Mitt. POLLICHIA	78	121 – 132	6 Abb.	2 Tab.	Bad Dürkheim 1991
					ISSN 0341-9665

Burkhard W. Scharf, Heinz Bernhardt & Bernhard Lüsse

NEA Ulmen (Nährstoff-Eliminierungsanlage am Ulmener Maar). Sanierung eines eutrophen Maarsees

Kurzfassung

Scharf, B.W., Bernhardt, H. & Lüsse, B. (1991): NEA Ulmen (Nährstoff-Eliminierungsanlage am Ulmener Maar). Sanierung eines eutrophen Maarsees. – Mitt. POLLICHIA: **78**: 121 – 132, Bad Dürkheim

Aus dem eutrophen Ulmener Maar wird Uferfiltrat für ein Trinkwasserwerk entnommen. Die Trinkwassergewinnung ist durch den eutrophen Zustand des Sees gefährdet. 1988 wurde im Hauptzulauf des Ulmener Maares (= Ablauf des oberhalb gelegenen polytrophen Jungferweihers) eine Nährstoff-Eliminierungsanlage (NEA) gebaut. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens werden in der NEA verschiedene Verfahren zur weitgehenden Entnahme von Pflanzennährstoffen, insbesondere von Phosphor-Verbindungen, getestet, wobei als Ziel dieser Maßnahme eine P_{gesamt}-Konzentration im Ablauf der Anlage von höchstens 30 μ g/l erreicht werden soll.

Ein Teil des Rohwassers wird in der NEA unbehandelt durch Aktivtonerdefilter geleitet, die vor allem gelöste P-Verbindungen adsorptiv an aktiviertem Aluminiumoxid fixieren. Der größte Teil des Rohwassers wird mit Polyaluminiumchlorid (in späteren Versuchen auch mit Eisensalzen) als Fällungs- und Flockungsmittel versetzt. Die P-Verbindungen werden ausgefällt und zusammen mit den organischen und anorganischen partikulären Stoffen ausgeflockt. Die Flocken werden anschließend in Sedimentationsbecken abgetrennt. Das aus den Sedimentationsbecken ablaufende Wasser wird zusätzlich filtriert (Schnellsandfilter und Langsamsandfilter).

Erste Ergebnisse zeigten, daß die Aktivtonerdefilter nicht die erwartete Eliminierungsleistung aufwiesen, weil der Anteil der löslichen P-Verbindungen im Rohwasser weit unter 10 % des Gehalts an P_{gesamt} lag. Die Schnell- und Langsamsandfilter in Kombination mit der Fällung, Flockung und Sedimentation erbrachten jedoch für eine Reihe von Parametern, u.a. auch Phosphor, eine Reduzierung um mehr als 90 % des Gehalts vom Rohwasser. Die P_{gesamt}-Konzentration im Ablauf der Anlage liegt nur noch bei 10 – 20 μ g/l und ist damit so niedrig, daß das derzeit eutrophe Ulmener Maar in den mesotrophen Zustand überführt werden wird. Damit wird auch die Trinkwassergewinnung in Zukunft sichergestellt werden können.

Abstract

Scharf, B. W.; Bernhardt, H. & Lüsse, B. (1991): NEA Ulmen (Nährstoff-Eliminierungsanlage am Ulmener Maar). Sanierung eines eutrophen Maarsees
[NEA Ulmen (nutrient elimination plant at the Ulmen Maar). External restoration of a eutrophic maar lake]. – Mitt. POLLICHIA, **78**: 121 – 132, Bad Dürkheim

From the eutrophic lake Ulmen Maar, lake-side filtrate is extracted for a drinking water supply. The extraction of drinking water is endangered by the eutrophic state of the lake. In 1988, a nutrient elimina-

tion plant (NEA) was set up in the main tributary of the Ulmen Maar (= effluent of the shallow polytrophic lake Jungferweiher). Within the frame of a research project, different methods of nutrient- and especially phosphorus elimination are tested in order to reduce the total P-concentration to a maximum of 30 μ g/l in the effluent of the plant.

A part of the raw water is led without any previous treatment through activated alumina filters in which especially soluble phosphorus is adsorbed. The largest part of the raw water is, however, treated with polyaluminiumchloride (in later experiments alternatively with iron salts) as a flocculant. The P-compounds precipitate and are afterwards flocculated together with the organic and anorganic particles. Thereafter, they are separated from the solution in sedimentation basins. In addition to this, the outflow of the sedimentation basins is filterd through rapid and slow sand filters.

First results pointed out that the activated alumina filters did not achieve the expected elimination results because the amount of soluble phosphorus compounds was far below 10 % of the total P-concentration. The above mentioned sand filters, however, in combination with precipitation, flocculation and sedimentation achieved for serveral set parameters, among them the P-content, a reduction of more than 90 % compared to the raw water. The total P-concentration in the effluent of the NEA reached meanwhile 10 – 20 μ g/l and is therefore so low that the eutrophic Ulmen Maar will be brought into a mesotrophic state.

Thus, the supply of drinking water is guaranteed in the future.

Résumé

SCHARF, B.W., BERNHARDT, H. & LÜSSE B. (1991): NEA Ulmen (Nährstoff-Eliminierungsanlage am Ulmener Maar). Sanierung eines eutrophen Maarsees
[NEA Ulmen (station d'élimination des substances nutritives dans le cours principal du lac Ulmener Maar). Thérapeutique pour un eutrophe lac dans la région d'Eifel]. – Mitt. POLLICHIA: **78**: 121 – 132, Bad Dürkheim

L'eutrophe lac Ulmen Maar est un réservoir d'eau potable. L'existance de l'usine hydraulique est menacée par l'état eutrophe du lac. En 1988 on a construit une station pour l'élimination des substances nutritives (NEA) dans la cours principal du lac Ulmener Maar (= décharge du polytrophe étang Jungferweiher). Dans le cadre d'un projet de recherches différentes méthodes on été testées pour prélèvement des substances nutritives, en particulier de phosphore. C'est le but d'atteindre une concentration moins de 30 μ g/l P_{total} dans la sortie de la station.

