die in der Tab. 2 aufgeführten Durchschnittswerte einiger physikalischer und chemischer Parameter wurden wie folgt erhalten: Alle Probenentnahmetage lagen kurz nach Eisaufbruch. Für die Berechnung der Durchschnittswerte wurde im Hinblick auf die Meromixis und die z. T. noch nicht erfolgte Vollzirkulation eine Bezugstiefe eingeführt. Innerhalb der Bezugstiefe befand sich ein chemisch recht einheitlicher Wasserkörper. Die Meßwerte unterhalb der Bezugstiefe wurden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Der Gesamt-Elektrolytgehalt der Gewässer wird durch die Leitfähigkeitsmessung erfaßt. Nach OHLE (1959) lassen sich die stehenden Binnengewässer nach ihrer Leitfähigkeit und damit dem Gehalt an den wichtigsten Kationen und Anionen (Ca^{2+} und Mg^{2+} sowie HCO_3^-) in elektrolytarme Seen sowie Seen mit einem mittleren und mit einem hohen Elektrolytgehalt ordnen. Demnach ist das Weinfelder Maar ein extrem kalkarmes Gewässer. Kalkarmut liegt auch beim Pulvermaar und beim Gemündener Maar vor (vgl. Ca-Konzentrationen in Tab. 2). Alle anderen Maare gehören zur Gruppe der Gewässer mit mittlerem Kalkgehalt. Der Laacher See allerdings ist bereits in die Gruppe der Gewässer mit einem hohen Kalkgehalt einzureihen. Trotz eines mittleren Kalkgehaltes bei den meisten Maaren können dennoch hohe Leitfähigkeiten auftreten,

Tab. 1: Morphometrie und Sichttiefe in verschiedenen Eifelmaaren.

	Oberfläche (ha)	max. Tiefe (m)	Untersuchungszeitraum	Zahl der Untersuchungen	durchschn. Sichttiefe (m)	Sichttiefe minimal (m)	Sichttiefe maximal (m)
Pulvermaar	35	70	1975—1979	4	8,1	6,5	9,0
Weinfelder Maar	15,6	52	1975—1979	7	6,1	5,0	9,5
Gemündener Maar	7,5	39	1977—1979	3	4,6	2,4	6,5
Laacher See	331,5	54	1973—1979	14	4,3	2,6	8,0
Holzmaar	5,8	20	1979	2	3,0	2,8	3,2
Schalkenm. Maar	21,9	21	1975—1979	5	2,2	1,2	3,5
Ulmener Maar	6,3	35	1973—1979	7	1,9	1,0	2,5
Meerfelder Maar	24,8	18	1978—1979	5	0,6	0,3	0,8
Immerather Maar	5	3	1979	2	0,5	0,3	0,6

Tab. 2: Durchschnittswerte einiger physikalischer und chemischer Parameter in der Wassersäule der Eifelmaare (vgl. Text).

	Datum 1979	Bezugstiefe m	Leitf. mS/m	SBV mmol/l	NH_4^+-N µg/l	NO_2^--N µg/l	NO_3^--N µg/l	Ges. P µg/l	Cl^- mg/l	SO_4^{2-} mg/l	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	P : N a)
Pulvermaar	30.3.	0—65	8,8	0,8	2	0	23	7	8	9,4	5,9	2,1	3,6	5,1	< 0,1	< 0,1	1:8
Weinfelder Maar	3.5.	0—50	3,7	0,2	18	0	21	6	6	6,9	1,8	2,1	1,5	2,4	< 0,1	< 0,1	1:15
Gemündener Maar	3.4.	0—30	8,2	0,5	54	0	40	12	8	9,2	3,4	2,6	2,2	3,2	< 0,1	< 0,1	1:17
Laacher See	16.3.	0—50	50,8	6,5	0	1	14	41	18	30,2	41,4	24,4	29,2	41,8	< 0,1	< 0,1	1:0,8
Holzmaar	10.5.	0—18	23,0	1,1	109	16	1130	22	37	24,6	15,9	2,1	7,2	14,6	< 0,1	< 0,1	1:127
Schalkenm. Maar	4.4.	0—18	30,9	3,5	7	0	81	33	12	14,3	16,5	6,5	12,2	17,2	< 0,1	< 0,1	1:6
Ulmener Maar	18.5.	0—25	25,1	1,0	5	2	675	26	60	21,1	23,9	3,1	8,2	17,1	0,3	< 0,1	1:58
Meerfelder Maar	23.3.	0—12,5	24,1	2,6	180	1	66	73	23	13,1	24,0	5,3	12,8	17,2	< 0,1	< 0,1	1:8
Immerather Maar	11.5.	0—1	52,8	5,1	0	0	4	220	66	40,6	122,5	5,9	12,8	15,3	< 0,1	< 0,1	1:0,04

a) Atomverhältnis

z. B. beim Immerather Maar mit einem Wert von 52,8 mS/m. Dieses liegt an den verhältnismäßig hohen Konzentrationen an Alkalimetallen und den entsprechenden Cl^-- und SO_4^{2-}-Konzentrationen (Tab. 2).

Im Wasser der un- oder nur schwach belasteten Eifelmaare entsprechen die Konzentrationen der Ca-Ionen in etwa denen der Na-Ionen. Die Konzentrationen von Mg^{2+} und K^+ sind kleiner als die von Ca^{2+} (Tab. 2). Die ungewöhnlich hohe Na-Konzentration im Immerather Maar muß wohl auf anthropogene Einwirkungen auf das Gewässer zurückgeführt werden. Hervorzuheben ist außerdem noch die geringe Na-Konzentration im Weinfelder Maar, die von der K-Konzentration noch übertroffen wird.

In natürlichen Binnengewässern sind die Cl^--Konzentrationen kaum biogenen Prozessen unterworfen. Im Holzmaar, Ulmener, Meerfelder und im Immerather Maar übersteigt die Cl^--Konzentration die der SO_4^{2-}-Konzentration erheblich. Hierin kann sich ebenfalls ein anthropogener Einfluß widerspiegeln.

