

Limnologie der Eifelmaare Meromixis und Restauration

Von Dr. Burkhard W. Scharf, Magdeburg

Vortrag, gehalten am 1. Dezember 1993

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. Heinz Löffler vom Limnologischen Institut der Universität Wien für die Einladung zu diesem Vortrag.

Ich habe von 1972 bis 1992 in Rheinland-Pfalz beim Landesamt für Wasserwirtschaft gearbeitet und mich dabei wissenschaftlich vor allem mit den Maarseen in der Eifel befaßt. Die Arbeiten sind in dem Buch von SCHARF & BJÖRK (1992) zusammengefaßt.

Über die Entstehung der Eifelmaare sind mehrere Hypothesen aufgestellt worden. Heute nimmt man allgemein an, daß sich die Maare durch das Zusammentreffen von aufsteigender heißer Magma und Grundwasser gebildet haben (LORENZ & BÜCHEL

1980, LORENZ 1984). Bei dem Zusammentreffen hat sich durch den schlagartigen Übergang von Wasser aus der flüssigen in die gasförmige Phase in einer Tiefe von mehreren hundert Metern eine Explosion ereignet. Einerseits wurde Material aus der Explosionskammer hinausgeschleudert und hat einen Kraterwall aufgeschüttet, andererseits ist umgebenes Gestein in die Explosionskammer hineingesunken. Dadurch hat sich eine Vertiefung in der Erdoberfläche gebildet, die sich im Laufe der Zeit mit Wasser gefüllt hat, wodurch ein Maarsee entstand. In der Eifel sind heute rund 60 Maare bekannt. In 9 von ihnen hat sich bis heute ein See erhalten. Die meisten Maarseen sind also bereits verlandet.

Das Ulmener Maar als das jüngste Maar der Eifel ist vor etwa 8.000 Jahren entstanden. Der Laacher See hat ein Alter von etwa 11.200 Jahren. Die meisten heute noch mit Wasser gefüllten Maare entstanden vor 30 bis 70.000 Jahren. Die ältesten Maare der Eifel weisen ein Alter von über 1 Million Jahre auf.

Die Maarseen der Eifel zählen zu den klassischen Stätten der Limnologie. In den Jahren von 1910 bis 1914 hat THIENEMANN die Eifelmaare erforscht und 1914 die Seentypenlehre aufgestellt (THIENEMANN 1914/15).

Ausgehend von der Besiedlung des Seebodens hat THIENEMANN den Sauerstoffhaushalt untersucht und erklärt.

Dabei berücksichtigte er folgende Parameter:

- Atmung der Tiefenfauna
- Eintrag und Zersetzung von Blättern und litoraler Vegetation
- Menge und Destruktion von Plankton
- Jahreszeit
- Lage und Windexposition
- Volumenverhältnis von Epi- zu Hypolimnion und
- Temperatur des Tiefenwassers.

THIENEMANN besaß ein bewundernswertes Abstraktionsvermögen und stellte einen Zusammenhang zwischen der Größe, Geologie und Nutzung des Einzugsgebietes, dem Chemismus des Wassers, dem Planktongehalt, dem Sauerstoffhaushalt und schließlich der Besiedlung des Seebodens her. Er definierte am Beispiel des Weinfelder und des Schalkenmehrener Maares den oligotrophen und den eutrophen Seetyp.

Das Weinfelder und das Schalkenmehrener Maar liegen nur 450 m weit von einander entfernt (Abb.1) und unterscheiden sich wesentlich (Tab. 1).

THIENEMANN hatte nicht nur das Glück, zwei oligotrophe (Gemündener und Weinfelder Maar) und einen eutrophen See direkt nebeneinander zu finden (Abb. 1).