Dans la NEA une partie d'eau brute est conduite à travers des filtres d'oxyde d'aluminium activé, qui fixent avant tout les combinaisons solubles de posphore par absorption. La plus grande partie de l'eau brute est mélangée avec du polychloride d'aluminium (et dans des recherches postérieures aussi avec des sels du fer) comme moyens de précipitation et de floculation. Les combinaisons du phosphore sont précipitées et floculées, ensemble avec des matières particulières organiques et inorganiques. Les flocons sont séparées finalement dans des bassins de sédimentation. L'eau s'écoulant des bassins de sédimentation est en outre filtrée (filtres rapides de sable et filtres lents de sable).

Les premiers résultats montrèrent que les filtres d'oxyde d'aluminium activé n'ont pas présenté la performance attendue d'élimination parce que la partie du phosphore soluble en eau brute se trouve en dessous de 10 % du phosphore total. Les filtres lents et rapides de sable, en combination avec la précipitation, la floculation et la sédimentation, ont produit cependant pour une série de paramètres, entre autre aussi du phoshore total, une réduction de plus de 90 % en teneur de l'eau brute. La teneur du phosphore total dans la sortie de la station est encore seulement autour de 10 à 20 μ g/Litre et est de ce fait si basse que actuellement l'état eutrophe du lac Ulmener Maar se transformera en mesotrophe. Par ce moyen aussi la production d'eau potable à l'avenir pourra être garantiée.

1. Einleitung

An den vulkanisch entstandenen Maarseen in der Eifel wurden eine Reihe von Sanierungen und Restaurierungen zur Oligotrophierung dieser in der Bundesrepublik Deutschland einmaligen Naturdenkmäler durchgeführt (SCHARF 1987, SCHARF et al. in Vorber.). Folgende Maßnahmen wären derzeit zu nennen, weitere sind in Vorbereitung:

Sanierung (Maßnahmen im Einzugsgebiet)
- Bau von Ringkanalisationen zur Fernhaltung von Abwasser

- Schließung von Campingplätzen
- Einschränkung von sportlichen Aktivitäten
- Einschränkung der Fischerei
- Einschränkung der Landwirtschaft mit Bildung von Pufferzonen um verschiedene Seen
- Bau einer Nährstoff-Eliminierungsanlage im Hauptzufluß eines Maarsees
- Schaffung von Ersatzgewässern

Restaurierung (Maßnahmen im See selber)
- Installierung von Tiefenwasserableitungen
- Durchführung von Zwangszirkulationen
- Steuerung des Nahrungsnetzes
- Rekonstruktion der ehemaligen Fischfauna

Im folgenden soll über die Nährstoff-Eliminierungsanlage (NEA) am Ulmener Maar berichtet werden. Hierzu wird ein kurzer geschichtlicher Abriß über die hydrologischen Verhältnisse am Ulmener Maar vorangestellt (Scharf & Stabel 1980).

2. Kurzer geschichtlicher Abriß der hydrologischen Verhältnisse am Ulmener Maar

Das Ulmener Maar ist mit einem Alter von etwa 10.000 Jahren das jüngste der Eifelmaare. Das natürliche Einzugsgebiet ist sehr klein (0,1 km²). Nur ein sehr kleiner Bach, der im Sommer austrocknet, mündet in den See. Bis ins Mittelalter erfolgte der Abfluß des Maares über die Dorfstraße.

Im Mittelalter Bau eines Stollens durch die südliche Kraterwand (Burgstollen) zum Betrieb von Mühlen

1875	Bau eines Stollens durch die nördliche Kraterwand; dadurch Zuleitung von Wasser aus dem Ulmener Bach ins Ulmener Maar zur besseren Wasserversorgung der Mühlen (Vergrößerung des Einzugebietes auf 3,95 km²) (Abb. 1)
1926-1928	Bau eines Wasserwerkes am NO-Ufer des Maares; Entnahme von Uferfiltrat
1927-1942	Pumpenleistung: rund 350.000 m³/Jahr
1942	Ulmener Bach zum Jungferweiher gestaut
1942	Pumpenhaus umgebaut
1942-1948	Pumpenleistung: rund 600.000 m³/Jahr
1952	Brunnen 1 und 3 von 17 auf 30 m uG vertieft; Brunnen 1 und 3 liefern seitdem je 60 m³/h
1948-1975	Pumpenleistung: durchschnittlich rund 700.000 m³/Jahr (1960 Minimum: 446.918 m³/a; 1965 Maximum: 1.042.232 m³/Jahr)
1975-1989	Pumpenleistung: rund 900.000 m³/Jahr

Das Trinkwasserwerk am Ulmener Maar deckt ein Drittel des Bedarfs an Trinkwasser des Landkreises Cochem-Zell.