Die Konzentrationen der Hauptnährstoffe des Phytoplanktons zur Frühjahrszirkulation geben Hinweise auf die potentiell mögliche Entwicklung des Phytoplanktonwachstums. Deshalb lassen sich die Seen aufgrund ihres Gesamt-Phosphor- und Gesamt-Stickstoffgehalts unter Berücksichtigung der mittleren Tiefe nach Trophiestufen reihen (Vollenweider 1968). Demnach sind das Pulvermaar und das Weinfelder Maar als oligotrophe Gewässer anzusprechen. Das Gemündener Maar ist in einem meso- bis eutrophen Zustand. Eutrophe Gewässer sind der Laacher See, das Holzmaar, das Schalkenmehrener und das Ulmener Maar. Dem Meerfelder und dem Immerather Maar muß ein polytropher Charakter zugesprochen werden.

Nach Uhlmann (1975) ist die durchschnittliche Elementarzusammensetzung des Phytoplanktons C : N : P = 106 : 16 : 1. Um danach ungehindertes Phytoplanktonwachstum zu garantieren, müssen die Hauptnährstoffe N und P im Überschuß und im molaren Verhältnis von mindestens 7 : 1 vorliegen. Ist der Quotient größer, wird bei Aufzehrung der Nährstoffe zuerst der Phosphorgehalt für das Algenwachstum begrenzend; ist das Verhältnis kleiner, wird der Stickstoff zum limitierenden Faktor (vgl. Wetzel 1975). Nach diesen Voraussetzungen ist die Frühjahrsentwicklung des Phytoplanktons in dem Laacher See, dem Schalkenmehrener Maar und dem Immerather Maar durch Stickstoff limitiert.

Die folgenden Betrachtungen gehen auf die besonderen Entwicklungen einzelner Maare ein und stellen mögliche Veränderungen des Gewässerzustands in der Zukunft zur Diskussion:

Pulvermaar

Das Pulvermaar ist das tiefste Eifelmaar (70 m Tiefe). Halbfass (1896) hatte noch eine Tiefe von 74 m gemessen. Aufgrund der Beckenmorphologie (Scharf 1980) besteht die Möglichkeit, daß durch eine ansteigende Eutrophierung die Volldurchmischung des Pulvermaars im Herbst unterbleibt und damit Meromixie eintritt.

Aus den Untersuchungen vom 4.9.1975 und 20.4.1976 (Scharf, unveröffentlicht) geht hervor, daß das Pulvermaar 1975 und 1976 vollständig durchmischt war. Beim Frühjahrsaufbruch 1979 (30.3.) war das Gewässer erst bis in etwa 60 m Tiefe durchmischt. Die Nährstoffuntersuchungen (Tab. 2) weisen das Pulvermaar als noch oligotrophes Gewässer aus, doch sind erste Anzeichen einer beginnenden Eutrophierung zu erkennen: Am 30.3.1979 war O_2-Schwund am Grunde sowie erhöhte N- und P-Werte zu verzeich-

nen. Zudem bestanden die obersten 2 mm des Maarbodens in 70 m Tiefe aus schwarzem Schlamm, während die darunter liegenden Ablagerungen die für mineralisierte Sedimente charakteristische hellgraue bis leicht bräunliche Farbe aufwiesen.

Weinfelder Maar

Das Weinfelder Maar ist weiterhin als oligotrophes Gewässer zu betrachten (vgl. Nährstoff- und O_2-Konzentrationen in Tab. 2).

Gemündener Maar

Das Gemündener Maar hat sich in der Zeit seit 1910 von einem oligotrophen, holomiktischen See zu einem eutrophierten, meromiktischen Gewässer entwickelt. Die Untersuchung des Gemündener Maares vom 12. 8. 1911 (THIENEMANN 1914) gibt die Ausgangssituation wieder. Die Temperatur sinkt von der Oberfläche bis zum Grunde und erreicht dort ihren tiefsten Wert (Abb. 1). Obwohl die O_2-Messungen von THIENEMANN (1915) wegen der Fehlermöglichkeiten bei der Probennahme mit gewissen Vorbehalten zu versehen sind, so zeigen sie uns doch das reichliche Vorhandensein von O_2 über dem Grunde. Das Maar war zu diesem Zeitpunkt noch holomiktisch und oligotroph.

Am 16. 8. 1952 hat SCHMIDT-RIES (1954/55) das Gemündener Maar untersucht (Abb. 1). Der Temperaturanstieg in der Tiefe unterhalb von 30 m sowie die O_2-Verarmung würden für meromiktische Verhältnisse sprechen.

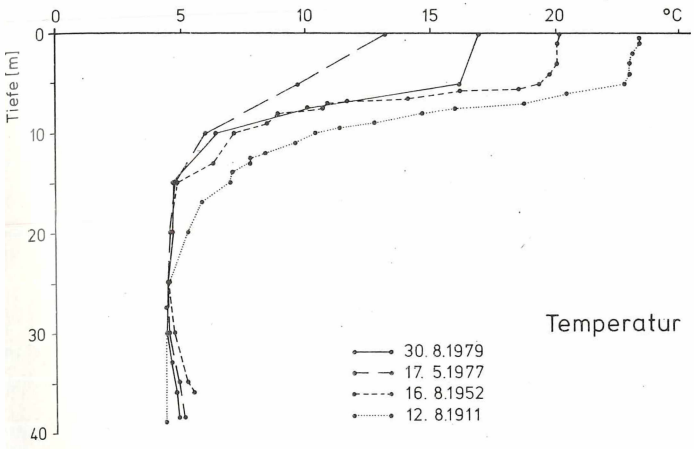
Auf eine eventuell vorliegende Meromixis in diesem Maar geht SCHMIDT-RIES jedoch nicht ein, sondern er beschreibt ausführlich die Einschichtung von lehmgelben Wasser, das nach heftigem Gewitter am Untersuchungstage vom Rand her ins Meer floß. Dem Autor zufolge ist es in die Tiefe abgesunken und hat sich über Grund angereichert. Das mit Schwebstoffen reich beladene Wasser hat eine größere Dichte als das elektrolytarme Wasser des Maars und kann sich daher mit höherer Temperatur am Gewässergrund einschichten. Allerdings ist die O_2-Verknappung über Grund mit dieser Hypothese nicht erklärt. Sie kann kaum als Folge eines Gewitters entstanden sein.