	Weinfelder Maar	Schalkenmehrener Maar
Umgebungsfaktor	1,2	4,9
Landnutzung	extensive Forst- und Weidewirtschaft	Besiedlung, Ackerbau, Forstwirtschaft
größte Tiefe in m	51	21
Oberfläche in ha	16	22
Leitfähigkeit als Maß für den Salzgehalt in $\mu\text{S}/\text{cm}$	40–50	345–430
Konzentration von P_{tot} im Frühjahr 1979 in $\mu\text{g}/\text{l}$	6	33
Planktonentwicklung	arm	reich
Trophiegrad	oligotroph	eutroph

Tab. 1. Einige wichtige Unterschiede zwischen dem Weinfelder Maar und dem Schalkenmehrener Maar

Nicht weit entfernt lag auch das meromiktische Ulmener Maar. Er erklärte das Vorhandensein eines sauerstofffreien, salzreichen Wasserkörpers in der Tiefe dieses Sees (Monimolimnion) durch eine mineralhaltige Quelle im See (crenogene Meromixis). Dieses mineralhaltige Wasser weist eine höhere Dichte als das eigentliche Seewasser auf und schichtet sich deshalb unter das Seewasser. Durch die hohe Dichte wird die in unseren Breiten übliche Vollzirkulation im Frühjahr und Herbst be- und schließlich verhindert. Dadurch wird auch kein Sauerstoff mehr nachgeliefert und der Sauerstoff verarmt im Monimolimnion.

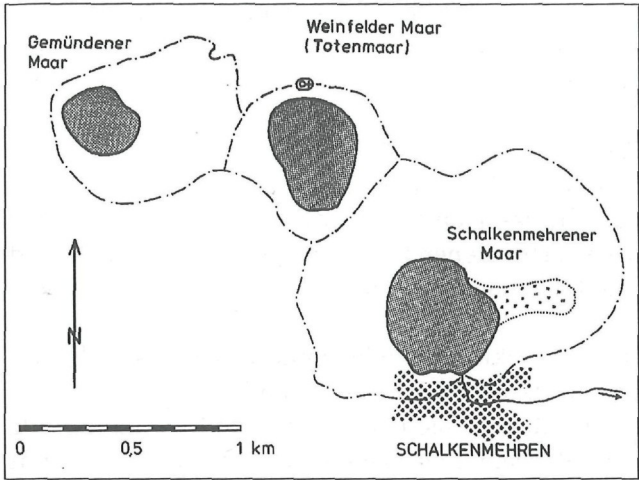


Abb. 1. Oberirdisches Einzugsgebiet des Gemündener, Weinfelder und Schalkenmehrener Maares.

Im Jahr 1875 wurde nach dem Bau eines Stollens durch die Kraterwand künstlich der Ulmener Bach in das Ulmener Maar eingeleitet. Dadurch hat sich das Einzugsgebiet etwa vervierzigfacht, und es sind gegenüber der Zeit vor 1875 wesentlich mehr Pflanzennährstoffe in den See eingetragen worden. Das Ulmener Maar war bereits zu THIENEMANN'S Zeiten eutroph. Dieser See ist mit einer größten Tiefe von 39 m gegenüber der Oberfläche von 5,5 ha sehr tief. Daher vermag der Wind auch nur das obere Drittel des Sees im Frühjahr und Herbst zu durchmischen. Solche tiefen Seen mit einer kleinen Oberfläche werden meromiktisch, wenn sie eutrophieren (biogene Meromixis). Dieses erklärt sich durch das Absinken der vermehrt gebildeten organischen Substanz,

bei deren bakterieller Zersetzung über dem Gewässergrund Salze freigesetzt werden, die die Dichte erhöhen.

Kurz nach dem zweiten Weltkrieg ist das ebenfalls 39 m tiefe Gemündener Maar durch die Einleitung der Abwässer einer Badeanstalt und eines damals noch vorhandenen Campingplatzes eutrophiert und ebenfalls biogen meromiktisch geworden.

Die Entwicklung vom holomiktischen, also vollständig durchmischten, zum meromiktischen See konnte ich während meiner Tätigkeit in Rheinland-Pfalz am Pulvermaar beobachten. Das Pulvermaar ist mit 70 m das tiefste der Eifelmaare. Es ist fast kreisrund und weist einen mittleren Durchmesser von 685 m auf. Obwohl es für den Campingplatz und die Badeanstalt eine Ringleitung zur Abführung der Abwässer gab, ist das Maar durch touristische und landwirtschaftliche Nutzung des Einzugsgebietes leicht eutrophiert. Die Sichttiefe schwankte immer noch zwischen 4 und 10 m und die Konzentration des Gesamt-Phosphors betrug im Frühjahr erst $8 \mu\text{g/l P}_{\text{tot}}$! Trotzdem hat sich im Jahr 1982 ein Monimolimnion gebildet. Es erreichte im ersten Jahr seiner Existenz bereits eine Mächtigkeit von 9 m. Das Monimolimnion des Pulvermaares konnte im Herbst 1984 mit Hilfe einer Belüftung mit dem übrigen Wasser vermischt werden. In den folgenden Jahren konnte auch das Einzugsgebiet saniert werden.