3. Entwicklung der Wasserbeschaffenheit des Ulmener Maares

Thienemann (1914/15, 1919) hat in den Jahren von 1910 bis 1914 als erster die Maarseen der Eifel limnologisch untersucht. Somit liegen von diesen Gewässern mit die ältesten limnolo-

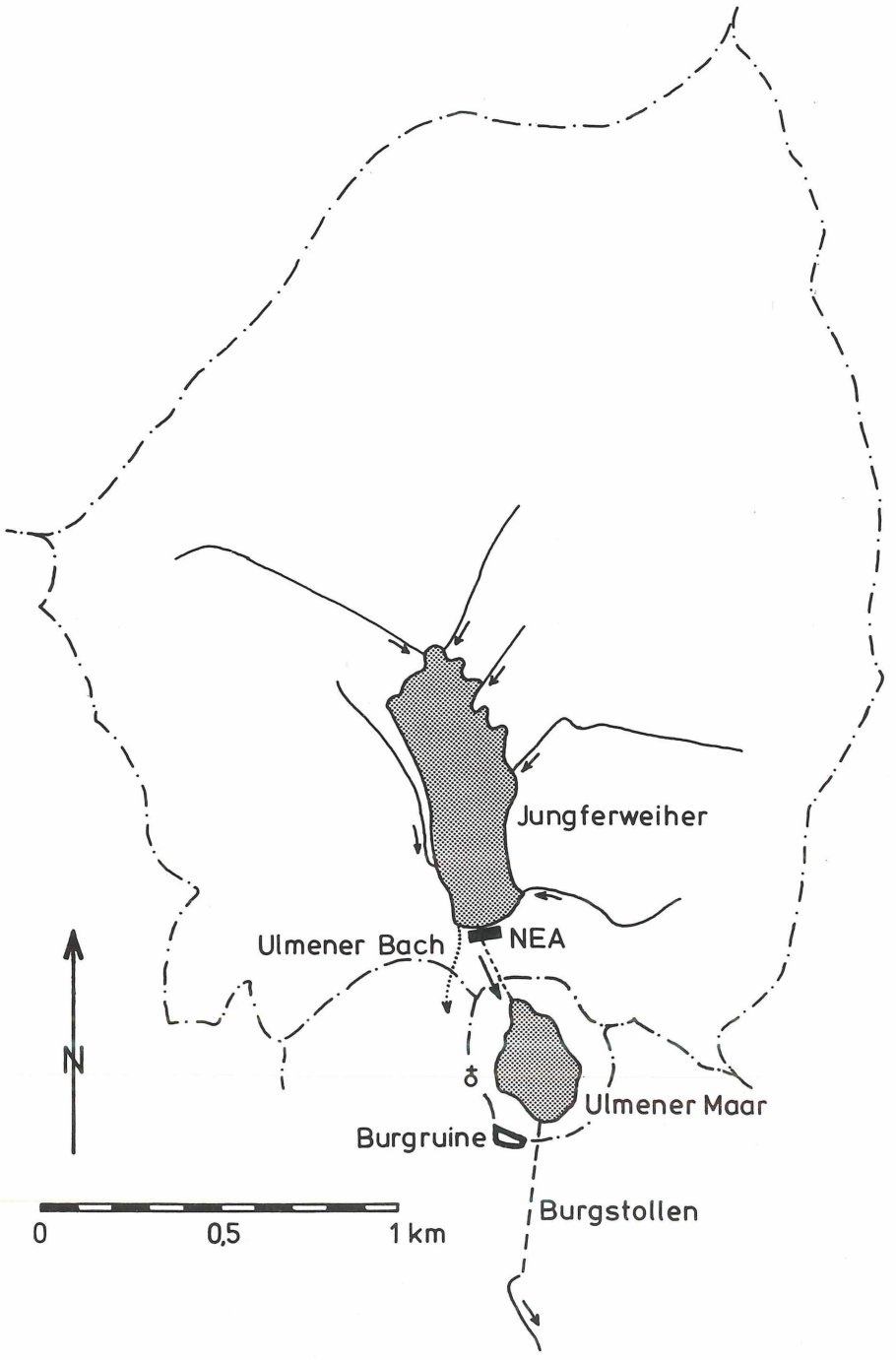


Abb. 1: Einzugsgebiet des Ulmener Maares mit Lage der NEA.

gischen Daten von Seen auf der Erde überhaupt vor. Da Thienemann seine Untersuchungen sehr gut dokumentiert hat, sind Vergleiche über einen Zeitraum von rund 80 Jahren möglich. Zu Beginn unseres Jahrhunderts hatte das Ulmener Maar ein deutlich ausgeprägtes Monimolimnion, also einen Wasserkörper in der Tiefe, der wegen seines hohen Salzgehalts von der jährlichen Durchmischung ausgeschlossen ist. Das Monimolimnion begann in 21 m Tiefe. Die Temperatur im Monimolimnion betrug 7,2 °C. Das Ulmener Maar verhielt sich trotz seiner maximalen Tiefe von 38,5 m wegen des Vorhandenseins eines Monimolimnions wie ein flacher eutropher See.

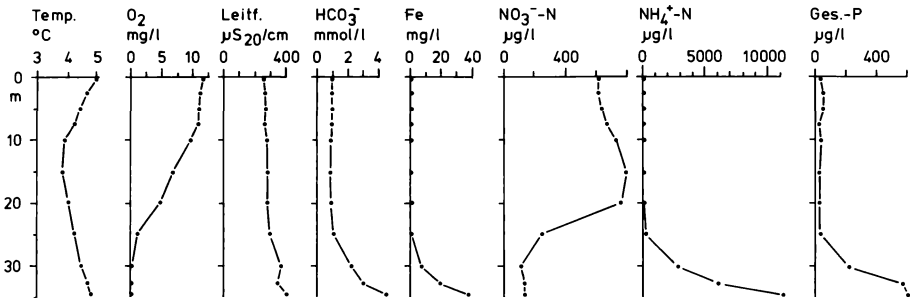


Abb. 2: Abhängigkeit einiger physikalischer und chemischer Parameter von der Tiefe im Ulmener Maar am 26.03.1982