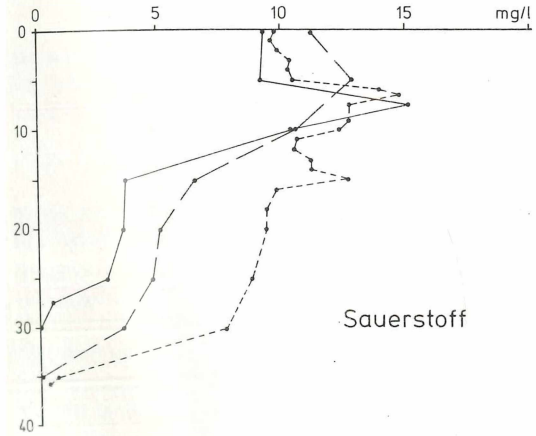
Erst die Untersuchung von STEWART & HOLLAN (1975) legt den Schluß nahe, daß das Gemündener Maar 1973 bereits meromiktisch ist.

Eindeutig sind die Verhältnisse am 17. 5. 1977, weil die Feststellung der Meromixis außer durch die Temperaturkurve auch durch weitere Parameter belegt ist (Abb. 1).

In der Zeit von 1977—1979 hat sich das Monimolimnion nicht wesentlich verändert, wie aus den Angaben zu der Temperatur, der Leitfähigkeit, der Säurekapazität und dem pH-Wert hervorgeht (Abb. 1).

Es ist aber anzunehmen, daß sich ohne eine sanierende Maßnahme das Monimolimnion wahrscheinlich weiter festigen wird und sich gegebenenfalls sogar noch vergrößert. Für das Gemündener Maar besteht die Gefahr, daß sich während der Durchmischungsphase das zirkulierende Wasser an der Grenzschicht des Hypo- zum Monimolimnion mit N- und P-Verbindungen anreichert, so daß die Produktion in jedem Jahr auf einer höheren Stufe anläuft. Außerdem ist unter den derzeit vorliegenden Verhältnissen damit zu rechnen, daß sich Methan bildet und die Methanblasen bei ihrem Aufstieg Pflanzennährstoffe aus dem Monimolimnion ins Hypolimnion und schließlich ins Epilimnion mitreißen (s. Ursachen der rasanten Seeneutrophierung OHLE 1955).





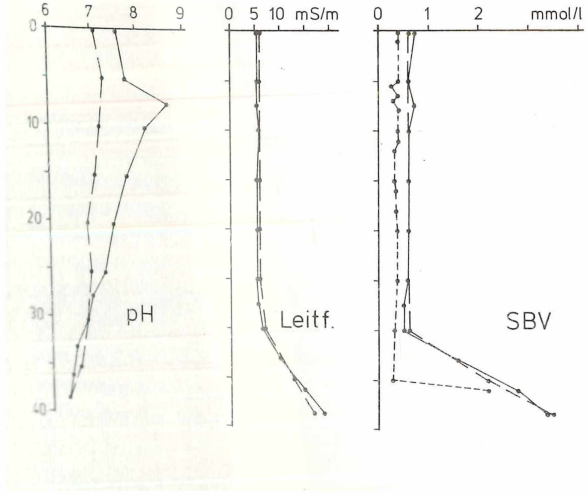


Abb. 1:
Vergleich einiger physikalischer und chemischer Parameter im Gemündener Maar aus den Jahren 1911, 1952, 1977 und 1979. Die Werte von 1911 stammen aus THIENEMANN (1914), jene von 1952 aus SCHMIDT-RIES (1954/55).

Die Frage nach der Ursache der Ausbildung der Meromixis ist nicht leicht zu beantworten. Sicher ist, daß das Gemündener Maar aufgrund seiner Beckenmorphologie zur Meromixis neigt (SCHARF 1980). Der wesentliche Unterschied zu dem in dieser Hinsicht ebenfalls gefährdeten Weinfelder Maar oder dem Pulvermaar besteht in dem im Gemündener Maar gemessenen, höheren P-Gehalt (Tab. 2). Da der Phosphor in den nährstoffärmeren Maaren produktionsbegrenzend wirkt, führt eine geringfügig höhere P-Konzentration zu einer höheren Phytoplanktonproduktion. Nach der Remineralisierung des „Planktonregens" kommt es über dem Grunde zur Freisetzung von Salzen, die die Dichte des Wassers dort erhöhen und zu einer Behinderung der Volldurchmischung führen (biogene Meromixis, vgl. WETZEL 1975).

Bedauerlicherweise wird die natürliche Eutrophierung derzeit noch durch die Aktivität der Sportfischer beschleunigt. Nach einer Angabe der Verbandsgemeinde Daun werden jährlich 5—10 Tonnen Futter zum Anlocken der Fische durch die Sportfischer ins Maar geworfen.

Laacher See

Der Laacher See ist mit 3,315 km² nicht nur das größte Maar, sondern auch das größte, natürliche, stehende Gewässer des Rheinlandes. Aufgrund seiner Größe und der windoffenen Lage gehört der Laacher See zu den vom Winde gut durchmischten Seen, was sich auch leicht aus der Tiefentemperatur ableiten läßt. (Tab. 5) (vgl. auch MATTERNE & SCHARF 1977, SCHARF 1980).

Innerhalb der Gruppe der tiefen Maare hebt sich der Laacher See durch seinen hohen Elektrolytgehalt heraus (Tab. 2). Die Leitfähigkeit als Summenparameter zeigt dies bereits deutlich an. Läßt man das Immerather Maar außer acht, so finden wir innerhalb der Eifelmaare im Laacher See den höchsten Gehalt an HCO_3^- (ausgedrückt als Säurekapazität), an SO_4^{2-}, Na, K, Mg und Ca. Als Erklärung hierfür bietet sich die Annahme an, daß mit dem Gasaustritt im östlichen Uferbereich des Laacher Sees auch mit Salzen angereichertes Wasser unterirdisch in den See einfließt. Der vergleichsweise hohe Elektrolytgehalt könnte aber auch durch Auswaschung der Lava bedingt sein, die sich im Wassereinzugsgebiet des Laacher Sees befindet.

