

Aus dem Institut für Mikrobiologie, Wasser- und Abfalltechnologie der
Technischen Hochschule in Graz

Untersuchungen von künstlichen Badeseen in der Steiermark

Von Margit ERNET, Helmut GÜBITZ und Karl STUNDL

Mit 4 Abbildungen und 6 Tabellen (im Text)

Eingelangt am 19. März 1973

Inhalt:

1. Einleitung
2. Probenentnahme
3. Methodik
4. Der Trabochersee
 4. 1. Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchung
 4. 1. 1. Sauerstoffgehalt und Sauerstoffzehrung
 4. 1. 2. Die übrigen gelösten Anteile
 4. 2. Biologisch-bakteriologische Untersuchung
5. Der Salmsee
 5. 1. Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchung
 5. 1. 1. Sauerstoffgehalt und Sauerstoffzehrung
 5. 1. 2. Weitere gelöste Anteile
 5. 2. Bakteriologische Untersuchung
6. Der Röksee
 6. 1. Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchung
 6. 2. Ergebnisse der biologischen und bakteriologischen Untersuchung
7. Diskussion der Ergebnisse
 7. 1. Nährstoffzufuhr und Eutrophierung
 7. 2. Die mikrobielle Belastung
 7. 3. Auswirkung des Badebetriebes
 7. 4. Möglichkeiten der fischereilichen Nutzung
 7. 5. Maßnahmen zur Sicherung einer einwandfreien Wasserqualität
8. Zusammenfassung
9. Literatur

1. Einleitung

In der Steiermark gibt es nur wenige für den Badebetrieb geeignete Seen, vor allem fehlen solche in der Mittel- und Oststeiermark.

Durch die Errichtung künstlicher Badeseen sollten hier neue Anziehungspunkte für den Fremdenverkehr entstehen.

Solche Gewässer sind als neue Biotope ökologisch interessant, andererseits muß die Entwicklung der Besiedlung und die damit zusammenhängende Veränderung der Wasserverhältnisse beobachtet werden, um unerwünschte Auswirkungen rechtzeitig zu erkennen und nach Möglichkeiten zu suchen, um sie einzudämmen oder zu verhindern.

Nach orientierenden Voruntersuchungen an einem dieser Badeseen, dem „Röcksee“, wurden mit Unterstützung durch den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung im Rahmen eines Forschungsauftrages 3 künstliche Badeseen in den Jahren 1970—1972 regelmäßig untersucht.*)

Dabei sollte die Besiedlung der Seen in Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen und ihre Beeinflussung durch den Badebetrieb festgestellt werden, wobei die Ermittlung der Nährstoffanreicherung, der dadurch eintretenden Eutrophierung sowie des Eintrages von wasserfremden Darmkeimen durch die Zuflüsse und die Badenden die Hauptaufgabe war.

Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen sollten aber auch Vorschläge für den Badebetrieb, die Regulierung der Wasserzufuhr, die Erhaltung der Wasserqualität, Vermeidung einer unerwünschten Zunahme des Planktons und die Möglichkeit der Fischereiausübung ausgearbeitet werden.

Von den 3 untersuchten Seen werden der Trabocher- und der Salmsee durch Zuflüsse gespeist und durch deren Wasserverhältnisse wesentlich beeinflußt. Eine besondere Gefahr bedeutet dabei in einem Falle die zunehmende Besiedlung der Umgebung des Sees mit Wochenendhäusern, die zur Verunreinigung des Seezulaufes wesentlich beitragen. Auf die örtlichen Verunreinigungsquellen wird bei den einzelnen Fällen noch besonders eingegangen.

Das dritte untersuchte Gewässer, der sog. „Röcksee“, erhält keine oberirdischen Zuflüsse, sondern wird ausschließlich durch Grundwasser versorgt. Er ist daher auch von den Schwankungen des Grundwasserstandes abhängig und weist einen wechselnden Wasserstand auf.

Unter Berücksichtigung der eingangs erwähnten Zielsetzung mußten die Untersuchungen auf bestimmte Vergleichsparameter beschränkt werden, da es unmöglich war, neben den erforderlichen chemischen und bakteriologischen Bestimmungen auch das Plankton und die Bodenfauna gleichermaßen intensiv qualitativ und quantitativ zu erfassen. Die Beobachtungen mußten sich hier auf die Feststellung besonders charakteristischer oder häufiger Gattungen beschränken.

Die untersuchten Gewässer haben alle eine geringe Tiefe und ihre Bezeichnung als „Seen“ ist im limnologischen Sinne unrichtig. Zwar weist der Trabochersee an seiner tiefsten Stelle einen Wasserstand von 6 m auf, doch tritt wegen der starken Windexposition und der dadurch bedingten Durchmischung nur kurzzeitig während der wärmeren Jahreszeit eine thermische Schichtung ein; bei der Mehrzahl der Untersuchungen wurden in allen Tiefen gleiche Verhältnisse vor allem im Gehalt der gelösten Anteile gefunden.