Wahrscheinlich durch die Entnahme von Uferfiltrat hat sich das Monimolimnion verkleinert. Trotzdem war das Wasser z.B. im Jahr 1982 in 34,5 m Tiefe mit 4,7 ° C noch wärmer als in 15 m Tiefe. Die Konzentration von NH_4-N betrug in 34,5 m Tiefe 11,3 mg/l, von P_{ges} 0,6 mg/l, von Mn 7,5 mg/l und von Fe 38,2 mg/l (Abb. 2). – Das Ulmener Maar war 1982 ein eutrophes Gewässer, wie sich anhand des Gehaltes an Phosphor und Chlorophyll sowie an der Sichttiefe, die meist zwischen 1 und 2 m schwankte, nachweisen ließ. Eine Phytoplanktonuntersuchung bestätigte die Einstufung des Ulmener Maares als eutrophen See. Eine Sedimentuntersuchung im Jahr 1984 zeigte aufgrund der Zunahme des Gehalts an Chlorophyll und dessen Abbauprodukten (Phaeopigmenten) in den jüngeren Sedimenten eine deutliche Eutrophierung dieses Sees in den letzten Jahrzehnten (Abb. 3). Es zeichnete sich damals ab, daß sich das Ulmener Maar ohne Maßnahmen gegen die Eutrophierung künftig nicht mehr zur Trinkwassergewinnung eignen würde.

Nachdem Anfang der 80er Jahre entschieden worden war, daß das Trinkwasserwerk am Ulmener Maar erhalten werden soll, empfahl Dr. Scharf vom Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, im Zulauf des Ulmener Maares eine Phosphor-Eliminierungsanlage wie an der Wahnbachtalsperre (Bernhardt 1982) bauen zu lassen. Prof. Bernhardt, Wahnbachtalsperrenverband, konzipierte in Zusammenarbeit mit dem Ing.-Büro Hübner (München) eine neuartige Nährstoff-Eliminierungsanlage (NEA). Diese Anlage ist eine Pilotanlage und wird als Forschungsvorhaben mit einem Finanzvolumen von rund 6.000.000 DM vom Bundesministerium für Forschung und Technologie sowie dem Land Rheinland-Pfalz, dem Wahnbachtalsperrenverband und dem Kreis Cochem-Zell finanziert. Der Titel des Forschungsvorhabens lautet: *„Bedienungsarme Filteranlagen zur Phosphor- und Ammoniumelimination in kleinen Zuläufen stehender Gewässer zur Verminderung der Eutrophierung durch diffuse Nährstoffquellen"*. Das Forschungsvorhaben beinhaltet auch Untersuchungen der Auswirkung der NEA auf die Wasserbeschaffenheit des Ulmener Maares. Die NEA wurde von 1988-1989 gebaut und wird seitdem erprobt.

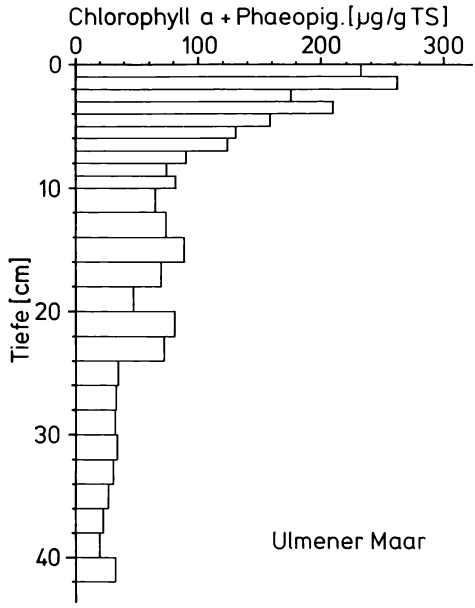


Abb. 3: Gehalt an Chlorophyll a und Phaeopigmenten im Sediment des Ulmener Maares. Die Probenahme erfolgte im Jahr 1984 im Bereich der größten Tiefe (aus SCHARF 1987).

4. Planungsgrundlagen für die NEA

Ein See oder eine Talsperre, aus der Trinkwasser gewonnen wird, soll sich in einem oligotrophen Zustand befinden. Ein mesotropher Trophiegrad wäre noch tolerierbar (BERNHARDT & CLASEN 1982). Für das Ulmener Maar bedeutete dies, daß es oligotrophiert werden mußte. Zuerst wurde das Monimolimnion durch eine Zwangszirkulation mittels Belüftung beseitigt. Hierdurch trat bereits eine kurzfristige Verbesserung der Wasserbeschaffenheit ein (SCHARF et al. in Vorber.). Langfristig läßt sich die Wasserqualität des Ulmener Maares bei den vorliegenden hydrologischen Verhältnissen nur dadurch verbessern, daß für die Pflanzenproduktion essentielle Nährstoffe, vor allem Phosphor, aus dem Zulauf entnommen werden. Nach dem Modell von VOLLENWEIDER (1976) und VOLLENWEIDER & KEREKES (1980) unter Zugrundelegung der in Tab. 1 zusammengefaßten hydrologischen und morphometrischen Daten ließ sich abschätzen, daß die mittlere P-Konzentration des Zuflusses 30 μ g/l P_{ges} nicht übersteigen darf. Unter dieser Voraussetzung müßte sich im Ulmener Maar eine mittlere P-Konzentration von 15 μ g/l P_{ges} einstellen, die mit 40 % Wahrscheinlichkeit einen oligotrophen Zustand, 55 % einen mesotrophen, aber nur mit 5 % einen eutrophen erwarten läßt.