Holzmaar

Das Holzmaar ist nach THIENEMANN (1915) und SCHMIDT-RIES (1954/55) entsprechend seinem Salzgehalt zwischen die elektrolytarmen, oligotrophen und die elektrolytreichen, eutrophen Gewässer einzureihen. Auch heute trifft dies noch für das Maar zu (Tab. 2). Auffällig ist allerdings der hohe NO_3^--Gehalt, der nach SCHMIDT-RIES als Anzeiger für die Verschmutzung durch den Sammetbach gewertet wird. Im Jahre 1979 hatte sich der NO_3^--Gehalt in der Zeit von Mai bis August etwa verdreifacht.

Im Mai des Jahres 1979 wurde ein mehrere Meter breiter Gürtel submerser Makrophyten im Holzmaar beobachtet, der im August vollständig verschwunden war. Vermutlich ist die Sauerstoffverarmung und der Anstieg des Nitratgehalts auf Zersetzung der Pflanzen zurückzuführen (Tab. 6). Ob hier ein kausaler Zusammenhang besteht, soll in künftigen intensiveren Untersuchungen geklärt werden.

Schalkenmehrener Maar

Die Untersuchung des Schalkenmehrener Maars am 4.4.1979 erfolgte unmittelbar nach Eisaufbruch bei noch nicht vollzogener Totaldurchmischung. Daher kennzeichnen die in der Tab. 7 wiedergegebenen Werte die Verhältnisse bei winterlicher Schichtung unter der Eisdecke. Das eutrophe Gewässer ist elektrolytreicher als die benachbarten Gewässer, das Weinfelder und das Gemündener Maar (vgl. THIENEMANN 1915 und SCHMIDT-RIES 1954/55).

Ulmener Maar

Der Beschreibung des Ulmener Maars wird ein kurzer geschichtlicher Abriß der hydrologischen Verhältnisse vorangestellt.

Bis ins Mittelalter	Abfluß des Maares über die Dorfstraße, tiefste Stelle des Kraterrandes 425,2 m ü NN (vgl. THIENEMANN 1914).
im Mittelalter	Bau eines Stollens durch die südliche Kraterwand zum Betrieb von Mühlen.
1875	Bau eines Stollens durch die nördliche Kraterwand; dadurch Zuleitung von Wasser aus dem Ulmener Bach ins Ulmener Maar zur besseren Wasserversorgung der Mühlen.
1926—1928	Wasserwerk am NE-Ufer gebaut; 1927 Pumpenhaus in Betrieb genommen; Pumpen mit einer Leistung von 72 m^3/h installiert.
1927—1942	Geschätzte Pumpenleistung: 350 000 m^3/a.
1942	Ulmener Bach zum Jungfernweiher aufgestaut; Zuleitung von Wasser aus dem Jungfernweiher über den 1875 angelegten Stollen ins Ulmener Maar.
1942	Pumpenhaus umgebaut; Kolbenpumpen mit einer Leistung von 120 m^3/h eingebaut.
1942—1948	Geschätzte Pumpenleistung: 600 000 m^3/a.
1952	Brunnen 1 und 3 von 17 auf 30 m uG vertieft; Brunnen 1 und 3 liefern seitdem je 60 m^3/h.
1948—1975	Pumpenleistung: Durchschnittlich rund 700 000 m^3/a. (1960 Minimum: 446 918 m^3/a; 1965 Maximum: 1 042 232 m^3/a.).

Das Ulmener Maar galt nach den Untersuchungen von THIENEMANN (1912, 1914/15) jahrzehntelang als Lehrbuchbeispiel für meromiktische Gewässer. Aus den Untersuchungen von SCHMIDT-RIES (1959) und STEWART & HOLLAN (1975) geht hervor, daß die einstigen Verhältnisse heute nicht mehr vorliegen. Das Monimolimnion ist von 17 auf 3—5 m geschrumpft. Mit der Verkleinerung des Monimolimnions ist auch dessen Temperatur gesunken. STEWART & HOLLAN (1975) sehen in der seit 1942 erfolgenden Zuleitung von Wasser aus dem damals aufgestauten Jungfernweiher die Hauptursache für die Veränderung. Sie konnten auch anhand von Messungen verschiedener Parameter die Beeinflussung des Monimolimnions durch das Weiherwasser nachweisen.

Die von THIENEMANN (1915) sowie von STEWART & HOLLAN (1975) beobachtete Beeinflussung des Monimolimnions durch die winterliche Zirkulation ist auch durch die

Daten in Tab. 8 zu belegen. Im Sommer ist das Monimolimnion mächtiger und die Konzentration der meisten Ionen ist höher als im Winter. Allerdings verläuft dieser Vorgang nicht schematisch und kontinuierlich, bedingt durch unterschiedlich starke Zuleitung von Wasser aus dem Jungfernweiher und schwankende Entnahmemengen aus den Brunnen des Ulmener Wasserwerks, die im wesentlichen uferfiltriertes Maarwasser fördern.

Meerfelder Maar

Das Meerfelder Maar wurde 1978 intensiver untersucht. Abb. 2 gibt die Schichtungsverhältnisse wieder. Die in Tab. 2 angegebenen Meßwerte wurden eine Woche nach Eisaufbruch erhalten. Da in dieser Woche kein stärkerer Wind wehte, hat erst eine Teilzirkulation stattgefunden.

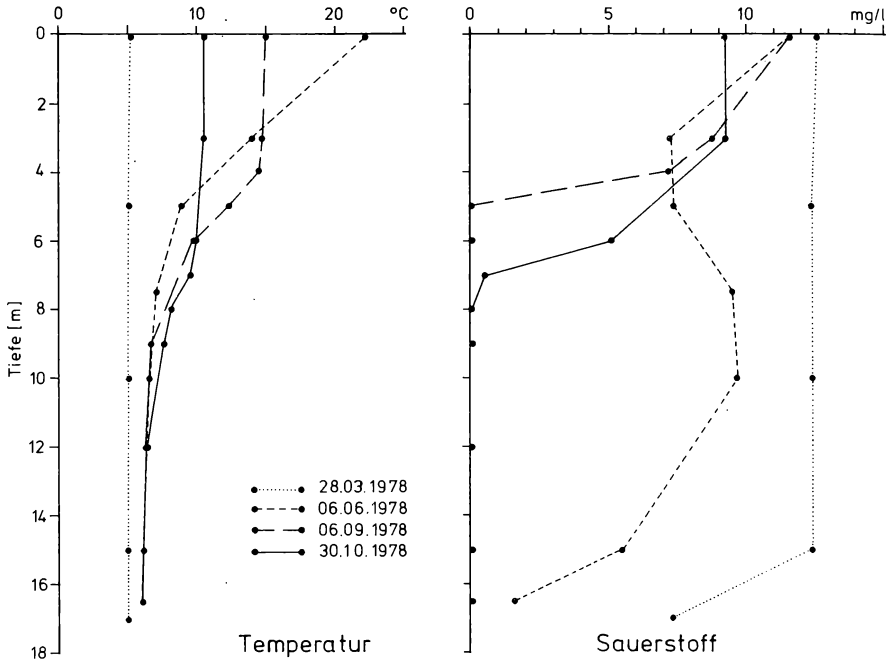


Abb. 2: Temperaturschichtung und O_2-Gehalt im Meerfelder Maar während des Jahres 1978.