Die beiden Becken des „Salmsees“ sind flach, mit einer Wassertiefe von etwa 2—3 m; sie werden alljährlich vollkommen abgelassen und nach einer kurzen Trockenlegung wieder aufgestaut. Da auch der Trabochersee wenigstens teilweise im Herbst abgelassen wird, entsprechen die beiden Gewässer in ihrem Charakter mit Regulierung der Wasserzufuhr und des Wasserstandes einem Teich wie er in der Fischzucht verwendet wird.

*) Für die Beistellung der Mittel zur Durchführung dieser Untersuchungen sei dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an dieser Stelle gedankt.

Der „Röcksee“ hat ebenfalls nur eine geringe Wassertiefe, die vom Grundwasserstande abhängig ist, aber nie wesentlich über 2 m beträgt. Da die Regulierung seines Wasserstandes und auch eine Trockenlegung unmöglich ist, wäre er im limnologischen Sinne als Weiher zu bezeichnen.

2. Probeentnahme

Während der wärmeren Jahreszeit wurden die Untersuchungen in kurzen, meist 14-tägigen Abständen, im ersten Untersuchungsjahr (1970) auch vor und nach Wochenenden, vorgenommen.

Da sich aber bei gleichbleibenden Wetterverhältnissen weder bei den chemischen noch bei den bakteriologischen Untersuchungen innerhalb weniger Tage auch bei intensivem Badebetrieb wesentliche Unterschiede ergaben, wurden in den folgenden Jahren die Proben im Sommer in 14-tägigen Abständen ohne besondere Berücksichtigung der Wochenenden entnommen.

Die Sommermonate der Jahre 1970 und 1972 waren regenreich und brachten öfters Hochwasser. Im Sommer 1971 fielen nur wenig Niederschläge, die Temperaturen waren hoch und die Produktionsverhältnisse von denen der Jahre 1970 und 1972 verschieden.

Wegen der Ähnlichkeit der Jahre 1970 und 1972 sind in den Tabellen für 1972 nur einige charakteristische Werte angeführt, die Untersuchungshäufigkeit war aber in allen Jahren annähernd gleich.

Die Gewässeruntersuchung wurde stets vormittags vorgenommen, um noch am gleichen Tage die Aufarbeitung durchführen bzw. die biologischen und bakteriologischen Bestimmungen ansetzen zu können.

In jedem Gewässer wurden Proben an mehreren Entnahmestellen genommen, in der Darstellung der Ergebnisse aber nur die an einer Stelle (wenn nicht anders angegeben in der Gewässermittelpunkt) ermittelten Werte angeführt. Die an den verschiedenen Gewässerstellen entnommenen Proben zeigten meist keine oder nur geringe Unterschiede im Gehalt der gelösten Anteile, so daß diese Vereinfachung der Darstellung der Ergebnisse gerechtfertigt scheint.

In den Tabellen sind entweder Mittelwerte der chemisch-physikalischen Untersuchungen der Jahre 1970—1972 angeführt oder Einzelergebnisse von bestimmten Tagen angegeben.

3. Methodik

Die aus der Literatur und nach eigenen Erfahrungen ausgewählten Vergleichsparameter wurden nach den folgenden Verfahren bestimmt:

Gelöster Sauerstoff nach WINKLER, Berechnung der Sauerstoffsättigung aus der Tabelle von TRUESDALE, DOWNING und LOWDON (BURKARD 1955) unter Berücksichtigung der Höhenlagen in % der theoretisch möglichen Sättigung.

Sauerstoffzehrung als Differenz des Sauerstoffgehaltes zu Beginn des Versuches und des Restsauerstoffes nach 48-stündigem Aufenthalt im Thermostaten bei 20 ° C ermittelt, wird in % des Anfangsgehaltes angegeben.

Nitrat photometrisch nach MERCK.

Ammonium, Orthophosphat und KMnO_4 -Verbrauch nach den Deutschen Einheitsverfahren (1972).

Schwebestoffe als Filtrerrückstand aus 1 Liter Wasser, nach 2stündiger Trocknung bei 105°.

Sichttiefe mit der Secchischeibe.

Die bakteriologische Untersuchung umfaßte die Ermittlung der Koloniezahlen nach dem KOCH'schen Plattenverfahren. Bestimmt wurden:

Psychrophile Keime (Gesamtkeimzahl) bei 20 ° und Mesophile bei 37 ° auf Nähragar nach 48 Stunden. Coliforme bei 44 ° auf Endoagar nach 24 Stunden (ausgewertet wurden nur die mit Metallglanz gewachsenen Kolonien).

Für die Angabe der Keimzahlen wurden beim Salmsee und Röksee die einzelnen Untersuchungsergebnisse mehrerer Entnahmestellen gemittelt. Da der Trabocher See nur im unteren Drittel eine Tiefe von über 4 m aufweist, werden hier die innerhalb dieses Bereiches ermittelten Keimzahlen angeführt.