Tab. 1: Morphometrische und hydrologische Daten des Ulmener Maares zur Abschätzung der kritischen P-Konzentration des Zuflusses

Volumen des Sees:	1,27 10^6 m^3
mittlere Tiefe des Sees:	22,3 m
mittlerer jährlicher Zufluß:	1,15 10^6 m^3/Jahr
rechnerische Wasseraufenthaltszeit:	1,1 a

Es ist das Ziel unserer Arbeitsgruppe, eine wartungsarme und kostengünstige Wasseraufbereitungsanlage zu erstellen. In dieser Anlage soll die Effektivität von
- Aktivtonerdefiltern, die mit unbehandeltem Wasser beschickt werden, sowie von
- Schnellsandfiltern und Langsamsandfiltern, die nach Fällung mit Aluminium- oder Eisensalzen sowie anschließender Feststoffabtrennung durch Sedimentation beaufschlagt werden, getestet werden. Nach Ermittlung des bestens Verfahrens soll noch innerhalb der Dauer des Forschungsvorhabens die Anlage auf dieses Verfahren umgerüstet werden.

5. Kurze Beschreibung der NEA

Die NEA wurde am Fuße des vom Jungferweiher-Damms gebaut (Abb. 1). Das in der NEA aufbereitete Wasser fließt dem Ulmener Maar zu. Abb. 4 zeigt schematisch die NEA. Mehrere Aufbereitungsschritte sind zu unterscheiden:

Filtration des unbehandelten Rohwassers (Wasser aus dem Jungferweiher) über Aktivtonerde. In diesem Aufbereitungsschritt sollen Phosphorverbindungen an die Aktivtonerde angelagert und Partikel zusätzlich abfiltriert werden.

Fällung von Phosphaten des Rohwassers und Flockung der dispersen Stoffe einschließlich der Fällungsprodukte mit Aluminium- oder Eisensalzen. Die Flockenbildung erfolgt in der Aggregationsstufe mit Hilfe des Energieeintrages über die durchflußabhängige Turbulenz ohne Fremdenergieeinsatz.

Absetzen der gebildeten Flocken in einfach gestalteten Sedimentationsbecken. Diese Stufe dient der Entlastung der nachgeschalteten Filter.

Abtrennung der im Wasser nach der Sedimentation noch verbleibenden Partikel durch parallel betriebene
- Schnellsandfilter als Einschichtfilter mit unterschiedlich gekörnten Filtermaterial. Sie können mit einer einfachen Kontrolltechnik über viele Wochen vollautomatisch arbeiten. Die Rückspülung mit Wasser und Luft erfolgt ebenfalls vollautomatisch.
- Langsamsandfilter mit unterschiedlichem Filteraufbau. Hier werden verschiedene, z.T. örtlich leicht verfügbare Materialien sowie unterschiedliche Mechanismen zur Rückspülung der Filter vergleichend untersucht. Einige Langsamsandfilter sind nicht rückspülbar. Sie müssen nach deutlicher Durchsatzverminderung durch Verstopfung ausgeräumt und neu gefüllt werden. Hierfür werden örtlich verfügbare Materialien verwendet.

Die in der Sedimentation abgesetzten Flocken werden diskontinuierlich aus den beiden Sedimentationsbecken entfernt und dem Schlammabsetzbecken zugeleitet. Auch das bei der Rückspülung anfallende Spülwasser wird dem Schlammabsetzbecken zugeführt. Nach der Trennung von Schlamm und Klarwasser im Absetzbecken wird das Klarwasser der Anlage wieder zugeführt, während der Schlamm in Schlammtrockenbeete gepumpt wird. Über die weitere Verwendung des Schlammes ist derzeit noch nicht endgültig entschieden.

6. Erfahrungen über den Betrieb und erste Ergebnisse über die Effektivität der NEA

Die NEA wird seit Juni 1989 mit einem täglichen Durchsatz von 2.000 – 3.000 m^3 betrieben. Dies entspricht den geforderten 30 l/s.

Aktivtonerdefilter haben sich in früheren Versuchen im Einzugsgebiet der Wahnbachtalsperre an Abläufen einer Fischzuchtanlage bewährt (Bernhardt et al. 1981). Sie ergaben für