Das Meerfelder Maar ist durch sein großes Einzugsgebiet und die Abwässer vor allem der Ortschaft Meerfeld eutrophiert worden. Die Seespiegelabsenkung im Jahre 1890 könnte ein weiteres dazu beigetragen haben (vgl. auch STABEL 1980). Schon im vorigen Jahrhundert wurde in diesem Maar nur noch eine Sichttiefe von 1,25 m gemessen (HALBFASS 1896). In einem Bericht des Fischereiaufsehers Dr. BÜRGER von der Bezirksregierung Koblenz vom 10. Nov. 1932 ist zu lesen: ,,Bei meiner Untersuchung war die Entwicklung des Planktons im Meerfelder Maar so stark, daß sich die sogenannte ‚Wasserblüte' bildete. Die abgestorbenen Planktonorganismen wurden vom

Winde in solchen Mengen an die Maarufer getrieben, daß sie als breites Band und in dicker Schicht die Wasseroberfläche bedeckten." Obwohl der Meerbach und damit auch ein Teil des Abwassers von Meerfeld seit etwa 1950 um das Maar herumgeleitet werden, so zeigen die Untersuchungen von 1978, daß sich die Verhältnisse nicht gebessert haben. Am 7. Juni 1978 betrug die Sichttiefe nur 25 cm, und zwar in der Seemitte. Der Wind hatte am Westufer die auftreibenden Algen zu einem mindestens 10 m breiten, übelriechenden, undurchsichtigen Schaum zusammengeschoben. Am folgenden Tag hatte der Wind gedreht und die Schaummassen verließen über den Auslauf den See.

Das Meerfelder Maar ist derzeit in einem polytrophen Zustand. Maßnahmen zu seiner Sanierung (Kanalisation der Ortschaft Meerfeld und Kläranlagenbau) sowie zu seiner Restaurierung (OLSZEWSKI-Rohr, vgl. PECHLANER 1978) sind vorgesehen.

Das Immerather Maar

Das Immerather Maar zeichnet sich durch eine besondere Entwicklung aus. Bis ins 18. Jahrhundert dürfte es wohl ein oligotrophes Gewässer gewesen sein. Darauf weisen die Analysenwerte des Sedimentkerns hin (Tab. 3). So sind in der Sedimentzone von 70—40 cm unterhalb der Schlammoberfläche oligotrophe Eigenschaften des Maars abzulesen. Darüber erfolgt ein plötzlicher Wandel. Der Anteil an organischer Substanz steigt sprunghaft bis in einen Bereich, der für stark eutrophierte Gewässer charakteristisch ist.

Tab. 3: Chemische Beschaffenheit der obersten Sedimentschicht des Immerather Maares. Untersuchung am 11.5.1979. TS = Trockensubstanz, FS = Frischgewicht, OS = organische Substanz, HCl-lösl. = der in HCl lösliche Anteil.

Schicht (cm)	% TS in FS	% OS in TS	% HCl-lösl. in TS	% HCl-unlösl. in TS
0—10	2,5	41,3	12,3	46,5
10—20	3,7	39,1	14,9	45,9
20—30	3,7	39,3	13,5	47,2
30—40	27,6	11,4	6,2	82,3
40—50	56,9	5,5	5,2	84,3
50—60	48,5	6,8	3,7	89,6
60—70	44,2	6,5	4,3	89,2
70—76	51,7	5,8	3,8	90,4

Aus der Chronik des Ortes Immerath geht hervor, daß das Maar um 1750 durch den Maarbach abgelassen und trockengelegt wurde. Zwischen 1914—1918 verwilderte der Bach und es kam zu einem Aufstau. Später wurde der Bach so gesäubert, daß der jetzige Wasserstand verblieb und gehalten wurde. Aus diesen Vermerken der Ortschronik wird verständlich, daß THIENEMANN das Immerather Maar nicht erwähnt.

Auch wegen der geringen Tiefe hat dieses Maar eine Sonderstellung. Es ist maximal 3 m tief und hat im Gegensatz zu den anderen Maaren kein definiertes Hypolimnion. Deshalb ist der Vergleich mit den geschichteten Gewässern der Eifel etwas problematisch, denen z. B. die leichte Überführbarkeit der obersten Sedimentschichten in den Schwebezustand fehlt („Treibmudde", vgl. Untersuchungen von POLTZ 1977, 1979 an niedersächsischen Flachseen).

Das Immerather Maar ist ein polytrophes Gewässer. Dafür spricht die chemische Beschaffenheit des Sediments (Tab. 3), der sehr hohe P-Gehalt (Tab. 2, 9) und die geringe Sichttiefe (Tab. 1).

Bis vor wenigen Jahren war das Immerather Maar noch ein klares, mit submersen Wasserpflanzen reich bestandenes Gewässer. 1979 wurden höhere Wasserpflanzen nur noch vereinzelt angetroffen. Statt dessen herrschten Algenblüten vor. Wachstumsbegrenzend für die Primärproduktion dürften Licht- und Stickstoffmangel sein (Tab. 2).

