

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und
Westfalens

Neue physiographische Daten der Eifelmaare - mit 4 Tabellen und 7
Abbildungen

Brück, Heinz

1985

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im
Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten
Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-191045](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-191045)

Neue physiographische Daten der Eifelmaare

Heinz Brück

(Unter Mitarbeit von Werner Hölters, Rheinische Akademie e. V. Köln)

Mit 4 Tabellen und 7 Abbildungen

(Eingegangen am 22. 6. 1984)

Kurzfassung

Die Maarseen der Eifel, Gewässer mit ähnlicher Entstehung, jedoch zum Teil unterschiedlicher Morphologie, weisen bezüglich ihrer hydrographischen Charakteristik unterschiedliche Eigenschaften auf. So bestätigt sich die zu Anfang dieses Jahrhunderts getroffene Gliederung in tiefe oligotrophe und flache eutrophe Seen nur noch in Grundzügen. Eine anthropogen beschleunigte Sukzession der Maare durch einen erhöhten Nährstoffeintrag – hauptsächlich anorganische Stickstoffverbindungen und Phosphat – wird durch den Vergleich der Sauerstoffprofile der Sommerstagnation 1983 mit Befunden der Jahre 1913 und 1952 bis 1955 deutlich. Weitere physiographische Parameter werden diskutiert.

Abstract

The Maar-lakes of the Eifel, waters with a similar origin but partly with a different morphology, differ concerning their hydrographic characterization. So the division made at the beginning of our century in deep and oligotrophic as well as shallow and eutrophic ones is confirmed in fundamentals only. A Maar-evolution accelerated by human influence, visible in an increased amount of mineral salts – mainly compounds of nitrogen and phosphorus – is made clear by a comparison of the oxygen curves made during summer stagnation 1983 with those made in the years 1913 and 1952 until 1955. Further hydrographic parameters are discussed.

1. Einleitung

Die Maare der Eifel, jene bedeutenden Zeugen des jüngeren Vulkanismus nördlich der Alpen, haben seit Beginn des letzten Drittels des vorigen Jahrhunderts Naturwissenschaftler unterschiedlicher Provenienz, namentlich Geologen, Paläontologen, Botaniker, Zoologen und Hydrologen zu Beschreibungen und Untersuchungen angeregt. Der Bekanntheitsgrad der Maare und das Interesse für diese, dem Betrachter den Eindruck von in sich abgeschlossenen Welten vermittelnden Binnengewässern stieg wahrscheinlich mit dem Erscheinen des „Geognostischer Führer zu der Vulkanreihe der Vorder-Eifel“ (von DECHEN 1861), so daß wenige Jahre nach der zweiten Auflage 1886 HALBFASS (1896) erste vollständige Angaben über Höhenlage, Größe, Böschungswinkel, Tiefe und Inhalt der Maare veröffentlichte, die noch heute Gültigkeit besitzen. Für HALBFASS (1896) waren die Maare „geradezu ideale Versuchsbecken für Temperaturmessungen im Wasser“.

Hatte schon ZACHARIAS (1888a, b, 1889) systematische Vergleiche zwischen der Besiedlung der Maare und der ähnlicher Gewässer aufgezeigt, so waren es vornehmlich THIENEMANN'S Untersuchungen hydrographischer (THIENEMANN & VOIGT 1910, THIENEMANN 1912b, 1913c, 1914) sowie hydrobiologischer Natur (THIENEMANN 1910, 1911a, b, 1912a, b, 1913a, b, 1915, 1917a, b), die die Eifelmaare zu wesentlichen Forschungsobjekten der Limnologie machten und, dank ihrer physiographischen Einheitlichkeit und Übersichtlichkeit, wesentliche Erkenntnisse als Beitrag zur Seetypenlehre ermöglichten (THIENEMANN 1925, 1926, 1928, 1950, 1954, 1955).

So konnten die tiefen Maare hinsichtlich ihres Gesamtstoffhaushaltes als oligotroph, die flachen als eutroph und die Maarmoores als dystroph gekennzeichnet werden. Unterschiede in der Besiedlung durch Chironomidenlarven festigten diese Einteilung in tiefe, nährstoffarme *Tanytarsus*- und flache, nährstoffreiche *Chironomus*-Maare.

Standen in den Anfangsjahren limnologischer Forschung grundsätzliche Erkenntnisse einer Gewässererkennzeichnung der Maare im Vordergrund, so wären kontinuierliche Untersuchungen über den Verlauf von Jahren wünschenswert gewesen. Erst SCHMIDT-RIES (1954/55a, b, 1956, 1958, 1959a, b, SCHMIDT-RIES & MEISENBURG 1956) realisierte neue systematische physiographische Analysen. Eine ständige Untersuchung in regelmäßigen Abständen unterblieb jedoch.

Die Darstellungen von SCHMIDT-RIES (1954/55b) deuten auf eine Gewässersukzession, da in einigen Maaren eine Verschlechterung der Verhältnisse im Vergleich zu THIENEMANN (1913c, 1914) beobachtet wurde. Wenn auch die Maare in den fünfziger Jahren noch „als abgeschlossene Systeme in der kargen Landschaft der Vulkaneifel“ beschrieben wurden, in der die Landschaftsgestaltung von damals (um 1907, Bezug auf KOERNICKE & ROTH 1907) nicht wesentlich anders war als um 1950 (SCHMIDT-RIES 1954/55b), so erweist sich das einmal Gesagte schon nach einer Generation als nur noch bedingt gültig. Zwar ist die industrielle Entwicklung im Sinne einer Ballung an der Eifel vorbeigegangen, die hier vorherrschende Landwirtschaft mit ihren veränderten und verbesserten Methoden begünstigt jedoch die negative Beeinflussung limnischer Systeme. Des weiteren ist die Eifel, nicht weit entfernt von den Ballungsräumen an Rhein und Ruhr, das Ziel von Nahtourismus, der auf Gewässer ebenfalls ungünstig wirken kann.

Grundsätzlich ist die Entwicklung eines stehenden Gewässers – u. a. abhängig von seiner Tiefe und der Nährstoffeintragung – zur Verlandung ein natürlicher Vorgang, der sich ohne das Zutun des Menschen allerdings in geologischen Zeiträumen abspielte. Die Gegenwart beweist jedoch eindrücklich an Beispielen (Bodensee, Großer Plöner See, Zürichsee und andere, Literaturzusammenfassung in SCHMIDT 1978), daß, bedingt durch anthropogene Einflußnahme, der Verlandungsprozeß erheblich beschleunigt werden kann. In diesem Zusammenhang ist es von Bedeutung, stehende Gewässer nicht mehr als abgeschlossene Systeme sondern als ökologische Einheiten mit der Umgebung aufzufassen (OHLE 1971). Nämlicher Erkenntnis zufolge erscheint die Einrichtung kleinflächiger Landschaftsschutz- und Naturschutzgebiete, die schon am Gewässerrand enden, als wenig sinnvoll.

Unter Berücksichtigung der erwähnten Überlegungen ist es naheliegend, daß auch die Eifelmaare einer beschleunigten Sukzession unterliegen. Obwohl die Klassifizierung eines Gewässers ausschließlich nach abiotischen Faktoren problematisch erscheinen mag, ist die Ermittlung physiographischer Daten im Hinblick auf eine zukünftige Gesamtbewertung erforderlich. Da eine gleichzeitige Gesamtbearbeitung aller Maare nicht möglich erscheint, läßt sich über die physiographischen Daten eine Vorauswahl in Bezug auf unterschiedliche Seetypen treffen.

Faunistisch sind die Maare gut – allerdings nicht vollständig – untersucht (eine Literaturzusammenfassung gibt KRAMER 1968). Floristisch finden sich Angaben über die höhere Vegetation, so z. B. bei KOERNICKE & ROTH (1907), HAHNE (1910), RAHM (1921, 1923), SCHWICKERATH (1938, 1963), STRAKA (1953) und LAVEN & THYSSEN (1959), sowie Analysen der Diatomeen (Plankton und Periphyton), gesammelt 1942 von UTERMÖHL und 1943 von THIENEMANN, ausgewertet und publiziert von HUSTEDT (1954). Hiernach sind sämtliche untersuchten Maare *Cyclotella*-Seen ohne jegliches Vorkommen pelagischer *Melosira*-Arten. SCHARF (1977, 1979, 1982a, b, c,) untersuchte die Algenflora einiger Maare, im speziellen die Desmidiaceen.

In vorliegender Arbeit steht neben der Thermik und der Optik der Stoffhaushalt der Maare im Vordergrund, hierin der Gashaushalt (Sauerstoff und Kohlendioxid sowie Schwefelwasserstoff), außerdem eutrophierende anorganische Substanzen (hauptsächlich Stickstoffverbindungen und Phosphat). Untersuchungen über die normale mineralische Zusammensetzung der Maarwässer wurden nicht durchgeführt, da sie keine über die Angaben von THIENEMANN (1913c, 1914) und SCHMIDT-RIES (1954/55b) hinausgehenden Schlüsse erwarten lassen.

Eine Entwicklungsanalyse ist nur dann sinnvoll, wenn Vergleichsdaten vorliegen. Aus diesem Grund ist auf die Befunde der Voruntersucher – wenn jahreszeitlich kompatibel – grundsätzlich Bezug genommen.

2. Untersuchungsobjekte und Methoden

2.1. Beschreibung der Maarseen

Im Zeitraum von August bis Oktober 1983 wurden alle mit Wasser gefüllten Maare untersucht. Tab. 1 enthält die Angaben bezüglich Meereshöhe, Länge, Breite, Umfang, Fläche, Tiefe und Volumen. Zum Alter der Maare vergleiche FRECHEN & STRAKA (1950), STRAKA (1959) sowie ERLKENKEUSER et al. (1972). Letztere Verfasser geben außerdem eine Übersicht über weitere, bereits stark verlandete oder vom Menschen veränderte Maare, die in die Untersuchung nicht einbezogen wurden. Da einige Maare mehrere (landläufige) Namen tragen, werden diese in Klammern angeführt. Die Beschreibung erfolgt in der Reihenfolge von Ost nach West, beginnend im Norden.

(1) Laacher See (TK 25 5509)

Tiefes Maar, Doppelmaar, größtes Eifelmaar, 10 km WSW von Andernach, 10 km NNE von Mayen. Bekannt durch die Benediktinerabtei Maria Laach. Absenkung des Wasserspiegels in der Zeit von 1152 bis 1184 um ca. 3 m (Stollen in S zum Betreiben einer Wassermühle) und 1842–1844 um 6,5 m. Die früheren Seegrenzen werden von MIEGEL (1963) dargestellt. Nach THIENEMANN (1913c) eine Quelle in Ufernähe (WSW); der Beller Wiesenbach soll vor seiner Einmündung in das Maar versiegen, nach SCHMIDT-RIES (1954/55b) ist nämlich der Bach einziger Zufluß. Bemerkenswert sind Kohlensäureaustritte (Mofetten) in N in der Nähe der Straße nach Wassenach sowie in ESE an der Alten Burg (Jägerspitze), hier nach Beobachtungen des Verfassers in 3 bis 5 m Tiefe und mit zum Teil starker Schüttung (HOMANN 1968a, b).

Die Pflanzengesellschaften des Litorals werden von LAVEN & THYSSEN (1959), die u. a. Angaben von RAHM (1923) benutzen, sowie MIEGEL (1963) beschrieben. Im Gegensatz zu den Befunden des letzteren Verfassers ist heute der Röhrichtgürtel im westlichen bis südlichen (flachen) Seeteil (nach MIEGEL 1981 der eutrophe Seeteil) sowie submerse Zone und unterseeische Wiesen stark ausgebildet. *Myriophyllum* erreicht im Frühherbst eine Länge

MAAR	MEERES- HÖHE (m)	GRÖSSTE LÄNGE (m)	GRÖSSTE BREITE (m)	UMFANG (m)	FLÄCHE (m ²)	GRÖSSTE TIEFE (m)	INHALT (10 ³ m ³)
LAACHER SEE	276	2350	1875	7380	3312000	53	1075040
ULMENER MAAR	420	325	225	925	53500	37	978
JUNGFERN- WEIHER	432	800	300	1750	188000	?	?
SCHALKENMEH- RENER MAAR	420	575	500	1775	216000	21	2457
WEINFELDER MAAR	484	525	375	1525	168000	51	4314
GEMÜNDENER MAAR	407	325	300	975	72000	38 ¹⁾	1328
IMMERATHER MAAR	364	250	200	750	36000	?	?
PULVERMAAR	411	675	650	2250	350000	74 ²⁾	13170
HOLZMAAR	425	325	250	1100	68000	21	642
MEERFELDER MAAR	334	750	450	2000	242500	17	2042
WINDSBORN- MAAR	468	150	100	450	13000	1,75 ³⁾	13

Tabelle 1. Die Größen- und Tiefenverhältnisse der Eifelmaare. Werte zum Teil nach HALBFASS (1896).

1) nach HOMANN (1968a) 40,4 m.

2) nach UTERMÖHL aus HUSTEDT (1954) 76 m.

3) nach SCHMIDT-RIES (1954/55a).

von mehr als 6 m. Der Anteil von *Nymphaea* und *Nuphar* ist in den letzten Jahren zurückgegangen. Nach MIEGEL (1981) soll der östliche und nördliche Seebereich als oligotroph zu bezeichnen sein.

Nutzung des Umlandes: Wald, Landwirtschaft, Tourismus (Hotel, Parkplätze, Campingplatz usw.)

Gewässernutzung: Ruderbootverleih, Segeln, Fischerei, Abwassereinleitung? Die sportliche Nutzung des Sees wurde nach den „Laacher See-Konferenzen“ 1979 und 1980 zum Teil eingeschränkt.

(2) **Ulmener Maar** (TK 25 5707)

Tiefes Maar, direkt am Ort Ulmen gelegen, mit dem nördlich gelegenen Jungferweiher durch einen Kanal verbunden und durch diesen gespeist. Aus diesem Grund teilweiser Verlust der ursprünglichen Eigenschaften. Nach THIENEMANN (1912b, 1914), der auch die Geschichte des Maars beschreibt, zwei Quellen in NE und ENE, ein künstlicher, heute noch bestehender Abfluß in ESE. Die Böschung ist sehr steil, deswegen vegetationslos über und unter der Wasserlinie. Der Kraterrand ist zum großen Teil bewaldet. Nach THIENEMANN (1914) und SCHMIDT-RIES (1954/55b) sowie SCHMIDT-RIES & MEISENBURG (1956) soll das Tiefenwasser sehr salz- und gashaltig sein, was auf Quellenaustritte in der Maartiefe schließen lassen könnte. Hierauf wird später eingegangen werden.

Nutzung des Umlandes: Ortsbereich, Wald.

Gewässernutzung: Fischerei, Bootsverleih.

(3) **Jungferweiher** (Jungferweiher, großer Weiher, TK 25 5707)

Nördlich des Ulmener Maars, früher wohl ein flaches Maar mit wenig erhöhten Kraterrändern, stark verlandet. In W bis N von Neubauten des Ortes Ulmen umgeben.

Nutzung des Umlandes: hauptsächlich Wiesen, Industriegebiet in der Nähe.

Gewässernutzung: Fischerei.

(4) **Schalkenmehrener Maar** (TK 25 5807)

Flaches Maar, Doppelmaar, Flachmoor im Ostkessel (parasitärer Krater). Röhrichtgürtel von WNW bis SE in unterschiedlicher Stärke. In S direkt von der Ortschaft Schalkenmehren begrenzt. Nach THIENEMANN (1913c) zwei Quellen in SW, eine in NNE, ein Zufluß in SSE.

Nutzung des Umlandes: Ortsbereich, Landwirtschaft, Tourismus.