Die Bildung eines Monimolimnions im Weinfelder Maar wurde 1984 gerade noch in letzter Minute verhindert. Auch dieser See ist mit 51 m sehr tief im Vergleich zu seiner Oberfläche von 16 ha. Hier waren es vor allem die fischereilichen Aktivitäten, die die Eutrophierung bewirkt haben. Das Anfüttern der Fische wurde generell verboten und der Fischbesatz für 3 Jahre zur Durchführung eines Forschungsvorhabens eingestellt. Das Maar erholte sich auf natürliche Weise, und es blieb holomiktisch.

Beim Schalkenmehrener Maar bildete sich im Winter 1987/88 durch die Einleitung von Straßenabwässern ein Monimolimnion. Auf die verkehrsreiche Straße zwischen dem Weinfelder und dem Schalkenmehrener Maar wurde im Winter Salz zur Verhinderung von Eisbildung gestreut. Diese Straßenabwässer mit einer sehr hohen Dichte haben sich unter das Wasser des Schalkenmehrener Maares geschichtet und damit die Bildung eines Monimolimnions gefördert (ektogene Meromixis). 1989 war das Monimolimnion bereits 5 m mächtig, obwohl der See nur 21 m tief ist, und wies eine Konzentration von über 2 mg/l P_{tot} auf. Im Februar 1990 beseitigte ein verheerender Sturm das Monimolimnion, was zur Folge hatte, daß der See einen starken Eutrophierungsschub erfuhr.

Damit wären auf einem räumlich engen Gebiet alle bei WETZEL (1975) genannten Möglichkeiten der Bildung eines Monimolimnions (crenogen, biogen und ektogen) zu finden.

Meine Aufgabe als Limnologe in Rheinland-Pfalz war es, die stehenden Gewässer zu überwachen und im Bedarfsfall Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserbeschaffenheit vorzuschlagen. Gerade an den Eifelmaaren wurden auf meine Veranlassung hin eine Reihe von Maßnahmen in den Einzugsgebieten und in den Seen selber durchgeführt. Im folgenden sollen davon einige genannt werden:

Maßnahmen zur Verminderung der externen Belastung:

Alle Seentherapieverfahren haben nur dann langfristig Erfolg, wenn die Ursache der Belastung behoben ist. Wir sagen: Erst sanieren, dann restaurieren. Manchmal ist es jedoch nicht möglich, zuerst das Einzugsgebiet zu behandeln. Am Beispiel des Pulvermaares kann dieses verdeutlicht werden. Hier galt es, unverzüglich das neu gebildete Monimolimnion wieder zu beseitigen. Hätte man erst abgewartet, bis die externe Belastung im Einzugsgebiet vermindert worden wäre, hätte sich das Monimolimnion weiter stabilisiert, und es wäre wesentlich aufwendiger geworden, es wieder zu eliminieren.

Die Ortschaften Meerfeld und Schalkenmehren wurden mit einer Kanalisation versehen, ebenfalls das Kloster Maria Laach am Laacher See, für die Badeanstalten und die Campingplätze an den Seen wurden Ringleitungen installiert. In die Eifelmaare werden seit 1990 keine Abwässer mehr eingeleitet. - Der Campingplatz am Holzmaar wurde geschlossen

und zum Schutz des Makrophytengürtels wurde an diesem Maar auch ein Badeverbot erlassen. Am Weinfelder Maar wurde ebenfalls das Baden untersagt. Die wassersportlichen Aktivitäten am Laacher See wurden auf bestimmte Stellen konzentriert, andere Bereiche wurden mit massiven Zäunen aus der menschlichen Nutzung ausgenommen. - Über die Einschränkung der Fischerei, insbesondere am Weinfelder Maar, wurde oben bereits kurz berichtet. Ausführliches hierzu siehe SCHARF & EHLSCHEID (1993). - Um einige der Maarseen wurden Pufferzonen geschaffen, also Bereiche, in denen keine Landwirtschaft betrieben werden darf, oder nur eine extensive Weidewirtschaft, so daß diese Zone die aus der Umgebung abgeschwemmten Pflanzennährstoffe auffangen und in Biomasse festhalten soll. - Die technisch und finanziell aufwendigste Maßnahme zur Verminderung des Eintrags von Nährstoffen befindet sich am Ulmener Maar. Hier wird der Hauptzufluß des Sees durch eine neuartige Phosphor-Eliminierungsanlage geleitet, in der über 90% der mitgeführten Phosphate entnommen werden.