Danksagung:

Einer der Autoren, Dr. SCHARF, ist im Landesamt für Gewässerkunde Rheinland-Pfalz als Referent beschäftigt und hat im Rahmen der Gewässerüberwachung Proben aus den Maaren im Laboratorium des LfG analysieren lassen. Für die Überlassung der Ergebnisse danken wir. Die Patres EWALD und VALERIUS vom Kloster Maria Laach unterstützten uns mannigfach bei der Probennahme und Literaturbeschaffung. Herr Bürgermeister KAUB aus Immerath verdanken wir die Chronik des Ortes Immerath, die Herr ANTON SARTORIUS verfaßt hatte. Familie BUNGERT aus Ulmen schenkte uns eine Chronik des Ortes Ulmen. Herr PAJONK vom Kreiswasserwerk Cochem-Zell half uns bei der Beschaffung von hydrologischen Daten über das Ulmener Maar. Herr WEILER vom Angelsportverein Meerfeld unterstützte uns bei der Probennahme auf dem Meerfelder Maar. Ihnen allen gilt unser herzlicher Dank.

Literaturverzeichnis

DEUTSCHE EINHEITSVERFAHREN ZUR WASSER-, ABWASSER- UND SCHLAMMUNTERSUCHUNG (1979): 3. Auflage, Weinheim.

HALBFASS, W. (1896): Die noch mit Wasser gefüllten Maare der Eifel. — Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. Westf., **53**: 310—335, Bonn.

LORENZ, V. & BÜCHEL, G. (1980): Zur Vulkanologie der Maare und Schlackenkegel der Westeifel. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 29—100, Bad Dürkheim/Pfalz.

MATTERNE, M. & SCHARF, B. W. (1977): Zur Eutrophierung und Restaurierung des Laacher Sees. — Arch. Hydrobiol., **80**: 506—518, Stuttgart.

OHLE, W. (1955): Ursachen der rasanten Seeneutrophierung. — Verh. Internat. Verein. Limnol., **12**: 373—382, Stuttgart.

— (1958): Typologische Kennzeichnung der Gewässer auf Grund ihrer Bioaktivität. — Verh. Internat. Verein. Limnol., **13**: 196—211, Stuttgart.

— (1959): Die Seen Schleswig-Holsteins, ein Überblick nach regionalen, zivilisatorischen und produktionsbiologischen Gesichtspunkten. — Vom Wasser, **26**: 16—41, Weinheim.

PECHLANER, R. (1978): Erfahrungen mit Restaurierungsmaßnahmen an eutrophierten Badeseen Tirols. — Österr. Wasserwirtschaft, **30**: 112—119, Wien, New York.

POLTZ, J. (1977): Bericht über die limnologische Untersuchung des Bederkesaer Sees. — Mitt. Niedersächs. Wasseruntersuchungsamt Hildesheim, **2**: 81—156, Hildesheim.

— (1979): Limnologische Untersuchungen an Flachseen in Niedersachsen. — Wasser und Boden, **31**: 343—347, Hamburg, Berlin.

SCHARF, B. W. (1980): Zur Morphometrie und Hydrodynamik der Eifelmaare. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 101—110, Bad Dürkheim/Pfalz.

SCHMIDT-RIES, H. (1954/55): Beiträge zur Physiographie der Eifelmaare. — Gewäss. Abwäss., **9/10**: 7—112, Düsseldorf.

— (1959): Untersuchungen über den Wärmehaushalt der Eifelmaare. 3. Spezielle Beobachtungen in den Bereichen des Pelagials und des Benthals. — Gewäss. Abwäss., **26**: 5—118, Düsseldorf.

STABEL, H.-H. (1980): Chemische Untersuchungen an Oberflächensedimenten einiger Eifelmaare. — Mitt. POLLICHIA, **68**: 129—136, Bad Dürkheim/Pfalz.

STEWART, K. M. & HOLLAN, E, (1975): Meromixis in Ulmener Maar (Germany). — Verh. Internat. Verein. Limnol., **19**: 1211—1219, Stuttgart.

THIENEMANN, A. (1912): Das Ulmener Maar. — Festschr. Med. Nat. Ges. Münster: 160—174, Münster.

— (1914/15): Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. — Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. Westf., **70**: 249—302 und **71**: 273—389, Bonn.

UHLMANN, D. (1975): Hydrobiologie. — 345 S., Jena (VEB G. Fischer).

UNGEMACH, H. (1960): Sedimentchemismus und seine Beziehungen zum Stoffhaushalt in 40 europäischen Seen. — Diss. Kiel.

VOLLENWEIDER, R. A. (1968): The scientific basis of lake and stream eutrophication, with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. — Technical Report to OECD, Paris DAS/CSI 68, **27**: 1—182, Paris.

WETZEL, R. G. (1975): Limnology. — 743 S., Philadelphia, London, Toronto (Saunders).

ZÜLLIG, H. (1953): Ein neues Lot zur Untersuchung der obersten Schlammschichten, zur Messung des Sedimentabsatzes und zur Erfassung bodennaher Wasserschichten. — Schweiz. Z. Hydrol., **15**: 275—384, Basel.

(Bei der Schriftleitung druckfertig eingegangen am 30. 6. 1980)

Anschrift der Verfasser:

Dr. Burkhard W. Scharf, Landesamt für Gewässerkunde, Am Zollhafen 9, D-6500 Mainz 1.
Dr. Hans-Henning Stabel, Limnologisches Institut der Universität Konstanz, Mainaustraße 212, D-7750 Konstanz-Egg.

Tab. 4: Physik. u. chem. Parameter im Gemündener Maar am 3. 4. 1979 und am 30. 8. 1979.