Gewässernutzung: das Maar wird verhältnismäßig stark genutzt (Campingplatz in direkter Ufernähe, Bootsverleih, Schwimmbad, Abwassereinleitung?) Zur Untersuchungszeit (August) waren ca. fünfzig Surfer sowie zehn Ruderboote auf dem Wasser.

(5) **Weinfelder Maar** (Totenmaar, TK 25 5807)

Tiefes Maar, 2,5 km SE von Daun, 1 km NNE vom Schalkenmehrener Maar, ohne Zu- und Abfluß. Von THIENEMANN (1928) als „Typikum für ein oligotrophes Gewässer“ gekennzeichnet. Wegen der Steilheit der Böschung und des noch relativ nährstoffarmen Charakters an keiner Stelle ein zusammenhängender Röhrichtgürtel, lediglich wenige Einzelpflanzen. In NW bis SE schwach bewaldet, sonst Grasland mit Besenginster, Wacholder und Ebereschen.

Nutzung des Umlandes: keine.

Gewässernutzung: außer Fischerei keine erkennbar.

(6) **Gemündener Maar** (TK 25 5807)

Tiefes Maar, ca. 2 km S von Daun, in einem tiefen Kessel gelegen, der bis auf einen schmalen Randstreifen vollständig bewaldet ist. Zwei Quellen in NE und E. Kein Röhrichtgürtel, wenige Einzelpflanzen.

Nutzung des Umlandes: großer befestigter Parkplatz, Bewirtschaftung, Schwimmbad mit Liegewiese.

Gewässernutzung: bezogen auf die Größe stark, Fischerei, Schwimm- und Bootsbetrieb, Abwassereinleitung?

(7) Immerather Maar (Immerath-Strotzbüschener Maar, Strotzbüschener Maar, TK 25 5807)

Von THIENEMANN (1913c, 1914) nicht erwähnt. Ca. 1 km S von Immerath, 1,5 km WNW von Strotzbüsch. Von SCHMIDT-RIES (1954/55b) wird als eigentliches Immerather Maar der nur noch feuchte Wiesenbereich in N des Ortes Immerath genannt. Flaches Maar, Tiefe nicht bekannt, nach einer mündlichen Mitteilung von UTERMÖHL & HUSTEDT „nur noch eine Pfütze“, von HUSTEDT (1954) als eutroph bezeichnet. Ein Abfluß in SE, der in den Ueßbach mündet. Die Litoralzone ist schwach entwickelt, Weidengebüsche im Wasser. Das Maar liegt sehr versteckt, die Hänge sind von W bis E dicht bewaldet, in NE Trockenrasen.

Aus organisatorischen Gründen konnte kein Tiefenprofil erstellt werden. Am Tag der Probennahme, die am westlichen Ufer an der Oberfläche erfolgte, fanden sich in SW bis W die Reste einer sehr starken Algenblüte, deren Determination allerdings nicht mehr möglich war.

Nutzung des Umlandes: geringer Anteil von Viehweide, sonst keine erkennbar.

Gewässernutzung: nicht erkennbar, Fischerei?

(8) Pulvermaar (TK 25 5807)

Tiefstes natürliches Binnengewässer Mitteleuropas außerhalb des Alpenbereichs, Tiefe 74 m. Name von der schwarz-grauen, sehr feinen Vulkanasche, die nach den Beobachtungen des Verfassers fast ohne organische Beimengung den Bodenbereich bis in die Tiefenzone darstellt. Ca. 1,5 km E von Gillenfeld. Eine Quelle in E, abflußlos. Bis auf einen kleinen Hangsektor in N (Trockenrasen mit Besenginster) sind die Kraterländer bewaldet.

Nutzung des Umlandes: großer Campingplatz in direkter Ufernähe, Parkplatz, Schwimmbad.

Gewässernutzung: Fischerei, Wassersport, Bootsbetrieb.

(9) Holzmaar (TK 25 5807)

Flaches Maar, ca. 2 km SW von Gillenfeld. Nach THIENEMANN (1913c) eine Quelle in N, ein Zufluß in W, ein Abfluß in S, der durch einen Damm gestaut ist. Das Ufer ist mit Röhricht nur spärlich bestanden, die submerse Zone ist stärker ausgeprägt. Der flache gestaute Südtteil weist eine größere Verlandungszone auf. Die Hänge sind von W bis S bewaldet.

Nutzung des Umlandes: geringer Anteil an Landwirtschaft. Das Maar wurde einer touristischen Nutzung vor einigen Jahren durch Unterschutzstellung (NSG) weitgehend entzogen.

Gewässernutzung: Fischerei.

(10) Meerfelder Maar (TK 25 5806)

Flaches Maar, ca. 0,5 km N von Meerfeld. Eine Quelle in SSW, mehrere Zuflüsse aus den Wiesen zwischen der Gemeinde und dem See, ein Abfluß in SE, der in den Meerbach mündet. Der Wasserstand wurde im vorigen Jahrhundert um ca. 2 m abgesenkt. Höhere Pflanzen finden sich als Röhricht vereinzelt, in SE jedoch ein sehr großer Verlandungsgürtel, vorgelagert sind Teppiche von *Nymphaea*. Nach Auskunft von Anwohnern wurden gewässerbauliche Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität durchgeführt. Wie die Untersuchungen zeigen, steht ein Erfolg jedoch in Frage.

Nutzung des Umlandes: Landwirtschaft, Tourismus.

Gewässernutzung: Fischerei, Badebetrieb, Abwasserinleitung?

(11) Windsbornmaar (Windsborn, Mosenbergmaar, Mosenberger Maar, Bettenfelder Maar, nach von DECHEN (1861) früher auch Wanzenboden oder Wanzenborn, TK 25 5806)

Kein eigentliches Maar im engeren Sinne, sondern ein Kratersee des Mosenbergvulkans, von THIENEMANN (1913c, 1914) nicht erwähnt, nach von DECHEN (1861, 1886) ein Hochmoor mit einer Torfmächtigkeit von 7,5 m war. Austorfung (anscheinend bis zur Gyttja) nach Entwässerung mittels eines Grabens. Nach Verfall desselben füllte sich die Hohlform wieder mit Niederschlagswasser. Nach SCHMIDT-RIES (1954/55a) beträgt die Maximaltiefe 1,75 m, als mittlere Tiefe ist wohl 1 m anzusetzen. Zu- und abflußlos. Das Betreten des unmittelbar an die Wasserfläche grenzenden Ufers ist durch starke Schwingrasenbildung

nicht ungefährlich. Auffallend ist ein hohes Vorkommen von *Potamogeton natans* (zusammenhängende Teppiche) sowie das Auftreten von *Menyanthes trifoliata*, das einen mesotrophen Zustand zu indizieren scheint. Am Tag der Probenahme (Oktober, am NW-Ufer) fiel im Wasser eine hohe Konzentration von *Characium obtusum* (Mooralge, Chlorophyceae), von *Gymnodinium* (Pyrrhophyceae) begleitet, auf.

Das Windsbornmaar, das ca. 1 km E von Bettenfeld gelegen ist, ist zum überwiegenden Teil von steilen bewaldeten Hängen umgeben.

Nutzung des Umlandes: keine erkennbar (NSG).

Gewässernutzung: ebenfalls nicht erkennbar.

2.2. Die Maarmoores

In der ursprünglichen Absicht, ebenfalls die Maarmoores der Eifel zu untersuchen, wurden drei Moore aufgesucht. Diese erwiesen sich allerdings als wasserlos, so daß eine Probenahme unterbleiben mußte. Im folgenden sei eine kurze Beschreibung angeführt.

(1) Hinkelsmaar (TK 25 5806)

Ca. 0,25 km nördlich des Windsbornmaars. Nach von DECHEN (1861) bis 1840 mit Wasser gefüllt, danach entwässert und ausgetorft. Heute ein mesotrophes Flachmoor ohne Baumbewuchs. Die Vegetation wurde von STRAKA (1959) beschrieben.

(2) Dürres Maar am Holzmaar (Dürres Määschen a. H., TK 25 5807)

Ca. 0,5 km NW vom Holzmaar. Hochmoorbildung, von SCHWICKERATH (1938, 1963) sowie von HUMMEL (1949) pflanzensoziologisch erfaßt. Lagg-Gürtel periodisch, zur Besuchszeit trocken, Wasserführung konnte im April 1981 (Lagg in S bis SW bis zu 20 Metern breit) beobachtet werden. HUMMEL (1949) beschreibt ein Einzelexemplar von *Pinus silvestris* (vielleicht var. *turfosa* (GARCKE 1972), obwohl größer als 2 Meter) auf der Moorfläche. Neben diesem Baum wachsen heute mit Ausnahme des Zentrums viele (mehr als Hundert) Kiefern und Fichten auf der Fläche. Ein Weidengebüsch in E ist stark entwickelt. Bedingt durch die landwirtschaftliche Nutzung bis an die Moorgrenze heran muß ein weiteres Austrocknen – auch durch die Zunahme des Baumbestandes – befürchtet werden.

(3) Dürres Maar am Römerberg (Dürres Määschen a. R., TK 25 5807)

Das früher auch Strohnner Maar genannte Moor wurde von SCHWICKERATH (1938, 1963) pflanzensoziologisch untersucht. Hochmoorvegetation ohne Baumbestand, von *Sphagnum*, *Eriophorum*, *Andromeda* sowie *Vaccinium oxycoccus* geprägt. SCHMIDT-RIES (1954/55a) beschreibt das langsame Verschwinden des Lags. Zur Untersuchungszeit war das Moor trockenen Fußes zu betreten.

Es erscheint angeraten, beide Maarmoores durch geeignete Maßnahmen in ihrer Schutzwürdigkeit zu erhalten.

2.3. Methodik

Mit Ausnahme des Windsbornmaars, des Immerather Maars und des Jungfernweiher, deren Ergebnisse in den physiographischen Einzelcharakteristiken besprochen werden, wurden von allen Maaren Vertikalprofile aufgenommen. Dabei wurden folgende Verfahren angewandt:

- Wasserprobe mittels RUTTNER-Schöpfer;
- Sichttiefe nach SECCHI,
- Strahlung: Photoelement mit einer relativen spektralen Empfindlichkeit von 575 ± 75 nm;
- Temperatur: elektrisches Widerstandsthermometer, Thermometer des RUTTNER-Schöpfers;
- Sauerstoff: nach WINKLER. Sauerstoffsättigung unter Zugrundelegung der Tabelle von TRUESDALE, DOWNING & LOWDEN, auf Ortshöhe korrigiert (aus SCHWOERBEL 1980);
- Freies Kohlendioxid: Titration mit NaOH gegen Phenolphthalein;

- Wasserstoffionenkonzentration: elektrisches pH-Meter;
- Trübung: spektrophotometrisch bei 450 nm (Formazin-Trübungs-Einheit);
- Leitfähigkeit: Leitfähigkeitselektrode, Meßwerte auf 20°C korrigiert. Die Leitfähigkeit dient zur Berechnung des Gesamtelektrolytgehaltes;
- Ammonium: NESSLERS Reagenz, spektrophotometrisch;
- Nitrit: Diazotierungsreaktion mittels Sulfanilsäure und α -Naphthylamin, spektrophotometrisch;
- Nitrat: Cadmiumreduktion, spektrophotometrisch;
- o-Phosphat: als Phosphormolybdänblau, spektrophotometrisch;
- Chlorid: nach MOHR;
- Sulfat: Trübungsmessung, spektrophotometrisch;
- Gesamthärte: komplexometrisch; die Angabe erfolgt in °d sowie in mmol/l Erdalkalitionen (MERCK).

3. Ergebnisse und Auswertungen

3.1. Die Strahlungsverhältnisse

Grundlage aller Lebensvorgänge in einem Gewässer ist die auf die Wasseroberfläche treffende und in die Wassersäule eindringende Strahlung (Sonnenstrahlung und diffuses Himmelslicht). Sie ermöglicht den photoautotrophen Pflanzen (Phytoplankton, Periphyton, benthische Algen und Phanerogamen) die Photosynthese, den Heterotrophen (Bakterien, Zooplankton, Zoobenthon und größere Wassertiere) die Existenz als Glieder von Konsumenten- und Mineralisationsnetzen. In reziproker Weise beeinflusst jedoch pflanzliche und tierische Existenz die Tiefe des Eindringens der Strahlung und verdeutlicht so die wechselseitigen Abhängigkeiten biotischer und abiotischer Faktoren.

Abb. 1 zeigt die Strahlungsverhältnisse in den Eifelmaaren. Die tiefen Maare Pulvermaar, Weinfelder Maar und Laacher See besitzen die größte Strahlungsdurchlässigkeit. Selbst in 20 m Tiefe ist noch ein meßbarer Strahlungsanteil vorhanden. Die prozentualen Restlichtanteile in 10 m Tiefe bezogen auf die Oberflächenstrahlung betragen: Pulvermaar 6,1%, Weinfelder Maar 3,6%, Laacher See 5,5%. Obwohl Gemündener und Ulmener Maar zu den tiefen Maaren zählen, zeigen sie hinsichtlich der Transparenz Ähnlichkeiten mit den flachen Seen, in denen die Strahlungsextinktion weitaus früher eintritt. So ist mit Ausnahme des Gemündener Maars (0,5%) und des Schalkenmehrener Maars (0,7% Restlicht in 10 m Tiefe) in genannter Tiefe kein Licht mehr vorhanden.

Für diesen Befund können drei Gründe ausschlaggebend sein:

- die flachen Maare (einschließlich Gemündener und Ulmener Maar) weisen eine höhere Wassertrübung (allochthones mineralisches oder organisches Material) auf;
- bedingt durch Huminsäuren zeigen sie eine Braunwasserfärbung;
- die Konzentration des Phyto- bzw. Zooplanktons übersteigt die der tiefen Maare.

Da während des Untersuchungszeitraums eine längere Schönwetterperiode herrschte, kann die Einschwemmung von Trübungsstoffen durch den Regen ausgeschlossen werden. Des weiteren ist eine nichtsedimentierende scheinbare Trübung durch Huminstoffe mit Ausnahme des Windsbornmaars in keinem der untersuchten Gewässer nachweisbar.

Schon THIENEMANN (1913c, 1928) unterstrich, daß zwischen den tiefen und flachen Maaren bedeutende Unterschiede in den Planktonmengen auftraten. Während die tiefen Seen als sehr (das Weinfelder Maar sogar als extrem) planktonarm charakterisiert wurden, waren die flachen planktonreich. Ähnliche Feststellungen traf SCHMIDT-RIES (1954/55b). Die Planktondichte der flachen Maare scheint somit für die relativ geringe Strahlungstransparenz verantwortlich zu sein. Die Befunde von Gemündener und Ulmener Maar sind in diesem Zusammenhang zu sehen, da die genannten Gewässer von der ursprünglichen Oligotrophie entfernt sind.