Maßnahmen im See:

Ist das Einzugsgebiet saniert, dienen die Restaurationsmaßnahmen (in-lake measures) zur Unterstützung einer schnellen Oligotrophierung. Dabei ist Oligotrophierung als die Umkehrung der Eutrophierung zu verstehen. Es bedeutet nicht, daß alle Seen einen oligotrophen Zustand erreichen sollen. Zur Festlegung des anzustrebenden Trophiegrades kön-

nen paläolimnologische Untersuchungen Argumentationshilfen liefern. Deshalb haben wir auch aus einer Reihe von Seen Bohrkerne entnehmen lassen, die bis zum eiszeitlichen Untergrund reichen. Diese und weitere paläolimnologische Untersuchungen an europäischen Maaren sind in dem Buch von NEGEN-DANK & ZOLITSCHKA (1993) zusammengefaßt.

Beim Meerfelder Maar wurden mit Hilfe einer Tiefenwasserableitung verstärkt Nährstoffe exportiert. Die Tiefenwasserableitung und die Schaffung einer Pufferzone um das Meerfelder Maar wurden 1981 verwirklicht. Wenige Jahre später hatte der bis 1981 polytrophe See einen mesotrophen Zustand erreicht. Dieses war nur möglich, weil die theoretische Wassererneuerungszeit nur 2,3 Jahre beträgt. Beim Gemündener Maar wurde ebenfalls eine Tiefenwasserableitung verlegt, allerdings mit dem Ziel, das Monimolimnion zu entfernen. Beim Pulvermaar und beim Ulmener Maar wurde das Monimolimnion mit Hilfe einer Zwangszirkulation durch eine Belüftung beseitigt. Beim Laacher See wurde anhand von Freilanduntersuchungen und mit Hilfe von Experimentierbehältern (enclosures) von 1000 m³ Inhalt nachgewiesen, daß in diesem See die Bestandsdichte an Felchen (*Coregonus lavaretus*) künstlich so hoch gehalten wird, daß das natürliche Nahrungsnetz gestört ist und der See aufgrund seiner Algenentwicklung eutropher erscheint als er nach seinem Nährstoffgehalt sein müßte. Wir haben empfohlen, verstärkt adulte Felchen herauszufangen und weniger

Jungfische als in den vergangenen Jahren aus der Erbrütungsanlage in den Laacher See einzusetzen.

Schriftenverzeichnis

- LORENZ, V. 1984: Zur Geologie des Meerfelder Maares. - Cour. Forsch. Inst. Senckenberg 65: 5-12
- LORENZ, V. & G. BÜCHEL 1980: Zur Vulkanologie der Maare und Schlackenkegel der Westeifel. Mitt. Pollichia 68: 29-100
- SCHARF, B.W. & S. BJÖRK (eds.) 1992: Limnology of Eifel maar lakes. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 38: 348 S.
- SCHARF, B.W. & T. EHLSCHIED 1993: Extensivierung der Fischerei - ein Beitrag zur Oligotrophierung von Seen. Natur und Landschaft 68: 562-565
- NEGENDANK, J.F.W. & B. ZOLITSCHKA (eds.) 1993: Paleolimnology of European maar lakes. Lectures notes in earth sciences 49: 513 S. (Springer Verlag, Berlin, ...)
- THIENEMANN, A. 1914/15: Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Verh. Naturhist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. 70: 249-302 und 71: 273-389
- WETZEL, R. 1975: Limnology. 743 S., Philadelphia, ... (Saunders Comp.)

Anschrift des Verfassers:

Dr. B. Scharf

UFZ-Institut für Gewässerforschung

Am Biederitzer Busch 12

D-39114 Magdeburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [133 134](#)

Autor(en)/Author(s): Scharf Burkhard W.

Artikel/Article: [Limnologie der Eifelmaare Meromixis und Restauration. 197-207](#)