3. 4. 1979

Tiefe m	Temp. °C	pH	Leitfähig. mS/m	O_2 mg/l	SBV mmol/l	NH_4^+-N µg/l	NO_2^--N µg/l	NO_3^--N µg/l	Ges.-P µg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l
0	4,8	6,5	8,0	8,5	0,5	46	0	38	16	2,3	3,5	< 0,1	< 0,1
10	4,6	6,5	8,5	7,9	0,5	16	0	40	11	2,5	3,5	< 0,1	< 0,1
20	4,4	6,5	8,4	7,0	0,5	11	0	45	—	2,5	3,8	< 0,1	< 0,1
30	4,4	6,5	7,8	6,2	0,5	144	0	38	8	1,4	2,0	< 0,1	< 0,1
33	4,8	6,2	8,4	0	1,5	3266	0	22	12	1,2	3,0	3,1	1,4
36	5,0	6,3	13,0	0	3,5	8410	0	22	39	1,2	2,5	9,3	1,7
38,5	5,3	6,3	19,0	0	4,2	8904	0	25	53	3,1	7,6	33,8	5,1

30. 8. 1979

0	17,5	7,6	5,4	9,3	0,7	0	0	12	16	1,8	3,0	< 0,1	< 0,1
5	16,2	7,8	5,7	9,2	0,6	0	0	8	20	2,1	3,8	< 0,1	< 0,1
7,5	10,1	8,7	5,7	15,2	0,7	0	0	4	18	1,8	3,0	< 0,1	< 0,1
10	6,4	8,2	6,0	10,5	0,6	23	0	12	19	2,2	3,5	< 0,1	< 0,1
15	4,7	7,8	5,7	3,8	0,6	0	0	226	12	2,5	3,8	< 0,1	< 0,1
20	4,7	7,5	5,7	3,7	0,6	28	0	229	11	2,3	3,5	< 0,1	< 0,1
25	4,6	7,3	5,7	3,0	0,6	55	0	273	16	2,5	3,8	< 0,1	< 0,1
27,5	4,5	7,0	5,8	0,6	0,5	130	11	87	26	2,6	3,8	< 0,1	0,2
30	4,5	6,9	6,6	0	0,5	310	0	40	33	2,6	4,3	< 0,1	1,9
33	4,7	6,6	10,0	0	1,6	2780	0	59	19	2,8	5,0	10,4	3,6
36	4,9	6,5	15,0	0	2,8	11700	0	71	34	2,8	6,0	28,0	4,6
38,5	5,0	6,4	19,0	0	3,4	13500	0	83	30	3,1	7,5	34,4	5,0

Tab. 5: Physik. u. chem. Parameter im Laacher See am 16. 3. 1979 und am 12. 9. 1979.

16. 3. 1979

Tiefe m	Temp. °C	pH	Leitfähig. mS/m	O_2 mg/l	SBV mmol/l	NH_4^+-N µg/l	NO_2^--N µg/l	NO_3^--N µg/l	Ges.-P µg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l
0	3,4	7,4	49,0	12,4	6,5	0	3	6	42	29,6	45,0	< 0,1	< 0,1
10	3,3	7,5	50,0	12,1	6,5	0	0	18	43	29,8	41,5	< 0,1	< 0,1
20	3,3	7,5	51,0	12,2	6,5	0	0	25	43	29,5	43,5	< 0,1	< 0,1
30	3,3	7,5	51,0	11,4	6,5	0	0	6	40	31,0	42,8	< 0,1	< 0,1
40	3,3	7,5	52,0	11,2	6,5	0	1	9	42	31,7	42,3	< 0,1	< 0,1
50	3,4	7,5	52,0	10,0	6,5	0	1	18	33	23,8	35,8	< 0,1	< 0,1
52,5	3,5	—	—	8,0	6,7	—	—	—	—	—	—	—	—

12. 9. 1979

0	18,4	7,8	49,5	10,3	6,3	8	0	4	17	29,6	31,3	< 0,1	< 0,1
5	17,9	8,0	49,5	9,8	6,4	8	0	12	22	30,0	31,3	< 0,1	< 0,1
10	11,7	7,5	52,0	5,4	6,6	3	0	0	32	30,5	35,3	< 0,1	< 0,1
15	7,3	7,4	52,0	5,9	6,7	18	0	4	24	30,5	37,3	< 0,1	< 0,1
20	6,0	7,4	52,0	8,0	6,7	25	0	32	20	22,0	32,0	< 0,1	< 0,1
25	5,7	7,4	52,0	8,6	6,7	25	3	36	25	28,8	34,5	0,2	< 0,1
30	5,7	7,4	52,0	8,2	6,7	30	1	63	36	30,0	37,5	< 0,1	< 0,1
35	5,4	7,2	53,0	7,6	6,8	25	0	119	44	30,0	32,0	< 0,1	< 0,1
40	5,3	7,2	53,0	6,5	6,8	23	0	174	70	30,5	32,0	< 0,1	< 0,1
45	5,1	7,1	53,0	4,7	6,9	30	0	261	100	29,8	33,3	< 0,1	< 0,1
50	5,1	7,0	53,0	2,1	6,9	125	1	273	173	27,6	34,0	< 0,1	0,4
52	5,1	6,9	53,5	0,8	6,9	218	11	218	185	30,3	35,3	< 0,1	1,35

Tab. 6: Physik. u. chem. Parameter im Holzmaar am 10. 5. 1979 und am 16. 8. 1979

10. 5. 1979

Tiefe m	Temp. °C	pH	Leitfähig. mS/m	O_2 mg/l	SBV mmol/l	NH_4^+-N µg/l	NO_2^--N µg/l	NO_3^--N µg/l	Ges.-P µg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l
0	12,2	7,8	22,2	13,3	1,1	3	16	1207	17	7,5	15,3	< 0,1	< 0,1
4	8,6	7,4	22,5	13,3	1,1	11	10	1207	18	4,3	12,3	< 0,1	< 0,1
8	7,6	7,2	22,5	12,1	1,1	0	10	1207	15	8,2	15,3	< 0,1	< 0,1
12	6,9	7,1	23,0	10,6	1,1	0	9	1180	21	6,4	14,0	< 0,1	< 0,1
16	5,8	7,0	24,0	6,1	1,2	205	25	1055	24	7,9	14,8	< 0,1	0,2
18	5,6	6,9	24,0	3,9	1,2	433	30	921	34	9,1	16,0	< 0,1	0,6
19,5	5,6	6,8	25,0	3,7	1,5	465	29	885	47	4,6	10,0	< 0,1	0,3
16. 8. 1979													
0	18,2	9,0	22,0	10,3	1,4	4	26	3401	7	8,1	15,3	< 0,1	< 0,1
4	17,9	8,8	22,0	9,2	1,5	13	26	3363	16	10,3	16,0	< 0,1	< 0,1
8	10,2	9,0	21,5	23,0	1,4	2	16	4034	22	9,8	16,5	< 0,1	< 0,1
10	7,7	7,2	21,5	8,2	1,4	8	2	4192	15	8,2	16,0	< 0,1	< 0,1
12	6,6	7,0	22,0	1,9	1,6	20	11	4032	29	7,5	15,3	< 0,1	0,1
16	5,8	7,0	23,0	0,3	2,0	690	30	2669	27	9,7	18,0	< 0,1	1,0
18,5	5,8	7,0	25,0	0,3	2,0	1600	4	1602	59	9,0	18,0	0,4	2,0