Eine gewisse Übereinstimmung zeigt sich zwischen der Strahlungsdurchlässigkeit und der Sichttiefe (Abb. 1). Erreichen die tiefen Maare durchweg Werte von 5 m und mehr, so weisen die flachen (einschließlich Gemündener und Ulmener Maar) solche von weniger als 2 m auf. Der Vergleich mit den Messungen von THIENEMANN (1913c) aus den Jahren 1910–1912 (jeweils August) verdeutlicht zwar eine qualitative Ähnlichkeit, in gleichem

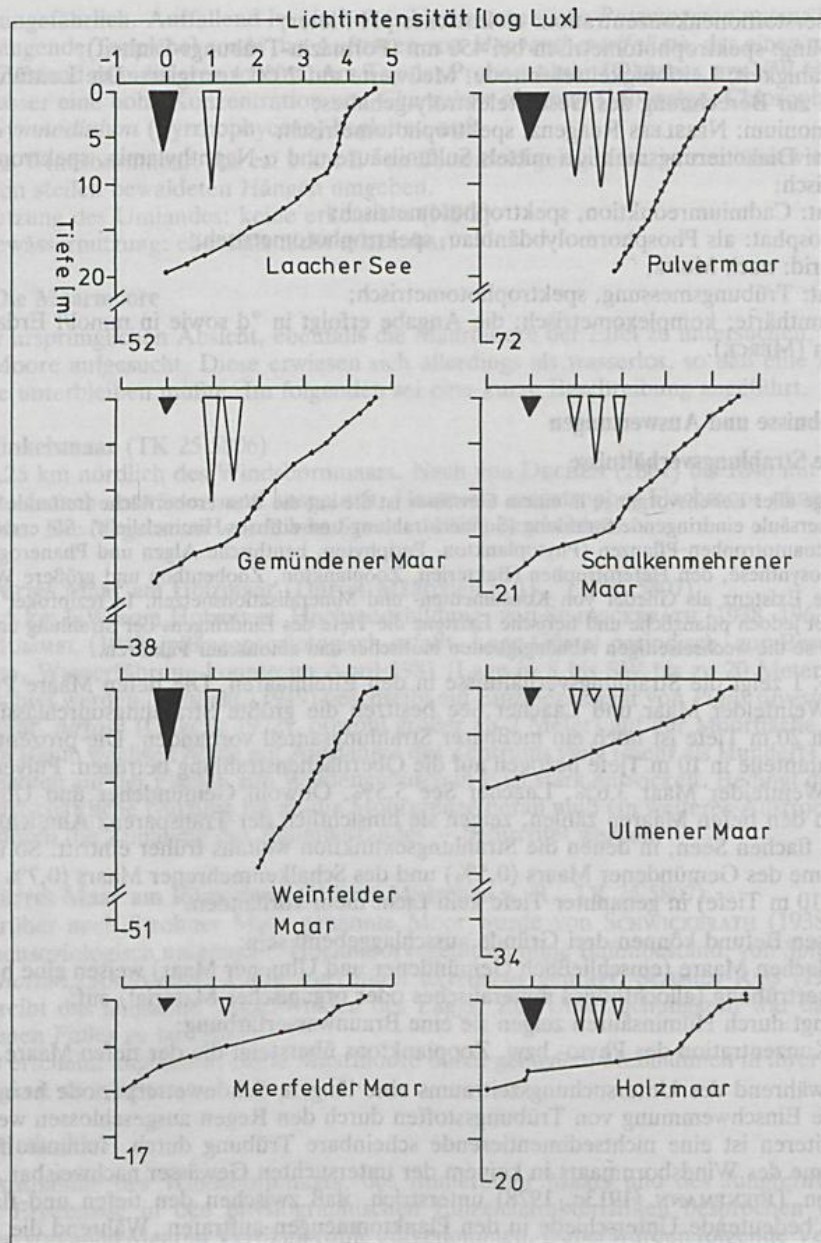


Abbildung 1. Die Strahlungsverhältnisse und die Sichtigttiefen (nach Secchi, als senkrechte Keile dargestellt) der Eifelmaare (Sommer 1983).

Zum Vergleich sind die Sichtigttiefen (THIENEMANN 1913c) der Jahre 1910–1912 angeführt (von links 1983, 1910, 1911, 1912).

Die Tiefenangaben entsprechen den Tiefen, in denen jeweils der Gewässergrund erreicht wurde.

Maße aber auch die starke Reduktion der heutigen Sichttiefen in den tiefen Maaren. Nach SCHMIDT (1978) sind die in den tiefen Eifelmaaren gemessenen Sichttiefen nicht für oligotrophe Gewässer charakteristisch und deuten auf eine Verschlechterung der Trophieverhältnisse. Die flachen Maare zeigen innerhalb der letzten sieben Jahre keine signifikanten Unterschiede.

Die Strahlungstransmission in größere Wassertiefen erweist sich als bedeutungsvoll für die vertikale Ausdehnung der Primärproduktion. Unter Voraussetzung des Lichtkompensationspunktes der Photosynthese von weniger als 100 Lux (HEATH 1972; WINKLER 1973) für planktische Algen lassen die tiefen Maare positive Photosynthesebilanzen wenigstens für die zur chromatischen Adaptation befähigten Cyanophyteen noch in der Nähe von 20 m Tiefe erwarten (siehe auch Sauerstoffübersättigung, Abb. 3), wohingegen in den flachen Maaren die tropholytische Zone weitaus früher (10–4 m) beginnt.

3.2. Die Temperaturverteilung

Die Strahlung bestimmt die thermischen Eigentümlichkeiten eines Gewässers (Wechsel zwischen Stagnationen und Zirkulationen). Die entscheidende Zeitspanne eines mitteleuropäischen Sees stellt hierbei die Sommerstagnation mit der Ausbildung einer warmen, mit der Atmosphäre im Austausch stehenden Oberschicht (Epilimnion), einer Zwischenschicht mit starkem Temperaturgefälle zur Tiefe (Metalimnion) und einer von der Oberfläche isolierten Unterschicht (Hypolimnion) dar. In Abhängigkeit von meteorologischen Parametern läßt sich die Sommerstagnation zwischen April und Oktober ansetzen. In dieser Zeit werden im vertikalen Schnitt durch ein Gewässer sowohl im biotischen als auch im abiotischen Bereich die stärksten Unterschiede manifest. Die Typisierung eines stehenden Gewässers ist hauptsächlich während der Stagnationsphase sinnvoll.

Abb. 2 zeigt die Temperaturverteilung in den Eifelmaaren. In allen untersuchten Seen herrscht eine klare Schichtenbildung, deren Ausdehnung allerdings unterschiedlich ist. In den tiefen Maaren beträgt die Dicke des Epilimnions zwischen 5 m und 8 m. Das Temperaturgefälle bis zur unteren Grenze ist mit maximal 0,6°C gering. Das Hypolimnion wird erst ab einer Tiefe von 10–15 m erreicht. Die Temperaturen in Grundnähe liegen im Bereich von 5°C. Das Epilimnion der flachen Maare ist weniger stark ausgeprägt (5–2 m), das Hypolimnion wird in geringerer Tiefe erreicht (10–7 m). Die Tiefentemperaturen liegen im Bereich von 5–6°C.

Ein Vergleich der Temperaturprofile mit den Befunden von THIENEMANN (1913c) und SCHMIDT-RIES (1954/55b) zeigt große Übereinstimmung (aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Vergleiche in Abb. 2 nicht berücksichtigt).

THIENEMANN (1913c) bemerkte eine Korrelation zwischen der Lage der Thermokline und der Sichttiefe in der Weise, daß eine tiefe Sprungschicht eine höhere Durchsichtigkeit des Wassers mit sich bringt. Obwohl dieser Befund wohl grundsätzliche Gültigkeit besitzt, läßt er sich nicht quantifizieren, da 1983 und 1910–1913 zwar sehr ähnliche Temperaturverteilungen, jedoch (in den tiefen Maaren) unterschiedliche Sichttiefen gefunden wurden.

Bei einigen Maaren (Pulvermaar, Laacher See, Gemündener und Ulmener Maar) zeigt sich in der Nähe des Grundes eine geringe Temperaturerhöhung (maximal 0,6°C). Ähnliches bemerkt SCHMIDT-RIES (1954/55b) bei Pulvermaar, Gemündener und Schalkenmehrener Maar, bei letzterem sogar eine Erhöhung um 3°C. Läßt sich diese Temperaturerhöhung auf eine verstärkte Tätigkeit mineralisierender Organismen zurückführen (die scheinbare Instabilität der Wassersäule (RUTTNER 1962) wird durch einen erhöhten Gehalt an gelösten Stoffen kompensiert), so sollen hier Feststellungen THIENEMANN'S (1913c, 1928), die das Ulmener Maar betreffen, unberücksichtigt bleiben. Der Befund einer fast konstanten Temperaturerhöhung um 1,8°C ab 20 Metern Wassertiefe führte zur Annahme warmer Tiefenquellen. Über die heutigen Verhältnisse soll später berichtet werden.

3.3. Sauerstoffhaushalt

Der Sauerstoffhaushalt eines dimiktischen Sees stellt die wesentliche Bedingung für die Abläufe biologischer (aber auch chemischer, z. B. Phosphat, siehe Kap. 3.8.4.) Prozesse dar. Da während der Sommerstagnation der Bereich des Epilimnions zumeist hohe Sauerstoffkonzentrationen aufweist (Atmosphäre, Photosynthese), im Hypolimnion dagegen wegen des fehlenden Lichts nur sauerstoffzehrende

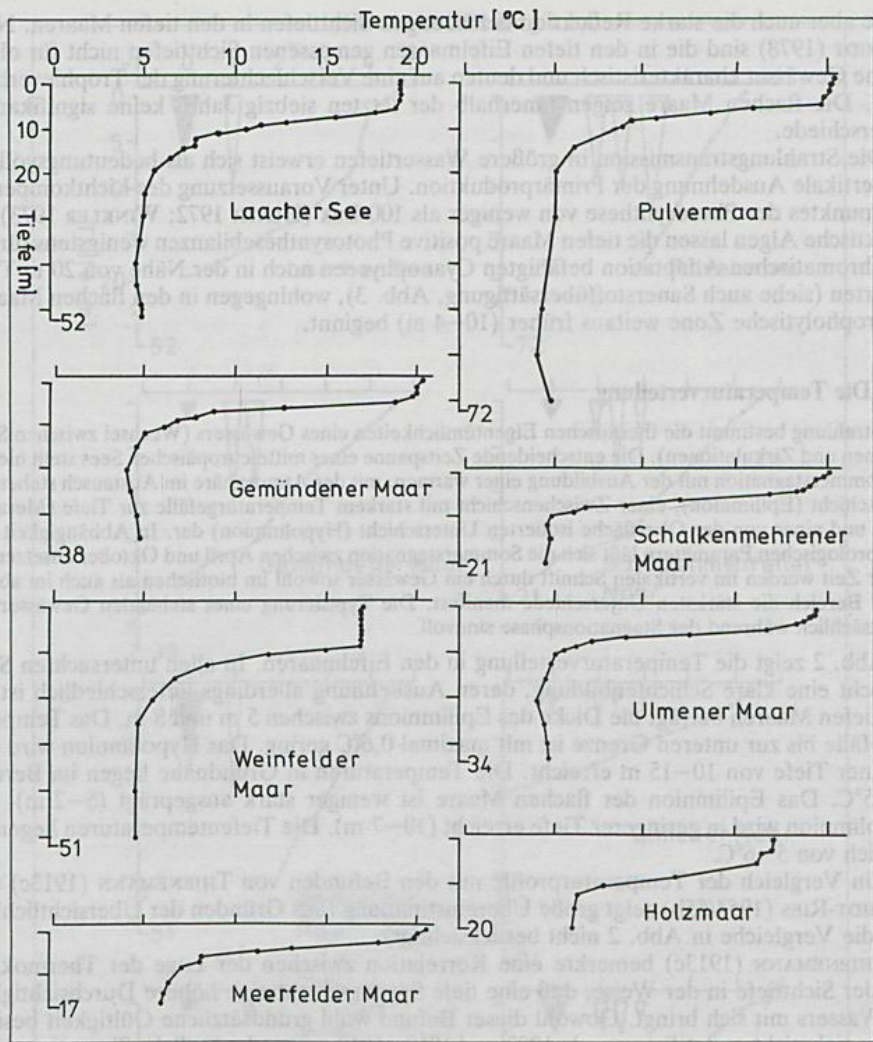


Abbildung 2. Die Temperaturverteilungen in den Eifelmaaren (Sommer 1983).

Vorgänge ablaufen, lassen sich für Gewässer unterschiedlichen Trophiegrades charakteristische Sauerstoffprofile erstellen. THIENEMANN (1928) gewann über den Sauerstoffhaushalt der Eifelmaare wesentliche grundsätzliche Erkenntnisse über die Seetypen. In der heutigen Literatur wird jedoch noch zum Teil auf diese, zu Anfang des Jahrhunderts getroffenen Feststellungen Bezug genommen, ohne die Möglichkeit anthropogen bedingter Veränderungen in Betracht zu ziehen. Wie bereits dargestellt, untergliederte THIENEMANN (1914) die tiefen Maare als oligotroph, die flachen als eutroph und stellte dieser Unterscheidung das Volumenverhältnis von Epi- zu Hypolimnion als Grundlage voraus (THIENEMANN 1914, 1928; GESSNER 1959; ODUM 1959). Zwar bemerkte SCHMIDT-RIES (1954/55b) Veränderungen im Sauerstoffhaushalt einiger Maare, zog allerdings keine (see-)kennzeichnenden Konsequenzen.

Der Vergleich der 1983 erhaltenen Daten mit denen der Voruntersucher (Abb. 3) läßt folgendes erkennen.

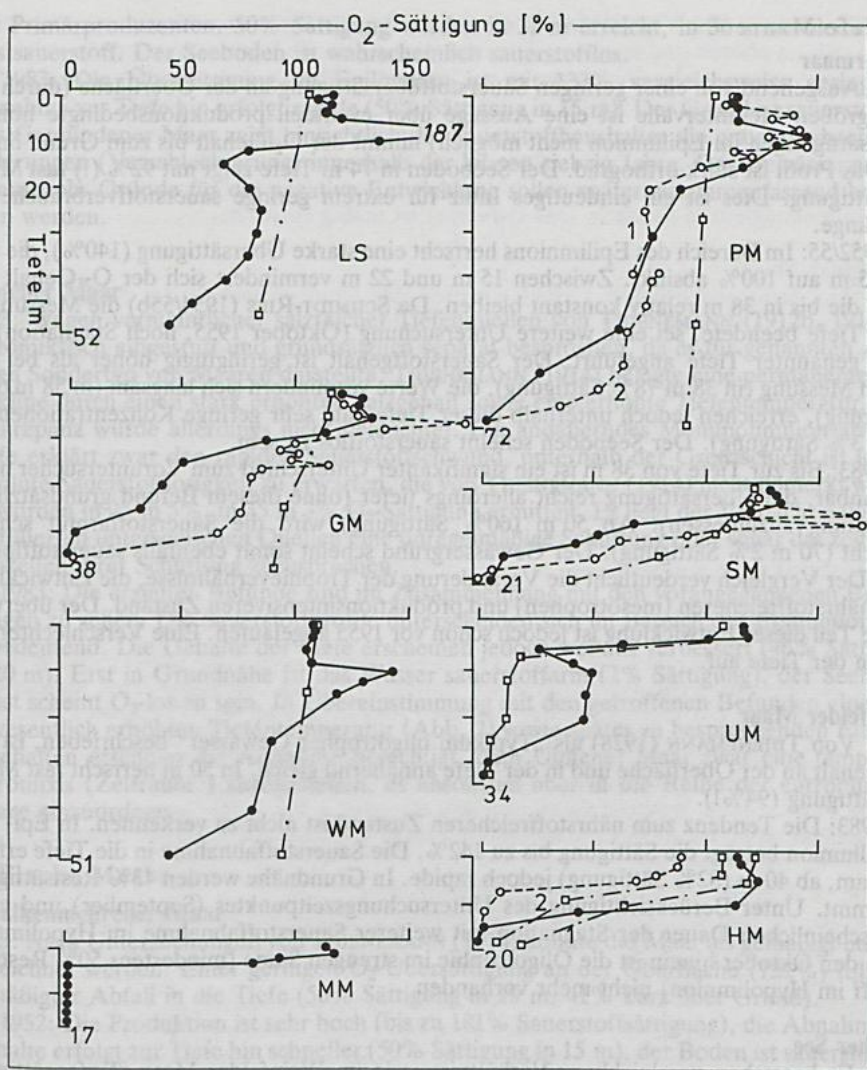


Abbildung 3. Die Sauerstoffverteilungen der Eifelmaare (durchgezogene Linie) im Vergleich zu den Befunden von THIENEMANN (1914, unterbrochen gestrichelte Linie) und SCHMIDT-RIES (1954/55b, gestrichelte Linie).