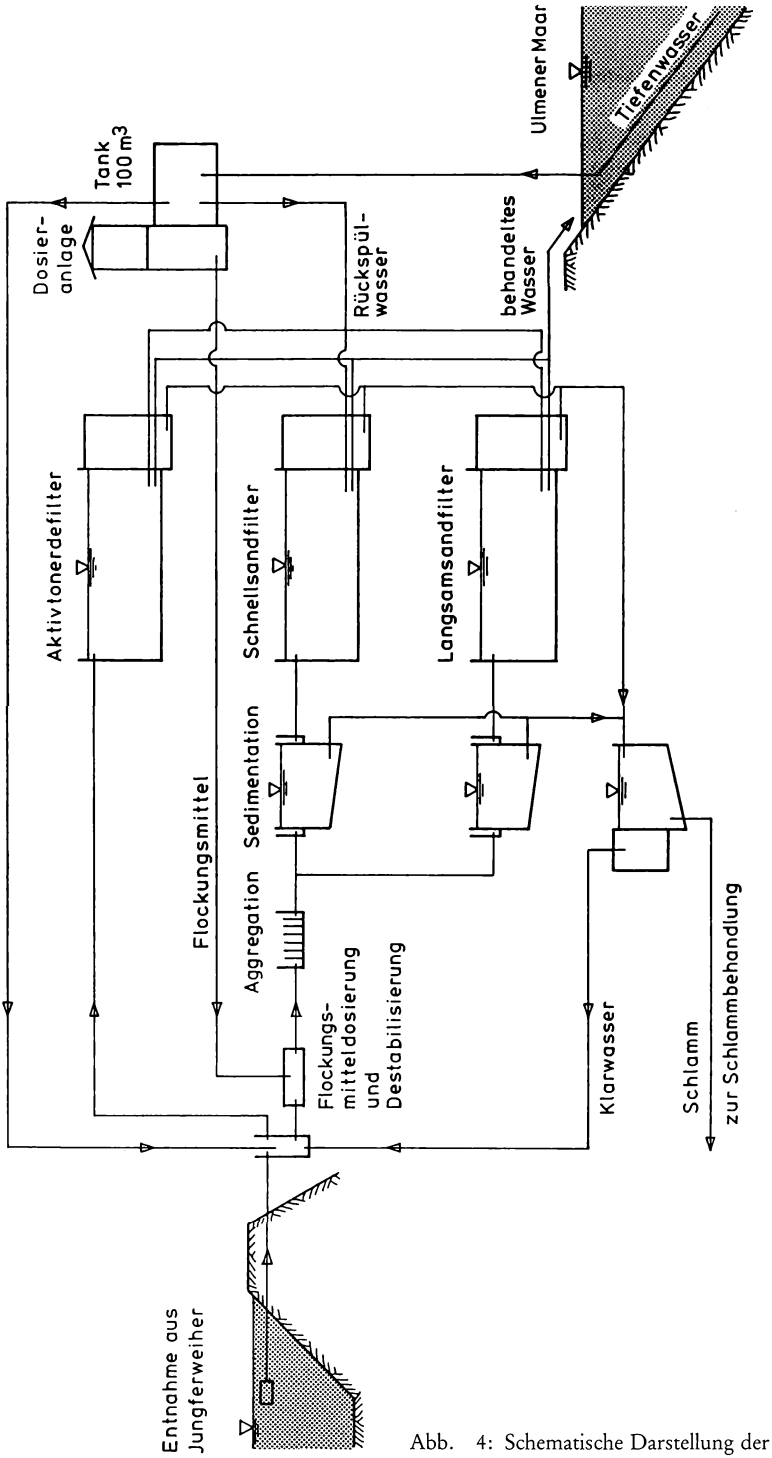


Abb. 4: Schematische Darstellung der NEA

gelösten anorganisch gebundenen Phosphor und für Ammonium Eliminierungsleistungen von mehr als 90 %. Die Gesamt-P-Entnahme betrug ca. 80 %. In der Anlage in Ulmen lag die Entnahme von Phosphor und von Trübstoffen jedoch nur in der Größenordnung von 20 – 50 %. Dies ist auf die geringe Konzentration an SRP (löslicher reaktiver P « 10 % des P_{ges}) sowie auf den hohen Gehalt an Biomasse im Rohwasser (= Jungferweiherwasser) und damit an organisch gebundenem Phosphor zurückzuführen. Demgegenüber war bei den Untersuchungen an der Fischzuchtanlage im Ablauf der Anteil von SRP am Gesamt-Phosphor hoch. Ammonium wird jedoch in der Anlage in Ulmen in den Aktivtonerdefilter ebensogut entnommen wie früher in der Anlage an der Wahnbachtalsperre. Die Ammonium-Konzentration lag im Reinwasser nie über 50 μ g/l NH_4-N auch bei Konzentationen im Zulauf von bis zu 500 μ g/l NH_4-N, was auf eine gut funktionierende Nitrifikation schließen läßt.

Im Gegensatz zu den Aktivtonerdefiltern wiesen die Schnell- und Langsamsandfilter in dem bisherigen Versuchszeitraum eine ausgezeichnete Entnahmewirksamkeit in Bezug auf die Trübung und den Gehalt an Gesamt-Phosphor auf (Abb. 5 und 6). Während der beiden dargestellten Untersuchungszeiträume wurde eine Aluminium-Dosierung von 5-9 mg/l Al verwendet. Bei der Trübung in Abb. 5 erkennt man, daß im Mai die Trübung des Rohwassers doppelt so hoch war wie im April, aber die Trübung im Ablauf der Filter konstant blieb. Die Entnahme an Trübstoffen schwankte bei den Schnellsandfiltern zwischen 93,5 und 95,9 % und erreichte bei den Langsamsandfiltern sogar 99,1 %.

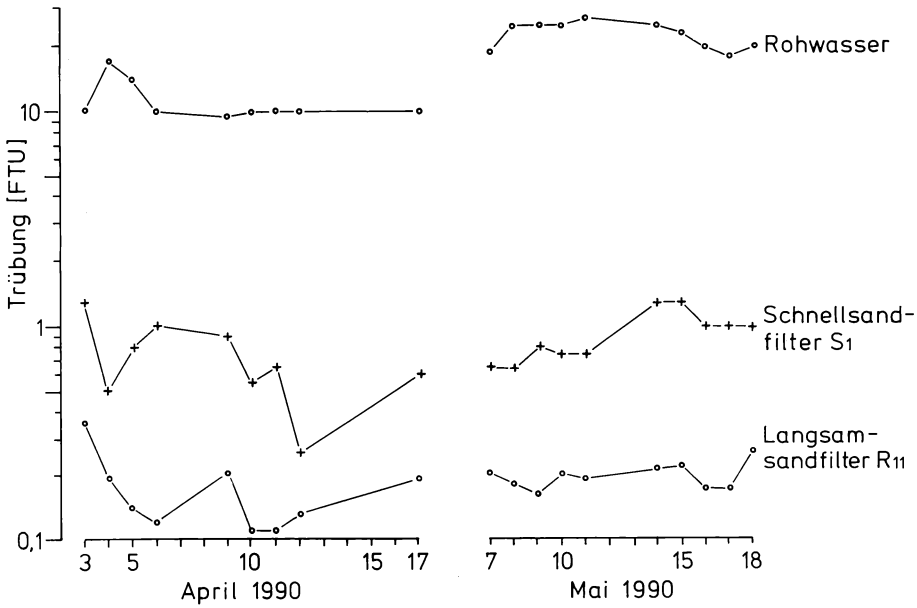


Abb. 5: Eliminierung der Trübung durch die NEA

Die mittlere P_{ges}-Konzentration (Abb. 6) des Rohwassers lag 1982 noch etwa bei 90 μ g/l. Im April 1990 wurde jedoch ein durchschnittlicher Gehalt von 173 μ g/l P_{ges} und im Mai 1990 sogar bis 281 μ g/l P_{ges} gemessen. Die Restkonzentration im Filtrat der Schnellsandfilter lag im April und Mai 1990 durchschnittlich bei etwa 18 μ g/l P_{ges}, im Filtrat des Langsamsandfilters schwankte sie sogar nur zwischen 4 und 10 μ g/l P_{ges}. Alle gemessenen Konzentrationen lagen also, wie aus Abb. 6 ersichtlich, stets unterhalb des Wertes für die kritische Belastung von 30 μ g/l P_{ges}, der als Ziel bei dem Betrieb der Anlage vorgegeben war.