Tab. 7: Physik. u. chem. Parameter im Schalkenmehrener Maar am 4. 4. 1979

Tiefe m	Temp. °C	pH	Leitfähig. mS/m	O_2 mg/l	SBV mmol/l	NH_4^+-N µg/l	NO_2^--N µg/l	NO_3^--N µg/l	Ges.-P µg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l
0	4,5	7,3	32,0	10,6	3,6	0	0	81	29	14,6	19,3	< 0,1	< 0,1
5	4,5	7,4	31,0	10,4	3,5	0	0	80	36	7,8	13,0	< 0,1	< 0,1
10	4,5	7,4	31,5	10,1	3,5	0	0	80	36	8,0	15,5	< 0,1	< 0,1
15	4,5	7,4	30,0	9,7	3,5	9	0	80	35	15,0	19,0	< 0,1	< 0,1
18	4,4	7,2	30,0	7,8	3,6	28	0	82	28	15,7	19,0	< 0,1	0,1
21	4,2	7,1	33,0	1,6	4,4	381	43	61	66	11.8	20,5	< 0,1	0,9

Tab. 8: Physik. u. chem. Parameter im Ulmener Maar am 18. 5., 9. 8. und 25. 10. 1979.

18. 5. 1979

Tiefe m	Temp. °C	pH	Leitfähig. mS/m	O_2 mg/l	SBV mmol/l	NH_4^+-N µg/l	NO_2^--N µg/l	NO_3^--N µg/l	Ges.-P µg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l
0	15,3	7,2	25,0	10,1	0,8	0	3	40	—	7,3	16,7	< 0,1	< 0,1
5	7,9	7,1	22,0	8,5	0,8	0	2	676	—	8,1	16,7	0,3	< 0,1
10	4,7	7,0	27,5	6,0	0,8	0	3	1096	—	7,4	16,5	0,4	< 0,1
15	4,1	6,9	26,5	4,9	0,8	0	1	874	27	8,6	17,0	0,4	< 0,1
20	3,6	6,8	26,5	2,8	1,5	0	0	791	23	8,3	17,7	0,4	< 0,1
25	3,7	6,8	23,0	0,4	1,4	30	3	574	28	9,2	18,0	0,4	0,3
30	4,4	6,7	28,7	0	1,7	1060	0	115	30	9,4	18,0	0,8	5,0
33,5	4,8	6,8	34,0	0	4,0	3360	0	123	72	9,9	21,7	25,5	8,2

9. 8. 1979

0	19,7	9,5	24,0	11,9	1,0	0	4	269	88	9,7	17,3	<0,1	< 0,1
5	14,9	6,9	24,0	9,6	1,0	0	2	415	32	9,0	16,5	<0,1	< 0,1
7,5	5,8	6,8	23,5	3,2	0,8	0	0	989	34	9,0	16,5	<0,1	< 0,1
10	4,5	6,8	24,0	2,9	1,0	0	0	949	31	5,9	15,3	<0,1	< 0,1
15	4,3	6,7	23,5	2,9	1,2	0	0	930	37	6,8	14,8	<0,1	< 0,1
20	3,7	6,8	25,0	1,5	1,0	0	0	858	34	6,5	15,3	<0,1	< 0,1
25	3,7	6,8	26,0	0,5	1,0	152	26	388	43	9,9	18,5	0,3	0,6
30	4,1	7,0	27,0	0	2,0	1740	2	119	67	10,2	19,8	2,4	5,0
35	4,7	7,0	35,0	0	5,2	11460	0	146	53	11,0	25,5	61,0	10,2

25. 10. 1979

0	10,6	7,4	24,5	7,1	1,4	20	14	202	57	9,4	16,5	< 0,1	< 0,1
5	10,3	7,4	25,0	7,3	1,3	35	14	194	52	9,3	16,5	< 0,1	< 0,1
10	4,8	7,3	24,0	1,6	0,9	28	0	969	104	8,9	16,0	0,3	< 0,1
15	4,5	7,3	24,0	1,4	1,0	43	0	870	49	9,0	16,5	0,4	0,1
20	3,8	7,2	26,6	0	1,0	28	6	601	42	9,2	16,0	0,3	0,2
25	3,9	7,2	27,0	0	1,3	535	0	75	47	9,4	17,3	0,1	2,1
27,5	4,1	7,2	27,5	0	1,9	1175	0	87	68	9,7	17,8	1,7	3,8
30	4,4	7,1	29,0	0	2,3	3165	1	107	88	9,8	18,5	7,6	5,9
32	4,6	7,0	35,0	0	4,6	9075	3	123	74	10,7	22,5	39,6	9,2
33	4,7	6,9	37,0	0	5,4	11750	3	146	44	10,8	23,0	58,5	10,6

Tab. 9: Physik u. chem. Parameter im Immerather Maar am 11. 5. 1979 und am 22. 8. 1979.

11. 5. 1979

Tiefe m	Temp. °C	pH	Leitfähig. mS/m	O_2 mg/l	SBV mmol/l	NH_4^+-N µg/l	NO_2^--N µg/l	NO_3^--N µg/l	Ges.-P µg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l
0	12,7	9,1	52,5	17,6	5,0	0	0	5	240	13,0	15,5	< 0,1	< 0,1
1	10,3	9,0	53,0	13,3	5,1	0	0	3	200	12,6	15,0	< 0,1	< 0,1
2	9,7	—	—	10,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—

22. 8. 1979

0	17,4	9,0	63,0	12,0	6,1	0	0	12	134	15,4	12,5	< 0,1	< 0,1
1	17,3	9,1	63,0	11,4	6,1	0	0	12	350	14,8	12,3	< 0,1	< 0,1
2	17,2	9,1	57,0	9,1	6,0	0	0	12	170	15,2	12,3	< 0,1	< 0,1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: 68

Autor(en)/Author(s): Scharf Burkhard W., Stabel Hans-Henning

Artikel/Article: Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers der Eifelmaare 111-128