Abkürzungen und Daten:

LS = Laacher See: 11. 8. 1913, 15. 8. 1983;

GM = Gemündener Maar: 3. 8. 1913, 16. 8. 1952, 18. 8. 1983;

WM = Weinfelder Maar: 8. 8. 1913, 7. 9. 1983;

MM = Meerfelder Maar: 17. 8. 1983;

PM = Pulvermaar: 6. 10. 1913, 21. 8. 1952 (1), 26. 10. 1955 (2), 16. 8. 1983;

SM = Schalkenmehrener Maar: 4. 8. 1913, 19. 8. 1952, 18. 8. 1983;

UM = Ulmener Maar: 9. 8. 1913, 16. 8. 1983;

HM = Holzmaar: 6. 8. 1913 (1), 6. 10. 1913 (2), 27. 10. 1955, 7. 9. 1983.

– Tiefe Maare

Pulvermaar

1913: Ausgehend von einer geringen Sauerstoffübersättigung an der Oberfläche (durch die sehr großen Meßintervalle ist eine Aussage über eventuell produktionsbedingte höhere Übersättigungen im Epilimnion nicht möglich) nimmt der O₂-Gehalt bis zum Grund linear ab. Das Profil ist stark orthograd. Der Seeboden in 74 m Tiefe zeigt mit 92% (!) fast Maximalsättigung. Dies ist ein eindeutiges Indiz für extrem geringe sauerstoffverbrauchende Vorgänge.

1952/55: Im Bereich des Epilimnions herrscht eine starke Übersättigung (140%), die erst bei 15 m auf 100% absinkt. Zwischen 15 m und 22 m vermindert sich der O₂-Gehalt auf 70%, die bis in 38 m relativ konstant bleiben. Da SCHMIDT-RIES (1954/55b) die Messung in 38 m Tiefe beendete, sei eine weitere Untersuchung (Oktober 1955, noch Stagnation) ab oben genannter Tiefe angeführt. Der Sauerstoffgehalt ist geringfügig höher als bei der ersten Messung (in 38 m 78% Sättigung), die Werte vermindern sich langsam (in 58 m 64% Sättigung), erreichen jedoch unterhalb dieser Tiefe bald sehr geringe Konzentrationen (in 70 m 3% Sättigung). Der Seeboden scheint sauerstofflos zu sein.

1983: Bis zur Tiefe von 38 m ist ein signifikanter Unterschied zum Voruntersucher nicht erkennbar, die Übersättigung reicht allerdings tiefer (ohne diesem Befund grundsätzliche Bedeutung zuzumessen). Ab 50 m (60% Sättigung) wird die Sauerstoffarmut schnell erreicht (70 m 2% Sättigung). Der Gewässergrund scheint somit ebenfalls sauerstofflos zu sein. Der Vergleich verdeutlicht die Veränderung der Trophieverhältnisse, die Entwicklung zum nährstoffreicheren (mesotrophen) und produktionsintensiveren Zustand. Der überwiegende Teil dieser Entwicklung ist jedoch schon vor 1955 abgelaufen. Eine Verschlechterung tritt in der Tiefe auf.

Weinfelder Maar

1913: VON THIENEMANN (1928) als „Typikum oligotropher Gewässer“ beschrieben, ist der O₂-Gehalt an der Oberfläche und in der Tiefe annähernd gleich. In 50 m herrscht fast Maximalsättigung (94%!).

1983: Die Tendenz zum nährstoffreicheren Zustand ist nicht zu verkennen. In Epi- und Metalimnion beträgt die Sättigung bis zu 142%. Die Sauerstoffabnahme in die Tiefe erfolgt langsam, ab 40 m (82% Sättigung) jedoch rapide. In Grundnähe werden 43% Restsättigung bestimmt. Unter Berücksichtigung des Untersuchungszeitpunktes (September) und einer wahrscheinlichen Dauer der Stagnation mit weiterer Sauerstoffabnahme im Hypolimnion bis in den Oktober hinein ist die Oligotrophie im strengen Sinne (mindestens 50% Restsauerstoff im Hypolimnion) nicht mehr vorhanden.

Laacher See

1913: Es herrschen vergleichbare Verhältnisse wie im Weinfelder Maar (Tiefensättigung 83%).

1983: Die Sauerstoffübersättigung im Epilimnion erreicht extreme Werte (bis zu 187%). Ähnliche Befunde einer stark erhöhten Primärproduktion zeigen sich in der heutigen Zeit bei vielen ehemals oligotrophen, jetzt in Eutrophierung begriffenen Gewässern und scheinen für den momentanen Entwicklungszustand der meisten mitteleuropäischen Seen typisch zu sein. So werden für den Bodensee O₂-Sättigungen bis zu 230% beschrieben (KIEFER 1972). Im Bereich des Metalimnions zeigt sich eine verhältnismäßig starke Sauerstoffzehrung, die auf eine verstärkte Konsumation bzw. Destruktion in genannten Wasserschichten zurückzuführen ist. Zum Grund hin erfolgt eine noch langsame Abnahme der O₂-Gehalte. In 50 m Tiefe werden 44% Restsauerstoff bestimmt. Der Profilverlauf ist heterograd. Der Laacher See zeigt eine Tendenz zur Eutrophierung (Mesotrophie).

Gemündener Maar

1913: Ähnliche Verhältnisse wie bei den vorgenannten Maaren; die Oberfläche ist gering übersättigt (116%), das Tiefenwasser enthält noch 89% Sauerstoff.

1952: Die Übersättigung in den oberen Wasserschichten ist stark (173%). Hierbei zeigen sich zwei Maxima in 6 bzw. in 15 m, ein Hinweis auf unterschiedliche Gruppenzugehörigkeit

der Primärproduzenten. 50% Sättigung werden in 32 m erreicht, in 36 m verbleiben 3% Restsauerstoff. Der Seeboden ist wahrscheinlich sauerstofflos.

1983: Die Übersättigung im Epilimnion ist mit 133% vergleichsweise gering, die Abnahme zur Tiefe hin erfolgt rapide (50% Sättigung in 15 m). Der Grund ist sauerstofflos. Das Gemündener Maar zeigt hinsichtlich des Sauerstoffhaushaltes die gravierendsten Veränderungen (Verschlechterung) innerhalb der letzten siebzig Jahre. Der Gewässerzustand ist eutroph. Gründe für die negative Entwicklung sollen später zusammenfassend besprochen werden.

Ulmener Maar

1913: Wegen vermeintlicher salzreicher Tiefenquellen von THIENEMANN (1912b, 1914) als meromiktisch eingestuft und grundsätzlich separat besprochen, da es für genannten Autor einen Sondertyp von Maaren darstellte. THIENEMANN (1914) belegte eine permanente Chemokline durch einen stark erhöhten Salzgehalt sowie eine erhöhte Tiefentemperatur. Eine Diskrepanz wurde allerdings nicht beleuchtet. Ein andauerndes Monimolimnion ab 20 m Tiefe erklärt zwar den rapiden Sauerstoffschwund, unterhalb der Grenzschicht ist jedoch absolute Sauerstofflosigkeit zu erwarten, die von THIENEMANN (1914) nicht bemerkt wurde. So wurden in 25 m 5%, in 35 m 3% O₂-Sättigung ermittelt. Es liegt der Verdacht nahe, den postulierten unterseeischen Quellen eine unregelmäßige Schüttung oder sogar das zeitweise Einstellen ihrer Schüttung zuzusprechen.

1983: Die erzielten Befunde sind im Zusammenhang mit den vorangegangenen Bemerkungen zu sehen. Die Sauerstoffprofile unterscheiden sich im Bereich des Epilimnions nur unbedeutend. Die Gehalte der Tiefe erscheinen jedoch weitaus verbessert (46% Sättigung in 20 m). Erst in Grundnähe ist das Wasser sauerstoffarm (2% Sättigung), der Seeboden selbst scheint O₂-los zu sein. In Übereinstimmung mit den getroffenen Befunden einer nur unwesentlich erhöhten Tiefentemperatur (Abb. 2) sowie später zu besprechenden Elektrolytgehalten erscheint die Annahme berechtigt, dem Ulmener Maar zwar eine temporäre Meromixis (Zeitraum?) zuzugestehen, es ansonsten aber in die Reihe der eutrophierten Maare einzuordnen.

- Flache Maare

Schalkenmehrener Maar

1913: Nach Untersuchungen von THIENEMANN (1914) konnte das Maar als gemäßigt eutroph bezeichnet werden. Einer geringen O₂-Übersättigung an der Oberfläche (122%) folgt ein gemäßigter Abfall in die Tiefe (50% Sättigung in 19 m, 41% kurz über Grund).

1952: Die Produktion ist sehr hoch (bis zu 181% Sauerstoffsättigung), die Abnahme der Gehalte erfolgt zur Tiefe hin schneller (50% Sättigung in 15 m), der Boden ist sauerstofflos.

1983: Die Übersättigungen im Bereich der Oberfläche sind weniger stark ausgeprägt (bis zu 132%), die Abnahme in der Tiefe erfolgt rascher (50% Sättigung in 10 m). Der Maarboden ist zwar sauerstoffarm (< 4%), jedoch nicht O₂-frei. Das Schalkenmehrener Maar scheint einer stärkeren Eutrophierung zu unterliegen, ohne allerdings extreme Züge aufzuweisen.

Holzmaar

1913: Das Gewässer erscheint mäßig eutroph. Einer geringen Übersättigung (122%) des Epilimnions folgt eine starke Sauerstoffabnahme zur Tiefe hin (50% Sättigung in 12 m). Kurz über Grund sind 19% Restsauerstoff vorhanden. Neben dieser Untersuchung aus dem August zeigt eine weitere aus dem Oktober (noch Stagnation) ähnliche Verhältnisse, allerdings eine — erwartete — Verschiebung des Profils zu geringeren Sauerstoffgehalten (50% Sättigung in 9 m Tiefe).

1955: Die Untersuchung stammt von Ende Oktober (noch Stagnation). Der Kurvenverlauf weist Ähnlichkeit mit den von THIENEMANN (1914) erstellten Profilen auf. Der absolute Sauerstoffgehalt ist allerdings geringer. So herrscht an der Oberfläche eine Untersättigung, 50% Sättigung schon in 7 m Tiefe und Sauerstofflosigkeit ab 15 m.

1983: Obwohl der Verlauf der O_2 -Kurve im Prinzip denen der Voruntersucher folgt, zeigen sich im oberen und mittleren Tiefenbereich graduelle Verbesserungen. So reicht die Übersättigung bis in eine Tiefe von 11 m, 50% Sättigung werden bei 12 m erreicht. Der darauf folgende Abfall der Gehalte erfolgt rasch, der Seeboden und eine 3 m dicke Wassersäule sind sauerstofflos. Das Holzmaar läßt innerhalb des Untersuchungszeitraumes von siebzig Jahren generelle Trophieveränderungen nicht erkennen. Auftretende Unterschiede in den Sauerstoffprofilen machen die Abhängigkeit vom Untersuchungszeitpunkt innerhalb der Sommerstagnation deutlich. Das Gewässer ist mäßig eutroph.

Meerfelder Maar

1983: Aus nicht ersichtlichen Gründen wurde der Sauerstoffgehalt des Maars von den genannten Untersuchern nicht ermittelt, so daß über die Entwicklung des Trophiegrades innerhalb der letzten siebzig Jahre nur Spekulationen möglich sind. Die heute getroffenen Feststellungen lassen allerdings den Schluß zu, daß das Meerfelder Maar schon zu Anfang dieses Jahrhunderts ein hocheutrophes Gewässer war. So findet sich Sauerstoff lediglich in den ersten 3 m Wassertiefe, wobei die Übersättigung nur mäßig ist (117%). Unterhalb dieser Grenze herrscht bis zum Grund vollständige Abwesenheit von Sauerstoff. Im Zusammenhang mit später zu besprechenden Parametern (Schwefelwasserstoff und Nährstoffverteilung) liegt der Schluß nahe, das Meerfelder Maar dem extrem eutrophierten Schwefelwasserstoff-*Oscillatoria*-Seetyp zuzuordnen. In bezug auf die Ausdehnung der sauerstofflosen Wasserschicht kann das Maar als „umgekippt“ bezeichnet werden.

3.4. Freies Kohlendioxid

Obwohl das freie CO_2 nur für einen Teil der Primärproduzenten assimilierbar ist (RUTTNER 1947), läßt sich im Zusammenhang mit dem Gleichgewicht zwischen CO_2 und Carbonaten (nach SCHMIDT-RIES 1954/55b sind einige Eifelmaare kalkreiche Gewässer) Rückschluß über die Aktivität der Produzenten und der CO_2 -freisetzenden Konsumenten und Destruenten ziehen.

Während im oligotrophen Gewässer das CO_2 im Epilimnion in den Zeiten vermehrten Planktonwachstums meist nicht der begrenzende Faktor ist, kann im eutrophen See die obere Wasserschicht zeitweise an CO_2 verarmen. Während das Hypolimnion oligotropher Seen wegen mangelnden organischen Materials zum Abbau relativ wenig Kohlendioxid anhäuft, kann es sich in eutrophen Gewässern in sehr hohen Mengen ansammeln.

Abb. 4 zeigt die Verhältnisse in den Eifelmaaren.

Pulvermaar und Weinfelder Maar: Die oberen Schichten des Epilimnions sind CO_2 -frei. Die Kurven korrespondieren mit den Maxima der Sauerstoffproduktionen (Abb. 3). Der Gehalt der Tiefenwässer ist gering.

Laacher See: Der Laacher See weist insofern eine Sonderstellung auf, als er sehr reich an CO_2 -haltigen Quellaustritten ist. Nach HOMANN (1968a, b) beträgt die Gesamtschüttung 460–480 Kubikmeter Kohlendioxid/Tag. Die Quellen liegen sämtlich im flachen Uferbereich. Nach eigenen Beobachtungen (Tauchabstiege bis in 50 m Tiefe) ist der Boden unterhalb von 10 m frei von CO_2 -Austritten. Der relativ hohe CO_2 -Gehalt des Epilimnions (trotz starker Produktion, Abb. 3) ist in diesem Zusammenhang zu sehen. Die Zunahme ab einer Tiefe von 30 m läßt allerdings abbauende Prozesse als hauptverantwortlich erscheinen.

Gemündener und Ulmener Maar: Beide Gewässer sind im Epilimnion CO_2 -frei, der Gehalt steigt mit zunehmender Tiefe stark an. Obwohl SCHMIDT-RIES (1954/55b) und SCHMIDT-RIES MEISENBURG (1956) in den Tiefen beider Maare CO_2 -haltige Mineralquellen vermuteten, muß betont werden, daß eutrophe Gewässer während der Sommerstagnation durchaus hohe CO_2 -Mengen in den unteren Schichten des Hypolimnions anhäufen können. So konnten durch den Verfasser im Großen Heiligen Meer bei Hopsten (eutropher Flachlandsee mit einer Wassertiefe von 10 m) im August 1980 mehr als 90, im August 1983 ca. 65 mg CO_2/l ermittelt werden. Ein scheinbar übermäßiger CO_2 -Gehalt des Tiefenwassers ist somit nicht alleiniges Indiz für Quellaustritte. Der sichere Nachweis dieser steht für beide Maare noch aus.