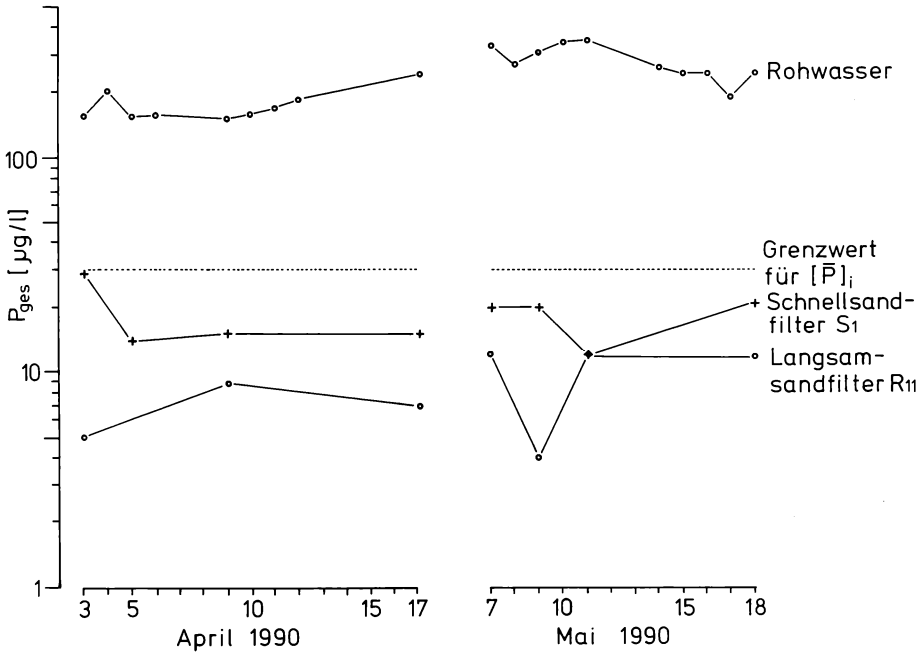


Abb. 6: Eliminierung von Gesamt-Phosphor. $[P]_i$ ist die Konzentration des mittleren kritischen P-Eintrages

Die Leistungsfähigkeit der NEA soll anhand einiger weiterer Parameter des Gesamtablaufs aus den Langsam- und Schnellsandfiltern dargestellt werden (Tab. 2). Gute bis sehr gute Entnahmeleistungen liegen außer bei der Trübung und beim Gesamt-Phosphor auch beim SAK 254 nm, beim DOC, beim Aluminium und vor allem bei den Photosynthesepigmenten (Chlorophyll a und dessen Abbauprodukten, den Phaeopigmenten) vor. Die Ionenbilanz ändert sich nur unwesentlich. Durch das zugesetzte Flockungsmittel Polyaluminiumchlorid erhöht sich der Chlorid-Gehalt des aufbereiteten Wassers um ca. 20 mg/l, was jedoch als unkritisch angesehen wird. Der Aluminium-Gehalt des Rohwassers, dessen Herkunft künftig untersucht werden soll, nimmt jedoch durch den Aufbereitungsprozess in der Anlage soweit ab, daß die Konzentration des Aluminiums im Filtrat unterhalb des Trinkwasser-Grenzwertes liegt.

Die bisherigen Versuche mit dem System der Fällung, Flockung, Sedimentation und Langsam- bzw. Schnellsandfiltration haben gezeigt, daß sich das Wasser aus dem Jungferweiher mit den hierfür entwickelten Aufbereitungsverfahren aufbereiten läßt. Die Langsamsandfilter sind wirksamer als die Schnellsandfilter, haben jedoch mit 0,5 m/h gegenüber 5 m/h eine wesentlich geringere Durchsatzleistung. Es bietet sich deshalb an, eine Kombination von beiden Filtertypen einzusetzen. Die Langsamsandfilter können bei begrenztem Wasserdargebot verwendet, Schnellsandfilter bei erhöhtem Wasserdargebot zusätzlich in Betrieb genommen werden. Dies funktioniert auch bei Hochwasserabflüssen mit plötzlichem Anstieg des Abflusses. Hierbei muß jedoch berücksichtigt werden, daß der Wartungsaufwand für die Schnellsandfilter höher ist als für die Langsamsandfilter und daß ausreichende Kapazitäten an Spülwasser sowie ein entsprechendes Volumen im Schlammabsetzbecken zur Verfügung zu stellen sind.

Vergleicht man die Qualität des Wassers aus dem Jungferweiher mit der des Ablaufs der NEA (s. Tab. 2), so erkennt man eine deutliche Verbesserung. Dies muß sich langfristig auf die

Tab. 2: Eliminierungsleistung der NEA Ulmen. Verglichen wird das Rohwasser mit dem Reinwasser (=Filtrat) des gemeinsamen Ablaufes der Langsam- und der Schnellsandfilter. In dieser Tabelle sind die Analysen der Aktivtonerdefilter nicht enthalten.