Schalkenmehrener Maar: Der bereits beschriebene eutrophe Charakter äußert sich im CO_2 -Profil. Während das Epilimnion frei davon ist, ist der Anstieg zur Tiefe hin beträchtlich (35 mg/l in Grundnähe).

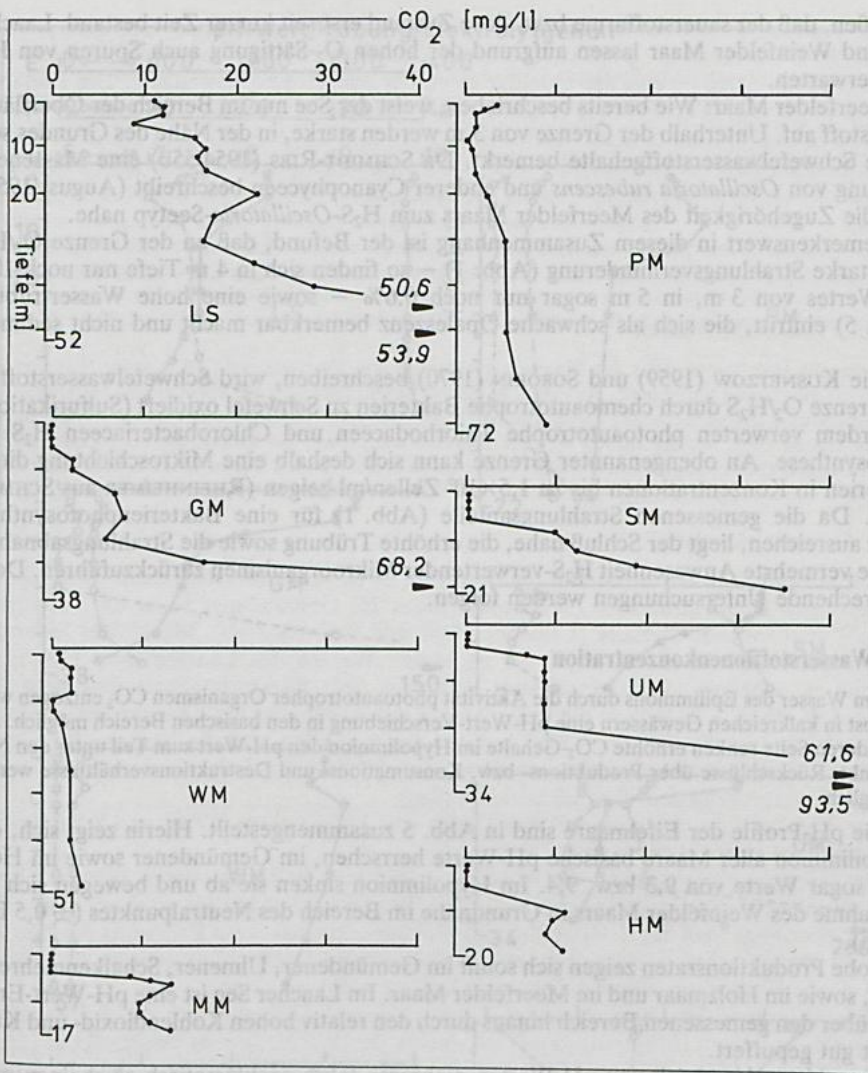


Abbildung 4. Die Kohlendioxidgehalte der Eifelmaare (Sommer 1983). Abkürzungen siehe Legende zu Abb. 3.

Holzmaar: Im Bereich der Oberfläche herrschen ähnliche Verhältnisse wie im vorgenannten Maar. Die Tiefenzunahme ist vergleichsweise gering (11 mg/l in Grundnähe).

Meerfelder Maar: Obwohl die Befunde mit denen des Holzmaars vergleichbar erscheinen, ist der Stoffhaushalt dieses Gewässers vollständig anders. Hierauf wird in Kap. 3.5. eingegangen.

3.5. Schwefelwasserstoff

Obwohl eine quantitative Bestimmung unterblieb, ließen sich höhere Konzentrationen an H₂S durch den Geruch der geschöpften Wasserprobe feststellen.

Mit Ausnahme des Meerfelder Maars wurde H₂S im Pulvermaar, Ulmener und Schalkenmehrener Maar jeweils kurz über Grund bemerkt. Das Fehlen von H₂S in höheren Konzentrationen im Tiefenwasser des Gemündener Maars und des Holzmaars läßt darauf

schließen, daß der sauerstoffarme bzw. -lose Zustand erst seit kurzer Zeit bestand. Laacher See und Weinfelder Maar lassen aufgrund der hohen O_2 -Sättigung auch Spuren von H_2S nicht erwarten.

Meerfelder Maar: Wie bereits beschrieben, weist der See nur im Bereich der Oberfläche Sauerstoff auf. Unterhalb der Grenze von 3 m werden starke, in der Nähe des Grundes sehr starke Schwefelwasserstoffgehalte bemerkt. Da SCHMIDT-RIES (1954/55b) eine Massenentwicklung von *Oscillatoria rubescens* und anderer Cyanophyceen beschreibt (August 1952), liegt die Zugehörigkeit des Meerfelder Maars zum H_2S -*Oscillatoria*-Seetyp nahe.

Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist der Befund, daß an der Grenze O_2/H_2S eine starke Strahlungsverminderung (Abb. 1) – so finden sich in 4 m Tiefe nur noch 10% des Wertes von 3 m, in 5 m sogar nur noch 0,6% – sowie eine hohe Wassertrübung (Abb. 5) eintritt, die sich als schwache Opaleszenz bemerkbar macht und nicht sedimentiert.

Wie KUSNETZOW (1959) und SOROKIN (1970) beschreiben, wird Schwefelwasserstoff an der Grenze O_2/H_2S durch chemoautotrophe Bakterien zu Schwefel oxidiert (Sulfurikation). Außerdem verwerten photoautotrophe Thiorhodaceen und Chlorobacteriaceen H_2S zur Photosynthese. An obengenannter Grenze kann sich deshalb eine Mikroschichtung dieser Bakterien in Konzentrationen bis zu $1,5 \times 10^7$ Zellen/ml zeigen (RHEINHEIMER aus SCHMIDT 1978). Da die gemessenen Strahlungsanteile (Abb. 1) für eine Bakterienphotosynthese sicher ausreichen, liegt der Schluß nahe, die erhöhte Trübung sowie die Strahlungsabnahme auf die vermehrte Anwesenheit H_2S -verwertender Mikroorganismen zurückzuführen. Dementsprechende Untersuchungen werden folgen.

3.6. Wasserstoffionenkonzentration

Da dem Wasser des Epilimnions durch die Aktivität photoautotropher Organismen CO_2 entzogen wird, ist selbst in kalkreichen Gewässern eine pH-Wert-Verschiebung in den basischen Bereich möglich. Auf der anderen Seite senken erhöhte CO_2 -Gehalte im Hypolimnion den pH-Wert zum Teil unter den Neutralpunkt. Rückschlüsse über Produktions- bzw. Konsumations- und Destruktionsverhältnisse werden so möglich.

Die pH-Profile der Eifelmaare sind in Abb. 5 zusammengestellt. Hierin zeigt sich, daß im Epilimnion aller Maare basische pH-Werte herrschen, im Gemündener sowie im Holzmaar sogar Werte von 9,3 bzw. 9,4. Im Hypolimnion sinken sie ab und bewegen sich mit Ausnahme des Weinfelder Maars in Grundnähe im Bereich des Neutralpunktes ($\pm 0,5$ Einheiten).

Hohe Produktionsraten zeigen sich somit im Gemündener, Ulmener, Schalkenmehrener Maar, sowie im Holzmaar und im Meerfelder Maar. Im Laacher See ist eine pH-Wert-Erhöhung über den gemessenen Bereich hinaus durch den relativ hohen Kohlendioxid- und Kalkgehalt gut gepuffert.

Obwohl ein Vergleich von pH-Werten mehrerer Jahre problematisch erscheinen mag, seien Daten von UTERMÖHL (HUSTEDT 1954) angeführt, die zwar keine Angabe des Untersuchungsmonats tragen, mit sehr großer Wahrscheinlichkeit jedoch aus der Sommerstagnation stammen. 1933 wiesen die tiefen Maare Pulvermaar, Weinfelder und Gemündener Maar Oberflächenwerte auf, die wenig vom Neutralpunkt abwichen (maximal + 0,9 pH-Einheiten), also relativ geringe Produktionsaktivitäten indizierten. Ähnliche Verhältnisse finden sich 1942 (+ 0,5 pH-Einheiten). Die flachen Maare einschließlich des Ulmener Maars wiesen im Gegensatz dazu erhöhte Oberflächenwerte auf, die mit den heutigen vergleichbar sind. Die Tiefenwerte lagen bei allen untersuchten Maaren durchweg im leicht subneutralen Bereich.

Die Veränderung der Oberflächen-pH-Werte zeigt eine Veränderung der Trophieverhältnisse der tiefen Maare innerhalb der letzten vierzig bis fünfzig Jahre.

3.7. Wassertrübung

Für das Auftreten einer Wassertrübung können mehrere Gründe herangezogen werden. Zu nennen sind eine hohe Dichte planktischer Organismen, suspendierte organische Partikel (Detritus) sowie aufgewirbeltes autochthones (Sediment) bzw. in das Gewässer einge-

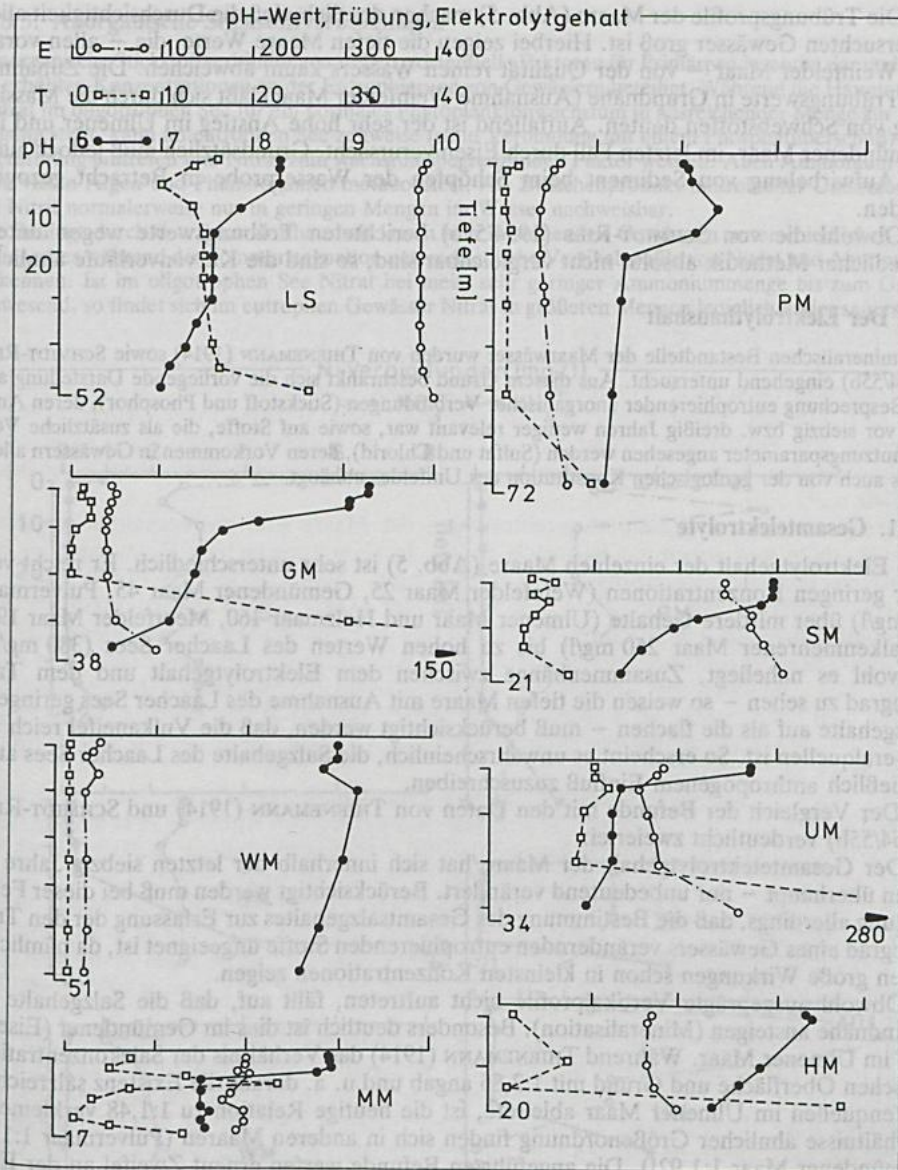


Abbildung 5. pH-Wert (ausgezogene Linie), Wassertrübung (FTU, gestrichelte Linie, 10 = 0,010 – 40 = 0,040) und Elektrolytgehalt (mg/l, unterbrochen gestrichelte Linie) der Eifelmaare (Sommer 1983). Abkürzungen siehe Legende zu Abb. 3.

schwemmes oder eingewehtes allochthones Material. In einigen wenigen Fällen finden sich Ausflockungen von Eisen und Mangan. Eine scheinbare Trübung wird durch die Braunfärbung dystrophen Wassers (Windsbornmaar, Tab. 3) verursacht.

Die Ufer der Maare sind zum überwiegenden Teil bewachsen, so daß allochthones mineralisches Material wohl nur in Ausnahmefällen durch Regenwasser eingeschwemmt werden kann. Da ein Teil der Ufervegetation von Laubbäumen dargestellt wird (Ausnahmen Schalkenmehrener und Meerfelder Maar), gelangt in der Zeit des herbstlichen Laubfalls allerdings organisches Material ins Wasser.

Die Trübungsprofile der Maare (Abb. 5) machen deutlich, daß die Durchsichtigkeit aller untersuchten Gewässer groß ist. Hierbei zeigen die tiefen Maare Werte, die – allen voran das Weinfelder Maar – von der Qualität reinen Wassers kaum abweichen. Die Zunahme der Trübungswerte in Grundnähe (Ausnahme Weinfelder Maar) läßt sich durch die Massierung von Schwebstoffen deuten. Auffallend ist der sehr hohe Anstieg im Ulmener und im Gemündener Maar, im letzten Fall durch Eisen verursacht. Grundsätzlich muß jedoch auch die Aufwirbelung von Sediment beim Schöpfen der Wasserprobe in Betracht gezogen werden.

Obwohl die von SCHMIDT-RIES (1954/55b) berichteten Trübungswerte wegen unterschiedlicher Methodik absolut nicht vergleichbar sind, so sind die Kurvenverläufe ähnlich.

3.8. Der Elektrolythaushalt

Die mineralischen Bestandteile der Maarwässer wurden von THIENEMANN (1914) sowie SCHMIDT-RIES (1954/55b) eingehend untersucht. Aus diesem Grund beschränkt sich die vorliegende Darstellung auf die Besprechung eutrophierender anorganischer Verbindungen (Stickstoff und Phosphor), deren Analyse vor siebzig bzw. dreißig Jahren weniger relevant war, sowie auf Stoffe, die als zusätzliche Verschmutzungsparameter angesehen werden (Sulfat und Chlorid), deren Vorkommen in Gewässern allerdings auch von der geologischen Konstitution des Umfeldes abhängt.

3.8.1. Gesamtelektrolyte

Der Elektrolytgehalt der einzelnen Maare (Abb. 5) ist sehr unterschiedlich. Er reicht von sehr geringen Konzentrationen (Weinfelder Maar 25, Gemündener Maar 45, Pulvermaar 50 mg/l) über mittlere Gehalte (Ulmener Maar und Holzmaar 160, Meerfelder Maar 195, Schalkenmehrener Maar 250 mg/l) bis zu hohen Werten des Laacher Sees (380 mg/l). Obwohl es naheliegt, Zusammenhänge zwischen dem Elektrolytgehalt und dem Trophiegrad zu sehen – so weisen die tiefen Maare mit Ausnahme des Laacher Sees geringere Salzgehalte auf als die flachen – muß berücksichtigt werden, daß die Vulkaneifel reich an Mineralquellen ist. So erscheint es unwahrscheinlich, die Salzgehalte des Laacher Sees ausschließlich anthropogenem Einfluß zuzuschreiben.

Der Vergleich der Befunde mit den Daten von THIENEMANN (1914) und SCHMIDT-RIES (1954/55b) verdeutlicht zweierlei:

– Der Gesamtelektrolytgehalt der Maare hat sich innerhalb der letzten siebzig Jahre – wenn überhaupt – nur unbedeutend verändert. Berücksichtigt werden muß bei dieser Feststellung allerdings, daß die Bestimmung des Gesamtsalzgehaltes zur Erfassung der den Trophiegrad eines Gewässers verändernden eutrophierenden Stoffe ungeeignet ist, da nämlich Ionen große Wirkungen schon in kleinsten Konzentrationen zeigen.

– Obwohl ausgeprägte Vertikalprofile nicht auftreten, fällt auf, daß die Salzgehalte in Grundnähe ansteigen (Mineralisation). Besonders deutlich ist dies im Gemündener (Eisen) und im Ulmener Maar. Während THIENEMANN (1914) das Verhältnis der Salzkonzentration zwischen Oberfläche und Grund mit 1:2,85 angab und u. a. daraus die Existenz salzreicher Tiefenquellen im Ulmener Maar ableitete, ist die heutige Relation zu 1:1,48 verkleinert. Verhältnisse ähnlicher Größenordnung finden sich in anderen Maaren (Pulvermaar 1:1,2, Gemündener Maar 1:1,92!). Die angeführten Befunde werfen erneut Zweifel an der Existenz einer permanenten Chemokline im Ulmener Maar auf.

3.8.2. Gesamthärte

Die Summe der als Carbonate, Sulfate, Chloride, Nitrate und Phosphate gebundenen Erdalkalien der Maarwässer (Tab. 2) ist gering. Die tiefen Maare Pulvermaar, Weinfelder, Gemündener Maar sowie das flache Holzmaar weisen sehr weiches (0–4°d entsprechend 0–0,71 mmol Erdalkaliumionen), Ulmener, Schalkenmehrener und Meerfelder Maar weiches Wasser auf (4–8°d entsprechend 0,71–1,43 mmol). Der Laacher See ist als mittelhartes Gewässer (8–18°d entsprechend 1,43–3,21 mmol) einzustufen.

Nach SCHMIDT-RIES (1954/55b) sind einige Maarwässer kalkreich, so daß in den flachen Maaren und im Laacher See die scheinbare Carbonathärte die Gesamthärte übertrifft. Nach obengenanntem Autor reichen die Kalkgehalte von 48,4 (Laacher See) bis zu 3,2 mg Ca/l (Windsbornmar).

3.8.3. Anorganische Stickstoffverbindungen

Anorganische Stickstoffverbindungen stellen existentielle Faktoren für Primärproduzenten dar und sind in erhöhten Konzentrationen an der Eutrophierung von Gewässern beteiligt. Während die Hauptquelle Nitrat im oligotrophen See für ein normales Phytoplanktonwachstum in ausreichender Menge zur Verfügung steht, kann im eutrophen See zeitweise (so in Verbindung mit einem Phosphatüberschuß) eine Verarmung eintreten und Nitrat zum wachstumsbegrenzenden Faktor werden. Auch Ammonium wird von vielen Algen und Phanerogamen metabolisiert. Als Zwischenprodukt mikrobieller Umsetzungen ist Nitrit normalerweise nur in geringen Mengen im Wasser nachweisbar.

Bedingt durch den Sauerstoffhaushalt lassen sich in stehenden Gewässern unterschiedlichen Trophiegrades während der Sommerstagnation unterschiedliche Vertikalprofile von Nitrat und Ammonium erkennen. Ist im oligotrophen See Nitrat bei meist sehr geringer Ammoniummenge bis zum Grund anwesend, so findet sich im eutrophen Gewässer Nitrat in größeren Mengen lediglich in der sauerstoff-

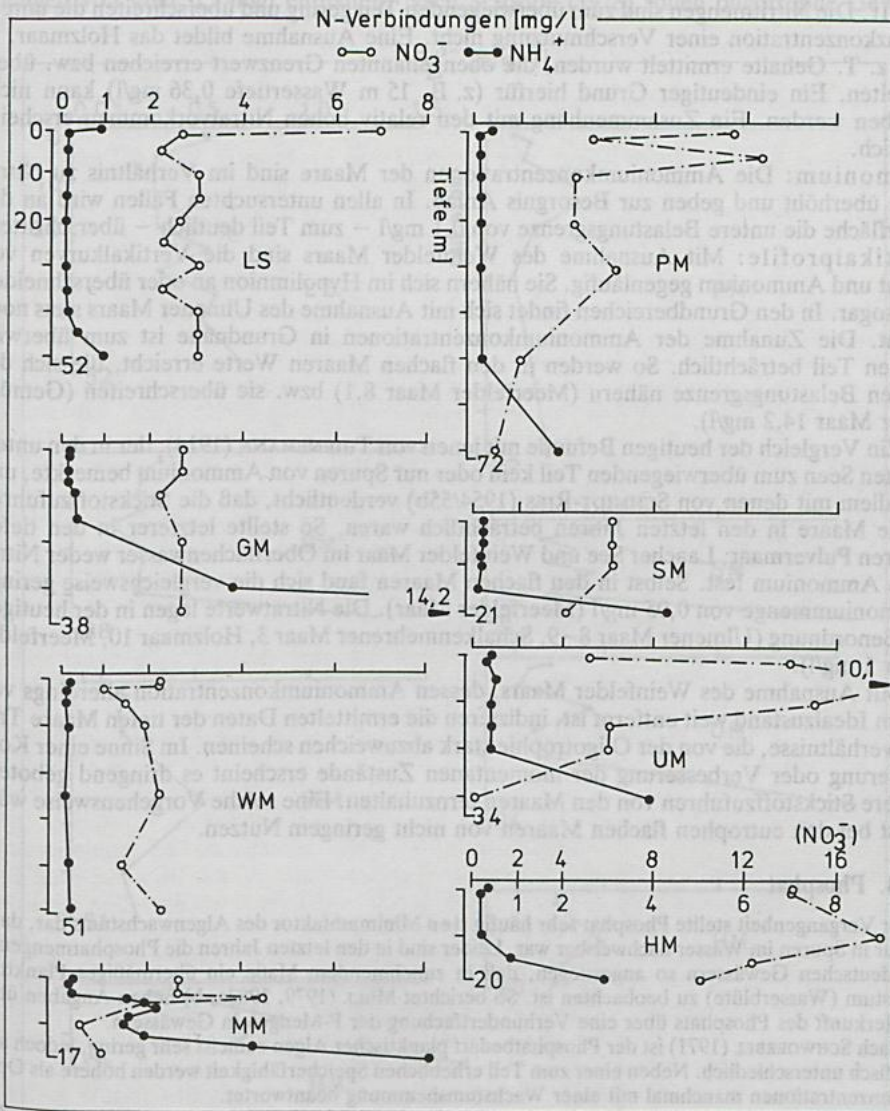


Abbildung 6. Anorganische Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) der Eifelmaare (Sommer 1983). Abkürzungen siehe Legende zu Abb. 3.

haltigen oberen Wasserschicht. Die Ammoniumkonzentration nimmt wegen fehlender Möglichkeit zur streng aeroben Nitrifikation zum Grund hin zu. Da Ammonium in höherer Konzentration auf Wasserorganismen Giftwirkung ausübt (über die pH-Wert-Abhängigkeit des Vorliegens von Ammonium/Ammoniak sowie über die Giftwirkung beider Formen vergleiche BAUR 1980), erscheinen erhöhte Stickstoffzufuhren in stehende Gewässer als sehr problematisch.

Nach HÖLL (1970) stellen Ammonium in den Grenzen von 0,1–10 mg/l und Nitrit (0,2–2 mg/l) die wichtigsten Verschmutzungsindikatoren des Wassers dar. Nitrat wird in den Mengen von bis zu 20 mg/l als bodenbedingt angesehen.

Abb. 6 (Nitrat- und Ammonium-Profile) sowie Tab. 2 (Nitrit) zeigen die aktuellen Stickstoffverhältnisse der Eifelmaare.

Nitrat: Die Gehalte der Maarwässer an Nitrat erscheinen relativ niedrig und überschreiten lediglich im Ulmener Maar (10,1 mg/l) und im Holzmaar (18 mg/l) die 10-mg-Grenze. Ein signifikanter Unterschied zwischen tiefen und flachen Maaren scheint nicht zu bestehen.

Nitrit: Die Nitritmengen sind zum überwiegenden Teil gering und überschreiten die untere Grenzkonzentration einer Verschmutzung nicht. Eine Ausnahme bildet das Holzmaar, in dem z. T. Gehalte ermittelt wurden, die obengenannten Grenzwert erreichen bzw. überschreiten. Ein eindeutiger Grund hierfür (z. B. 15 m Wassertiefe 0,36 mg/l) kann nicht gegeben werden. Ein Zusammenhang mit den relativ hohen Nitratvorkommen erscheint möglich.

Ammonium: Die Ammoniumkonzentrationen der Maare sind im Verhältnis zu Nitrat stark überhöht und geben zur Besorgnis Anlaß. In allen untersuchten Fällen wird an der Oberfläche die untere Belastungsgrenze von 0,1 mg/l – zum Teil deutlich – überschritten. **Vertikalprofile:** Mit Ausnahme des Weinfelder Maars sind die Vertikalkurven von Nitrat und Ammonium gegenläufig. Sie nähern sich im Hypolimnion an oder überschneiden sich sogar. In den Grundbereichen findet sich mit Ausnahme des Ulmener Maars stets noch Nitrat. Die Zunahme der Ammoniumkonzentrationen in Grundnähe ist zum überwiegenden Teil beträchtlich. So werden in den flachen Maaren Werte erreicht, die sich der oberen Belastungsgrenze nähern (Meerfelder Maar 8,1) bzw. sie überschreiten (Gemündener Maar 14,2 mg/l).

Ein Vergleich der heutigen Befunde mit jenen von THIENEMANN (1914), der in den untersuchten Seen zum überwiegenden Teil kein oder nur Spuren von Ammonium bemerkte, und vor allem mit denen von SCHMIDT-RIES (1954/55b) verdeutlicht, daß die Stickstoffzufuhren in die Maare in den letzten Jahren beträchtlich waren. So stellte letzterer in den tiefen Maaren Pulvermaar, Laacher See und Weinfelder Maar im Oberflächenwasser weder Nitrat noch Ammonium fest. Selbst in den flachen Maaren fand sich die vergleichsweise geringe Ammoniummenge von 0,05 mg/l (Meerfelder Maar). Die Nitratwerte lagen in der heutigen Größenordnung (Ulmener Maar 8–9, Schalkenmehrener Maar 3, Holzmaar 10, Meerfelder Maar 1 mg/l).

Mit Ausnahme des Weinfelder Maars, dessen Ammoniumkonzentration allerdings von einem Idealzustand weit entfernt ist, indizieren die ermittelten Daten der tiefen Maare Trophieverhältnisse, die von der Oligotrophie stark abzuweichen scheinen. Im Sinne einer Konservierung oder Verbesserung der momentanen Zustände erscheint es dringend geboten, weitere Stickstoffzufuhren von den Maaren fernzuhalten. Eine solche Vorgehensweise wäre selbst bei den eutrophen flachen Maaren von nicht geringem Nutzen.

3.8.4. Phosphat

In der Vergangenheit stellte Phosphat sehr häufig den Minimumfaktor des Algenwachstums dar, da es oft nur in Spuren im Wasser nachweisbar war. Leider sind in den letzten Jahren die Phosphatmengen in den deutschen Gewässern so angestiegen, daß in zunehmendem Maße ein übermäßiges Planktonwachstum (Wasserblüte) zu beobachten ist. So berichtet MOLL (1979, 1982a, b) neben Angaben über die Herkunft des Phosphats über eine Verhundertfachung der P-Mengen in Gewässern.

Nach SCHWOERBEL (1971) ist der Phosphatbedarf planktischer Algen zumeist sehr gering, jedoch artspezifisch unterschiedlich. Neben einer zum Teil erheblichen Speicherfähigkeit werden höhere als Optimalkonzentrationen manchmal mit einer Wachstumshemmung beantwortet.

Während Phosphat den Trophiegrad eines Sees nachhaltig beeinflußt, wirkt nämlich über den Sauerstoffhaushalt auf die Menge des verfügbaren Phosphats zurück. Im oligotrophen See herrschen während der Sommerstagnation im Hypolimnion wegen des in ausreichender Menge vorhandenen Sau-

erstoffs oxidative Bedingungen, so daß das Phosphat dem Stoffkreislauf als fast unlösliches Eisen(III) Phosphat entzogen wird (Bindung an das Sediment). Im eutrophen Gewässer besteht durch die reduktiven Bedingungen (Abwesenheit von Sauerstoff) wenigstens für einen Teil des Phosphats die Möglichkeit, bei der nachfolgenden Zirkulation in die Nahrungskette zurückzugelangen. Das Sediment hat hier seine Funktion als Phosphatfalle verloren. Es schließt sich ein Teufelskreis, ist ein Gewässer eutroph, so ist die Beschleunigung einer weiteren Eutrophierung vorbestimmt.

In diesem Zusammenhang muß die Möglichkeit einer Eliminierung des Phosphats aus Seezuläufen, wie sie in Trinkwassertalsperren praktiziert wird (BERNHARDT 1980/81), als beachtenswert angesehen werden.