		Roh-wasser	Rein-wasser	Elimin. %	Roh-wasser	Rein-wasser	Elimin. %
Datum		-- 10. April 1990 --			-- 15. Mai 1990 -		
Trübung	[FTU]	10	0,40	96,0	23	1,0	95,7
Leitfähig.	[mS/m]	19,1	21,1		20,0	22,6	
P_{ges}	[μ g/l]	162	7	95,7	242	18	92,6
NH_4^+-N	[μ g/l]	63	44	33,4	101	233	
NO_3^--N	[μ g/l]	99	50	49,5	120	132	
NO_2^--N	[μ g/l]	3	0	100	9	2	77,8
SAK 254 nm	[m^{-1}]	36,3	6,1	83,2	59,3	10,6	82,1
DOC	[mg/l]	11,1	3,9	64,9	13,5	5,4	60,0
Säurekapaz. bis pH 4,3	[mmol/l]	0,73	0,40	45,2	0,84	0,45	46,4
pH		7,3	6,1		7,4	6,3	
O_2	[mg/l]	10,3	10,0	2,9	8,6	6,6	23,3
Al^{3+}	[μ g/l]	425	125	70,6	440	200	54,5
Cl^-	[mg/l]	29,6	50,1		27,9	47,7	
Na^+	[mg/l]	15,4	15,2		16,8	16,7	
K^+	[mg/l]	2,3	2,3		2,8	2,9	
Mg^{2+}	[mg/l]	5,5	5,5		6,1	6,2	
Ca^{2+}	[mg/l]	10,0	10,2		11,0	11,3	
Mn	[mg/l]	0,19	0,18		0,20	0,20	
Fe	[mg/l]	0,77	0,55	28,6	1,50	0,02	98,7
Si	[mg/l]	0,3	0,3		0,6	0,6	
SO_4^{2-}	[mg/l]	15	15				
Chlorophyll	[μ g/l]	38,5	0	100	71	2	97,2
Phaeopigment	[μ g/l]	29,1	0,8	97,3	55,2	0,6	98,9

Beschaffenheit des Maarwassers selber auswirken, wobei aufgrund der rechnerischen Verweilzeit von 1,1 Jahren mit einem Zeitraum von 3-4 Jahren gerechnet werden muß, bis sich eine niedigere Trophiestufe eingestellt haben wird. Erste Erfolge lassen sich aber bereits heute erkennen. So ist z.B. die P_{ges}-Konzentration im Epilimnion des Ulmener Maares von durchschnittlich 40 μ g/l im Jahr 1988 auf 25 μ g/l im Mai 1990 zurückgegangen und die Sichttiefe von 1,9 m auf 4,4 m angestiegen. Diese Tendenzen werden sich sicherlich noch weiter fortsetzen, vor allem dann, wenn die NEA nach Abschluß der Versuche auf das wirksamste Verfahren umgerüstet sein wird. Durch die Verbesserung der Qualität des aufbereiteten Wassers sollte dann auch die Uferfiltration am Ulmener Maar zur Gewinnung von Trinkwasser wirksam entlastet werden.

Literaturverzeichnis

BERNHARDT; H. (1982): Sicherung der Trinkwassergüte als Folge von Phosporeliminierungs-Maßnahmen an Trinkwassertalsperren. – Z. Wasser Abwasser Forsch., **15**: 157-164. Weinheim

BERNHARDT, H., & CLASEN J. (1982): Gedanken zur Übertragung des OECD-Untersuchungsprogrammes in die Praxis des Seenschutzes. – Z. Wasser Abwasser Forsch., **15**: 96-103. Weinheim

BERNHARDT. H., EBERLE, S., DONNERT, D., STRÜWE, H. & WILHELMS, A. (1981): Anwendung der Aktivtonerdefiltration zur Eliminierung von Phosphaten aus kleinen Talsperrenzuflüssen. – Z. Wasser Abwasser Forsch., **14**: 180-187, Weinheim

SCHARF, B.W. (1987): Limnologische Beschreibung, Nutzung und Unterhaltung von Eifelmaaren. – Hrsg. Ministerium für Umwelt und Gesundheit Rheinland-Pfalz, 117 S., Mainz

Scharf, B.W., Bernhardt, H., Ehlscheid, T. & Lüsse, B. (in Vorber.): Limnology of Eifel maar lakes. 22. Restoration. – Arch . Hydrobiol. Beih., Ergebn. Limnol.

Scharf, B.W. & Stabel, H.-H. (1980): Physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers der Eifelmaare. – Mitt. POLLICHIA, **68**: 111-128. Bad Dürkheim

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. Bonn

Thienemann, A. (1919): Über die vertikale Schichtung des Planktons im Ulmener Maar und die Planktonproduktion in anderen Eifelmaaren. – Verh. Naturhist. Ver. preuß. Rheinl. Westf. **74**: 103-134. Bonn

Vollenweider, R.A. (1976): Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. – Mem. Inst. Ital. Idrobiol., **33**: 53-83

Vollenweider, R.A. & Kerekes, J (1980): OECD Cooperative Programme for Monitoring of Inland Waters (Eutrophication control). – Synthesis Report, Paris

(Bei der Schriftleitung eingegangen am 04.01.1991)

Anschrift der Verfasser:
Dr. Burkhard Scharf, Dipl.-Biol. Bernhard Lüsse, Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, Postfach 3024, D-6500 Mainz 1

Prof. Dr. Heinz Bernhardt, Wahnbachtalsperrenverband, Postfach 1933, D-5200 Siegburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 78

Autor(en)/Author(s): Scharf Burkhard W., Lüsse Bernahrd, Bernhardt Heinz

Artikel/Article: NEA Ulmen (Nährstoff-Eliminierungsanlage am Ulmener Maar). Sanierung eines eutrophen Maarsees 121-132