Die Phosphatgehalte der Eifelmaare sind in Abb. 7 zusammengestellt. Aus den Daten wird deutlich, daß sämtliche Maare einer sehr starken Belastung unterliegen. Hierbei treten zwischen den tiefen und den flachen Seen keine signifikanten Differenzen auf. So zeigt sich, daß die Oberflächenwässer – selbst bei Pulvermaar und Weinfelder Maar – Phosphatmengen von über 0,1 mg/l enthalten. Nach SCHMIDT (1978) sollen oligotrophe Gewässer

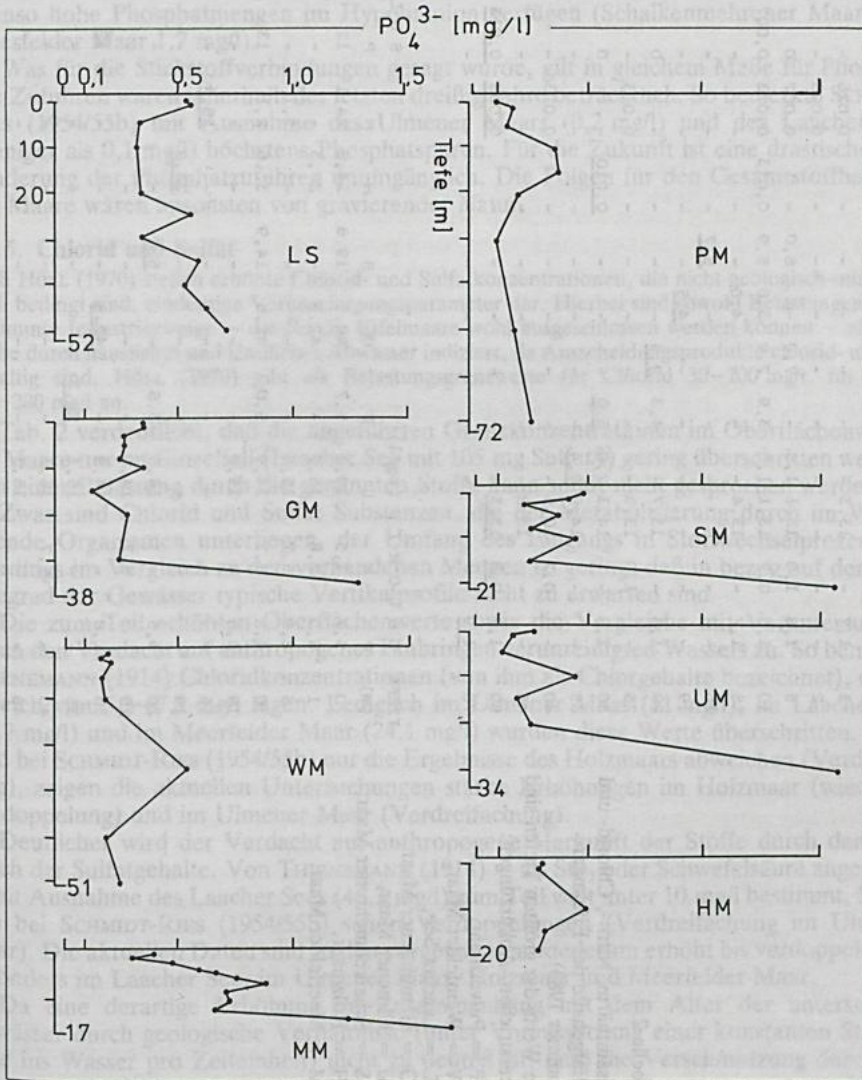


Abbildung 7. Die Phosphatgehalte der Eifelmaare (Sommer 1983). Abkürzungen siehe Legende zu Abb. 3.

TIEFE (m)	GESAMTHÄRTE (°d)										NITRIT (mg/l)										SULFAT (mg/l)														
	P	W	L	G	U	S	H	M	P	H	M	L	G	U	S	H	M	P	W	L	G	U	S	H	M										
0	1,8	0,9	13,0	1,4	4,3	7,9	4,0	6,7	0,020	0,033	0,010	0,020	0,046	0,023	0,130	0,051	0	5,7	3,5	19,1	5,7	42,5	19,8	24,8	24,1	12	15	105	10	45	16	26	30		
1	1,7	-	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5,0	2,8	16,3	-	42,5	-	28,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	2,8	5,7	15,6	-	-	-	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1,8	1,0	13,1	1,5	7,9	7,9	6,0	6,0	0,007	0,023	0,007	0,043	0,007	0,007	0,060	10	1,6	0,7	13,1	1,3	3,9	7,9	3,8	5,9	0,013	0,023	0,007	0,020	0,043	0,059	0,070	0,051			
10	1,6	0,7	13,1	1,3	3,9	7,9	3,8	5,9	0,013	0,023	0,007	0,020	0,043	0,059	0,051	15	1,7	-	13,4	-	-	-	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	1,7	-	13,4	-	-	-	4,0	-	-	-	-	-	-	-	0,360	16	-	-	-	-	-	-	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16	-	-	-	-	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	0,140	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19	-	-	-	-	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	0,140	20	1,6	-	13,7	-	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	1,6	-	13,7	-	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	0,140	25	-	-	13,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
25	-	-	13,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	1,8	-	14,3	2,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	1,8	-	14,3	2,0	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	14,9	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
35	-	-	14,9	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	0,7	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
40	-	0,7	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	-	-	13,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
45	-	-	13,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	1,7	0,8	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50	1,7	0,8	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
70	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																				

Tabelle 2.

Gesamthärte, Nitrit-, Chlorid- und Sulfatgehalte der Eifelmaare (Sommer 1983).

Die Werte der größten Tiefen sind unterstrichen. Abkürzungen:

P = Pulvermaar,

W = Weinfelder Maar,

L = Laacher See,

G = Gemündener Maar,

U = Ulmener Maar,

S = Schalkenmehrener Maar,

H = Holzmaar,

M = Meerfelder Maar.

durch Phosphatgehalte von weniger als 0,05 mg/l, typische eutrophe Flachlandseen durch solche von 0,1–0,2 mg/l gekennzeichnet sein.

In den Vertikalprofilen lassen sich die flachen von den tiefen Seen deutlich unterscheiden. Die Anstiege im Bereich des Hypolimnions sind bei Pulvermaar und Weinfelder Maar gering. Kurz oberhalb des Sediments sind die Werte denen der Oberfläche ähnlich (Pulvermaar: Oberfläche 0,1; Grund 0,26 mg/l. Weinfelder Maar: Oberfläche 0,21; Grund 0,27 mg/l). Konzentrationserhöhungen im Bereich des Meta- bzw. des oberen Hypolimnions sind mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Freisetzung von Phosphat nach Autolyse abgestorbener Primärproduzenten (KRAUSE 1959) zurückzuführen.

Der Laacher See weist sowohl an der Oberfläche (0,55 mg/l) als auch an der Sedimentgrenze (0,73 mg/l) erheblich höhere Werte auf. Gemündener und Ulmener Maar zeigen eindeutig eutrophe Züge. Die Konzentrationen nehmen zur Tiefe hin erheblich zu (Gemündener Maar 1,3 mg/l, Ulmener Maar 1,6 mg/l). Sie ähneln hierin den flachen Maaren, die – mit Ausnahme des im Vergleich geringer belasteten Holzmaars (0,28–0,49 mg/l) – über ebenso hohe Phosphatmengen im Hypolimnion verfügen (Schalkenmehrener Maar 1,58, Meerfelder Maar 1,7 mg/l).

Was für die Stickstoffverbindungen gesagt wurde, gilt in gleichem Maße für Phosphat. Die Zufuhren waren innerhalb der letzten dreißig Jahre beträchtlich. So bemerkte SCHMIDT-RIES (1954/55b) mit Ausnahme des Ulmener Maars (0,2 mg/l) und des Laacher Sees (weniger als 0,1 mg/l) höchstens Phosphatspuren. Für die Zukunft ist eine drastische Verminderung der Phosphatzufuhren unumgänglich. Die Folgen für den Gesamtstoffhaushalt der Maare wären ansonsten von gravierender Natur.

3.8.5. Chlorid und Sulfat

Nach HÖLL (1970) stellen erhöhte Chlorid- und Sulfatkonzentrationen, die nicht geologisch-mineralogisch bedingt sind, eindeutige Verunreinigungsparameter dar. Hierbei sind sowohl Belastungen durch bestimmte Industriezweige – die für die Eifelmaare wohl ausgeschlossen werden können – als auch solche durch häusliches und ländliches Abwasser indiziert, da Ausscheidungsprodukte chlorid- und sulfathaltig sind. HÖLL (1970) gibt als Belastungsgrenzwerte für Chlorid 30–100 mg/l, für Sulfat 100–200 mg/l an.

Tab. 2 verdeutlicht, daß die angeführten Grenzkonzentrationen im Oberflächenwasser der Maare nur im Einzelfall (Laacher See mit 105 mg Sulfat/l) gering überschritten werden. Von einer Belastung durch die genannten Stoffe kann somit nicht gesprochen werden.

Zwar sind Chlorid und Sulfat Substanzen, die der Metabolisierung durch im Wasser lebende Organismen unterliegen, der Umfang des Eingangs in Stoffwechselprozesse ist allerdings im Vergleich zu den vorhandenen Mengen so gering, daß in bezug auf den Trophiegrad der Gewässer typische Vertikalprofile nicht zu erwarten sind.

Die zum Teil erhöhten Oberflächenwerte sowie die Vergleiche mit Voruntersuchern lassen den Verdacht auf anthropogenes Einbringen verunreinigten Wassers zu. So bemerkte THIENEMANN (1914) Chloridkonzentrationen (von ihm als Chlorgehalte bezeichnet), die im Bereich von 5,3–7,1 mg/l lagen. Lediglich im Ulmener Maar (11 mg/l), im Laacher See (17,7 mg/l) und im Meerfelder Maar (24,1 mg/l) wurden diese Werte überschritten. Während bei SCHMIDT-RIES (1954/55b) nur die Ergebnisse des Holzmaars abweichen (Verdoppelung), zeigen die aktuellen Untersuchungen starke Erhöhungen im Holzmaar (wiederum Verdoppelung) und im Ulmener Maar (Verdreifachung).

Deutlicher wird der Verdacht auf anthropogene Herkunft der Stoffe durch den Vergleich der Sulfatgehalte. Von THIENEMANN (1914) – als SO_3 oder Schwefelsäure angegeben – mit Ausnahme des Laacher Sees (46,3 mg/l) zum Teil weit unter 10 mg/l bestimmt, finden sich bei SCHMIDT-RIES (1954/55b) schon Verdoppelungen (Verdreifachung im Ulmener Maar). Die aktuellen Daten sind zu den vorgenannten wiederum erhöht bis verdoppelt, dies besonders im Laacher See, im Ulmener Maar, Holzmaar und Meerfelder Maar.

Da eine derartige Erhöhung im Zusammenhang mit dem Alter der untersuchten Gewässer durch geologische Verhältnisse (unter Voraussetzung einer konstanten Stoffabgabe ins Wasser pro Zeiteinheit) nicht zu deuten ist, muß die Verschmutzung durch den Menschen als sicher angenommen werden.

Die Eignung von Chlorid und Sulfat als Indikatoren einer Gewässerbelastung zeigt sich bei Vorliegen von Vergleichsdaten über einen längeren Zeitraum.

4. Zusammenfassende Einzelcharakteristik der untersuchten Maare

Pulvermaar: Obwohl das zu Anfang dieses Jahrhunderts als vollkommen oligotroph beschriebene Maar hinsichtlich seiner optischen und thermischen Eigenschaften (Transparenz und Ausdehnung des Epilimnions) auch heute noch einen nährstoffarmen Eindruck vermittelt, ist die Tendenz einer leichten Eutrophierung nicht zu verkennen. Dies zeigt sich sowohl im Sauerstoffhaushalt als auch in der Menge der Stoffe – hauptsächlich Phosphat –, die das Wachstum der Primärproduzenten fördern.

Weinfelder Maar: Allen Untersuchungsbefunden zufolge ist das Gewässer, das den – bezogen auf die Seen mit harmonischen Stoffkreisläufen – nährstoffärmsten Eindruck vermittelt, oligotroph an der Grenze zur Mesotrophie. Der Gehalt an Nährstoffen kündigt allerdings eine beschleunigte Eutrophierung an. Das Weinfelder Maar sollte weiterhin von jeglicher Nutzung vollständig ausgeschlossen werden.

Laacher See: Bedingt durch die starke Nutzung des Maars und des Umlandes ist die rapide Zunahme der Trophieverhältnisse des mesotrophen (mit einem Rest Oligotrophie) Gewässers zu befürchten. Es erscheint daher dringend geboten, weitere Belastungen durch Landwirtschaft und Tourismus vom Laacher See fernzuhalten. Das Maar ist mineralstoffreich.

Gemündener Maar: Im Vergleich zu den Untersuchungsbefunden der Voruntersucher wird deutlich, daß sich das Gemündener Maar innerhalb der letzten siebzig Jahre wohl am stärksten vom ehemals oligotrophen Zustand entfernt hat. Alle Parameter indizieren einen typisch eutrophen Charakter. Das Gemündener Maar erscheint als markantes Beispiel für eine negative Gewässerentwicklung innerhalb einer relativ kurzen Zeitspanne, verursacht durch eine intensive Nutzung der kleinen Wasserfläche.

Die Frage nach der Existenz von mineral- und gasreichen Tiefenquellen bedarf noch der Klärung; in diesem Zusammenhang ist der stark erhöhte Chloridgehalt in Grundnähe zu beachten. Auf der anderen Seite ist die Möglichkeit einer temporären Meromixis – bedingt durch die Lage in einem tiefen Talkessel – nicht auszuschließen.

Ulmener Maar: Die von den Voruntersuchern postulierte Sonderstellung aufgrund einer permanenten Chemokline ab 20 m Wassertiefe kann nicht bestätigt werden. Wie beim Gemündener Maar läßt sich allerdings das Auslassen einer oder mehrerer Zirkulationen nicht ausschließen. Das Maar erscheint eutroph.

Schalkenmehrener Maar: Das Gewässer entspricht in allen untersuchten Parametern einem eutrophen See. Es ist partiell in starker Verlandung begriffen (Flachmoorbereich). Bedingt durch die intensive Nutzung ist ein schnelles Ansteigen der Trophieverhältnisse wahrscheinlich.

Holzmaar: Innerhalb der letzten siebzig Jahre sind in den Trophieverhältnissen keine gravierenden Veränderungen eingetreten. Der Gewässerschutz macht sich positiv bemerkbar. Ein weiterer Zufluß von Nitrat sollte verhindert werden. Das Holzmaar ist das am wenigsten eutrophe der flachen Maare.

Meerfelder Maar: Der optische Eindruck eines zwar eutrophen, aber sonst intakten Gewässers wird durch die Analyse widerlegt. Das Maar ist unterhalb von 3 m Tiefe sauerstofflos, mit Schwefelwasserstoff stark angereichert und mit Ausnahme von Bakterien im Tiefenbereich wohl biologisch tot. Eine Sanierung erscheint dringend erforderlich. Maßnahmen hierzu wurden eingeleitet. Das Meerfelder Maar, dessen flacher Teil in starker Verlandung begriffen ist, scheint dem Schwefelwasserstoff-*Oscillatoria*-Typ von Gewässern anzugehören.

Eine Beurteilung der folgenden Maare ist aufgrund einer Oberflächenprobe nur bedingt möglich.

Immerather Maar (Tab. 3): Das Immerather Maar scheint ein stark eutrophes Gewässer zu sein, kenntlich an den hohen Vorkommen von Ammonium, Phosphat, Sulfat und Chlorid. Der pH-Wert sowie die eingangs beschriebene Wasserblüte indiziert mit fehlendem CO_2 eine hohe Produktion im Bereich der Wasseroberfläche. Die Sauerstoffsättigung liegt im Bereich von 100%. Eventuelle Übersättigungen in tieferen Wasserschichten wurden nicht bestimmt.

SCHMIDT-RIES (1954/55b) vermutete Quellaustritte im Maar. Hierdurch wäre der hohe Elektrolytgehalt (423 mg/l), der den des Laacher Sees noch übersteigt, verständlich. Der

	IMMERATHER MAAR	JUNGFERN- WEIHER	WINDSBORN- MAAR
TEMPERATUR (°C)	15,6	16,2	15,1
SAUERSTOFF (mg/l)	9,06	7,97	5,43
SAUERSTOFFSÄTTIGUNG (%)	98,4	88,3	58,9
KOHLENDIOXID (mg/l)	0	12,1	7,7
pH-WERT	9,1	7,9	6,95
TROBUNG (FTU)	0,042	0,097	0,085
ELEKTROLYTGEHALT (mg/l)	423	144	37
GESAMTHÄRTE (°d)	5,4	3,9	2,9
AMMONIUM (mg/l)	0,45	12,1	1,16
NITRIT (mg/l)	0,020	0,026	0,010
NITRAT (mg/l)	2,64	1,35	0,88
PHOSPHAT (mg/l)	0,33	0,27	0,52
CHLORID (mg/l)	83	67	23
SULFAT (mg/l)	34	14	0

Tabelle 3. Physiographische Daten von Immerather Maar, Jungfernweiher und Windsbornmaar (Oberflächenproben, Herbst 1983).

Vergleich mit den Analysen obengenannten Autors verdeutlicht eine Verringerung von Nitrat, Chlorid und der Gesamthärte sowie eine Konstanz der Sulfatkonzentration innerhalb der letzten dreißig Jahre.

Der Trophiezustand des flachen Immerather Maars scheint seit längerer Zeit zu bestehen.

Jungfernweiher: Das sehr flache Gewässer vermittelt nicht den Eindruck eines typischen Maars. Es ist wohl schon seit längerer Zeit durch den Menschen geprägt.

Der relativ geringe Sauerstoffgehalt (Tab. 3) in Verbindung mit einer meßbaren CO_2 -Konzentration läßt auf eine geringe Produktion schließen. Abbauende Prozesse scheinen zu überwiegen. In diesem Zusammenhang fällt der extrem hohe Gehalt des Oberflächenwassers an Ammonium (12,1 mg/l) auf. Im Gegensatz hierzu erscheinen die Werte von Nitrat und Sulfat im Vergleich zu SCHMIDT-RIES (1954/55b) vermindert. Die Mengen an Chlorid, die Gesamthärte sowie der Elektrolytgehalt sind erhöht. Die Phosphatkonzentration ist, obwohl hoch, vergleichbar mit denen der übrigen Maare.

Der Jungfernweiher ist ein stark eutrophes, in Verlandung begriffenes Gewässer.

Windsbornmaar: Das ursprüngliche Maarmoor wurde im letzten Jahrhundert vom Menschen vollständig verändert, erzeugt jedoch beim Betrachter den Eindruck von Naturbelassenheit. Der von SCHMIDT-RIES (1954/55a) ermittelte dystrophe Charakter des flachen Gewässers, erkenntlich an einer Braunwasserfärbung, die eine scheinbare nichtsedimentierende Trübung hervorruft, wird durch die aktuelle Analyse noch in Grundzügen bestätigt (Tab. 3). So finden sich neben geringen Produktionswerten zwar im Vergleich niedrige, für ein dystrophes Gewässer jedoch hohe Mengen belastender Stoffe (Ammonium, Phosphat und Chlorid), die den Verdacht auf Änderung des Trophiegrades nähren. Während im Wasser eine typische Mooralgae dominiert, repräsentieren die Phanerogamen *Potamogeton* und *Menyanthes* in Ufernähe mesotrophe Verhältnisse. Der Gehalt an Elektrolyten und die Gesamthärte haben sich innerhalb der letzten dreißig Jahre verdoppelt.

Da das Maar fast vollständig von einem Ringwall umgeben und auch eine unmittelbare Nutzung – außer sporadischem Touristenbesuch – nicht erkennbar ist (NSG), stellt sich die Frage nach den Wegen der Zufuhr der eutrophierenden Substanzen. Bedingt durch die Höhenlage scheint ein Grundwassereinzug von den nahegelegenen Feldern nicht in Frage zu kommen. Der Charakter des Windsbornmaares ist dystroph mit der Tendenz zur Mesotrophie.

Nach den vorliegenden Untersuchungen läßt sich eine Klassifizierung der Eifelmaare nach aufsteigendem Trophiegrad durchführen (Tab. 4).

DYSTROPH	OLIGOTROPH	MESOTROPH	EUTROPH	STARK EUTROPH	H ₂ S-OSCILLATORIA
(Windsborn- maar)	Weinfelder Maar Pulvermaar Laacher See		Holzmaar Gemündener Maar Ulmener Maar Schalkenmehrener Maar (Jungferweiher) (Immerather Maar)		Meerfelder Maar

Tabelle 4. Klassifizierung der Eifelmaare nach aufsteigendem Trophiegrad. Klammer bedeutet: Beurteilung nur nach Oberflächenanalysen.

Literatur

- BAUR, W. (1980): Gewässergüte bestimmen und beurteilen. – Hamburg und Berlin (Parey).
- BERNHARDT, H. (1980/81): Gewässerschutz und landwirtschaftliche Produktivität im Konflikt – die Nährstoffeliminierungsanlage des Wahnbachtalsperrenverbandes als Lösung. – Wasser- und Abfallwirtschaft in Nordrhein-Westfalen, 58–69.
- DECHEN, H. von (1861): Geognostischer Führer zu der Vulkanreihe der Vorder-Eifel. 1. Aufl. (2. Aufl. 1886). – Bonn.
- ERLENKEUSER, H., FRECHEN, J., STRAKA, H. & WILKOMM, H. (1972): Das Alter einiger Eifelmaare nach neuen petrologischen, pollenanalytischen und Radiokarbon-Untersuchungen. – Decheniana (Bonn) 125 (1/2) 113–129.
- FRECHEN, J. & STRAKA, H. (1950): Die pollenanalytische Deutung der letzten vulkanischen Tätigkeit im Gebiet einiger Eifelmaare. – Die Naturwissenschaften 37, 184–185.
- GARCKE, A. (1972): Illustrierte Flora. 23. Aufl. – Berlin, Hamburg (Parey).
- GESSNER, F. (1959): Hydrobotanik. Bd. II. Stoffhaushalt. – Berlin (Dt. Ver. D. Wiss.).
- HAHNE, A. (1910): Zur Flora des Laacher Seegebietes. – Ber. Vers. Bot. Zool. Verein (Bonn), 62–66.
- HALBFASS, W. (1896): Die noch mit Wasser gefüllten Maare der Eifel. – Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. 53, 310–335.
- HEATH, O. V. S. (1972): Physiologie der Photosynthese. – Stuttgart (Thieme).
- HÖLL, K. (1970): Wasser. Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Biologie. 5. Aufl. – Berlin (de Gruyter).
- HOMANN, W. (1968a): Tauchen in den Eifelmaaren. – Delphin 10/68, 9–11.
- (1968b): Tauchen in den Eifelmaaren. – Delphin 11/68, 12–13.
- HUMMEL, M. (1949): Zur postglazialen Wald-, Siedlungs- und Moorgesichte der Vordereifel. – Planta 37, 451–497.
- HUSTEDT, F. (1954): Die Diatomeenflora der Eifelmaare. – Arch. Hydrobiol. 48, 451–496.
- KIEFFER, F. (1972): Naturkunde des Bodensees. 2. Aufl. – Sigmaringen (Thorbecke).
- KOERNICKE, M. & ROTH, F. (1907): Eifel und Venn. – Veget. Bilder (Jena), 5. Reihe.
- KRAMER, H. (1968): Literatur über die Limnofauna der ehemaligen Rheinprovinz. – Decheniana (Bonn) 121 (1/2), 151–163.
- KRAUSE, H. R. (1959): Biochemische Untersuchungen über den postmortalen Abbau von totem Plankton unter aeroben und anaeroben Bedingungen. – Arch. Hydrobiol. Suppl. 24, 297–337.
- KUSNETZOW, S. I. (1959): Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen. – Leipzig (Dt. Verl. d. Wiss.).
- LAVEN, L. & THYSSEN, P. (1959): Flora des Köln-Bonner Wandergebietes. – Decheniana (Bonn) 112 (1), 1–179.
- MERCK, E. (ohne Jahr): Die Untersuchung von Wasser. 9. Aufl. – Darmstadt.
- MIEGEL, H. (1963): Der Laacher See und seine Mollusken. – Decheniana (Bonn) 116 (1/2), 45–56.
- (1981): Praktische Limnologie. – (Diesterweg, Salle, Sauerländer).
- MOLL, W. L. H. (1979): Taschenbuch für Umweltschutz. II: Biologische Informationen. 2. Aufl. – Darmstadt (UTB Steinkopf).
- (1982a): Taschenbuch für Umweltschutz. I: Chemische und technologische Informationen. 3. Aufl. – München, Basel (UTB Reinhardt).
- (1982b): Taschenbuch für Umweltschutz. III: Ökologische Informationen. 2. Aufl. – München, Basel (UTB Reinhardt).

- ODUM, E. P. (1959): Fundamentals of ecology. 2. Aufl. – Philadelphia, London (W. B. Saunders Comp.).
- OHLE, E. (1971): Gewässer und Umgebung als ökologische Einheit in ihrer Bedeutung für die Gewässereutrophierung. – Gewässerschutz-Wasser-Abwasser (Aachen) 4, 437–456.
- RAHM, G. (1921): Naturkundliche Wanderungen am Eifelmaar. – Aus Natur und Kultur der Eifel (Bonn) 2.
- (1923): Pflanzen vom Laacher See und seiner Umgebung. – Aus Natur und Kultur der Eifel (Bonn) 6.
- RUTTNER, F. (1947): Zur Frage der Karbonatassimilation der Wasserpflanzen. I: Die beiden Haupttypen der Kohlenstoffaufnahme. – Österr. bot. Z. 94, 265–284.
- (1962): Grundriß der Limnologie. 3. Aufl. – Berlin (de Gruyter).
- SCHARF, W. (1977): Beiträge zur Desmidiaceenflora des Niederrheingebietes und des Laacher Sees (Eifel). – Decheniana (Bonn) 130, 29–41.
- (1979): Zieralgen (Desmidiaceales, Mesotaeniaceae) aus Eifelmaaren. – Decheniana (Bonn) 132, 29–42.
- (1982a): Limnologische Exkursionen. 1. Der oligotrophe See am Beispiel des Pulvermaars. – Mikrokosmos 71 (1), 8–12.
- (1982b): Limnologische Exkursionen. 2. Der eutrophierte See am Beispiel des Schalkenmehrener Maars. – Mikrokosmos 71 (8), 240–243.
- (1982c): Limnologische Exkursionen. 3. Dystrophe Gewässer und Hochmoore. – Mikrokosmos 71 (11), 329–332.
- SCHMIDT, E. (1978): Ökosystem See. 3. Aufl. – Heidelberg (Quelle und Meyer).
- SCHMIDT-RIES, H. (1954/55a): Untersuchungen über die im deutschen Eifelgebiet vorhandenen Hochmoore. – Gewässer und Abwässer (Düsseldorf) 6, 40–75.
- (1954/55b): Beiträge zur Physiographie der Eifelmaare. – Gewässer und Abwässer (Düsseldorf) 9/10, 7–112.
- (1956): Die limnologische Forschung und die Eifelmaare. – Eifeljahrbuch.
- (1958): Untersuchungen über den Wärmehaushalt der Eifelmaare. 1. Allgemeine Erörterungen über den Bereich der Wasseroberfläche. – Gewässer und Abwässer (Düsseldorf) 22, 14–26.
- (1959a): Untersuchungen über den Wärmehaushalt der Eifelmaare. 2. Spezielle Beobachtungen im Bereich der Wasseroberfläche. – Gewässer und Abwässer (Düsseldorf) 24, 74–98.
- (1959b): Untersuchungen über den Wärmehaushalt der Eifelmaare. 3. Spezielle Beobachtungen und Messungen in den Bereichen des Pelagial und Benthos. – Gewässer und Abwässer (Düsseldorf) 26, 5–88.
- & MEISENBURG, U. (1956): Untersuchungen über den Gashaushalt der Eifelmaare. – Gewässer und Abwässer (Düsseldorf) 13, 41–47.
- SCHWICKERATH, M. (1938): Über einige bemerkenswerte Pflanzengesellschaften der Maare und Maarmoore in der Umgebung Dauns und Gillenfelds. – Bl. f. Heimatpfl., Der Naturfreund 2, 1–2.
- (1963): Die Pflanzengesellschaften der Maare und Maarmoore. – Aachen, Wiss. Veröffent. Geobot. Inst. Aachen 2.
- SCHWOERBEL, J. (1971): Einführung in die Limnologie. 1. Aufl. – Stuttgart (UTB Gustav Fischer).
- (1980): Methoden der Hydrobiologie – Süßwasserbiologie. 2. Aufl. – Stuttgart (UTB Gustav Fischer).
- SOROKIN, J. I. (1970): Interactions between sulphur and carbon turnover in meromictic lakes. – Arch. Hydrobiol. 66, 391–446.
- STRAKA, H. (1953): Das Pflanzenkleid des Kreises Daun und seine Geschichte. – Daun.
- (1959): Zwei postglaziale Pollendiagramme aus dem Hinkelsmaar bei Manderscheid (Vulkaneifel). – Decheniana (Bonn) 112 (2), 219–241.
- THIENEMANN, A. (1910): Die Felchen-Kolonie des Laacher Sees. – Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. 67, Sitzgs. Ber. E, 85–90.
- (1911a): Die Entstehung einer neuen Coregonenform in einem Zeitraum von 40 Jahren. – Zool. Anz. 38, 301–303.
- (1911b): Die Silberfelchen des Laacher Sees. – Allg. Fisch. Ztg. 36, 324–328.
- (1912a): Die Silberfelchen des Laacher Sees. – Zool. Jahrb. Abt. Syst. Geogr. Biol. 32, 173–220.
- (1912b): Das Ulmener Maar. – Festschr. med.-naturf. Ges. Münster.
- (1913a): Der Zusammenhang zwischen Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers und der Zusammensetzung der Tiefenfauna unserer Seen. – Intern. Revue d. ges. Hydrogr. u. Hydrobiol. 6, 243–249.
- (1913b): Die Felchen des Laacher Sees. – Allg. Fisch. Ztg. 38, 115–118.
- (1913c): Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Teil 1. – Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. 70, 249–302.
- (1914): Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Teil 2. – Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. 71, 273–389.

- (1915): Die Chironomidenfauna der Eifelmaare. - Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. **72**, 1-58.
- (1917a): Über die vertikale Schichtung des Planktons im Ulmener Maar und die Planktonproduktion der anderen Eifelmaare. - Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. **74**, 103-134.
- (1917b): Chironomiden aus dem Rheinland. - Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. **74**, 135-142.
- (1925): Die Binnengewässer Mitteleuropas, in: Die Binnengewässer **1**.
- (1926): Die Bedeutung des Laacher Sees für die Tierkunde und die Senkunde. - Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. **83**, 42-49.
- (1928): Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See, in: Die Binnengewässer **4**.
- (1950): Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas, in: Die Binnengewässer **18**.
- (1954): Chironomus, in: Die Binnengewässer **20**.
- (1955): Die Binnengewässer in Natur und Kultur. - Heidelberg (Springer).
- & VOIGT, W. (1910): Vorläufiger Bericht über die Untersuchung der Eifelmaare im August und September 1910. - Verh. nat. hist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. **67**, Sitzgs. Ber. E, 81-84.
- WINKLER, S. (1973): Einführung in die Pflanzenökologie. - Stuttgart (UTB Gustav Fischer).
- ZACHARIAS, O. (1888a): Die Tierwelt der Eifelmaare. - Biol. Centralbl. **8**, 574.
- (1888b): Faunistische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. - Zool. Anz. **11**, 705-706.
- (1889): Bericht über eine zoologische Exkursion an die Kraterseen der Eifel. - Biol. Centralbl. **9**, 56-64, 76-80, 107-113.

Nachtrag

Band 68 der Mitteilungen der Pollichia (Bad Dürkheim 1980) ist zum großen Teil den Eifelmaaren gewidmet.

Hieraus insbesondere: SCHARF, B. W. & STABEL, H.-H.: Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers der Eifelmaare.

Mit dem Meerfelder Maar befassen sich folgende Arbeiten: SCHARF, B. W. (1984): Errichtung und Sicherung schutzwürdiger Teile von Natur und Landschaft mit gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung. Beispiel Meerfelder Maar. Teil 1 - Gebietsbeschreibung, Problematik und Sicherung. Teil 2 - Sanierung und Restaurierung des Maares. - Natur und Landschaft **59** (1), 18-20, 21-27.

Anschrift des Verfassers: Dr. Heinz Brück, Rheinische Akademie e. V. Köln, Vogelsanger Straße 295, D-5000 Köln 30.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [138](#)

Autor(en)/Author(s): Brück Heinz

Artikel/Article: [Neue physiographische Daten der Eifelmaare 193-220](#)