4. Der Trabochersee

Durch Aufstau des Veitscherbaches, eines Zubringers der Liesing, entstand in etwa 650 m Seehöhe an der Straße zwischen Traboch und Edling ein Badesee mit einer Fläche von ca. 11 ha.

Der See weist nur knapp vor der Staumauer eine Tiefe von 6 m auf, ist stark dem Wind ausgesetzt und daher auch im Sommer oft volldurchmischt. Er wird im Herbst um etwa 20—30 % abgesenkt und im Frühjahr wieder angestaut. Das eine Längsufer des Sees wird zum größten Teil durch den Straßendamm begrenzt, das gegenüberliegende Ufer wurde für den Bade- und Bootsbetrieb ausgebaut. Außerdem wird im See auch Sportfischerei betrieben.

Im Einzugsgebiet des Veitscherbaches oberhalb des Sees befinden sich zahlreiche Gehöfte und Wochenendhäuser, deren Abläufe den Bach stark belasten, wie aus den in den Tabellen zusammengestellten Werten ersichtlich ist. Probenentnahmen erfolgten außer im Zulauf (Veitscherbach vor Einlauf in den See) und vor der Staumauer (tiefste Stelle) noch an beiden Längsufern sowie am Seeablauf.

In der Tabelle (1) und der graphischen Darstellung der Mittel- und Extremwerte (Abb. 1) wurden aber aus den bereits geschilderten Gründen nur die Ergebnisse der Untersuchung des Zulaufs und im unteren Drittel des Sees berücksichtigt und dafür charakteristische Beispiele aus den 3 Untersuchungsjahren ausgewählt.

4. 1. Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchung

4. 1. 1. Sauerstoffgehalt und Sauerstoffzehrung

Zulaufbach:

Der Sauerstoffgehalt lag immer über der theoretischen Sättigung und erreichte Spitzenwerte um 150 % (154 % am 24. August 1971). Diese hohen Sauerstoffwerte sind sicher auf die starke Verkräutung und Veralgung des Bachbettes zurückzuführen.

Die Sauerstoffzehrung betrug nach 48 Stunden im Durchschnitt 18,5 % des Ausgangswertes; eine Abnahme von über 25 % des Anfangswertes trat bei 15 % aller untersuchten Proben auf. Als Höchstwert wurde am 4. 9. 1972 eine Sauerstoffzehrung von 55 % gemessen.

See, Oberfläche:

75 % der untersuchten Proben zeigten eine O₂-Übersättigung. Im See entwickelte sich an seichten Stellen, vor allem an der Stauwurzel, ein Rasen von Laichkräutern. Die aus Schotter und Steinwurf bestehenden Uferbereiche waren größtenteils von fädigen Grünalgen überwachsen, daher kam es nach schönen, windstillen Wetterlagen, unterstützt durch die Phytoplanktonproduktion, zu Sauerstoffübersättigungen bis zu 200 % des theoretischen Sättigungswertes. Die durchschnittliche Sauerstoffzehrung des Seewassers entsprach mit 18,8 % des Anfangswertes nahezu der mittleren Zehrung des Zulaufes, wobei bei 18,5 %

der Proben die Sauerstoffabnahme mehr als 25 % des Ausgangswertes betrug und ein Höchstwert von 49 % des Ausgangswertes am 20. 6. 1972 gemessen wurde.

Sauerstoffdefizite wurden während des Sommers vorwiegend nach Regenperioden festgestellt; die höchsten Defizite traten im Winter bei Eisbedeckung auf (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Ausgewählte Ergebnisse chemischer Untersuchungen des Trabocher-Sees

Datum	Entnahme- stelle	Temp. ° C	pH	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l	KMnO ₄ -Vb. mg/l	O ₂ -Geh. mg/l	O ₂ -Sät. in %	O ₂ -Zeh %*)
6. 8. 1970	Zulauf	12,7	8,2	0,25	0,03	5,8	0,05	21,8	9,1	107	13
	See 0 m	19,5	8,2	0,25	0,06	5,0	0,04	28,8	11,0	133	16
	2 m	18,8	7,9	0,25	0,05	4,8	0,04	28,6	8,0	95	15
	4 m	16,2	7,6	0,25	0,05	5,0	0,04	25,4	2,8	32	19
10. 11. 1970	Zulauf	5,6	8,2	0,30	0,02	5,8	0,10	11,6	13,4	120	15
	See 0 m	6,7	8,2	0,30	0,02	4,6	0,03	15,5	12,9	118	25
	2 m	6,6	8,2	0,30	0,01	4,5	0,03	15,2	12,6	115	19
	4 m	6,6	8,1	0,30	0,02	4,4	0,03	17,1	12,4	113	22
21. 6. 1971	Zulauf	18,1	8,1	0,40	0,07	5,4	0,08	18,5	11,2	132	24
	See 0 m	16,2	8,1	0,25	0,03	2,5	0,02	17,7	9,1	103	21
	2 m	15,8	8,1	0,25	0,04	2,6	0,02	20,0	8,1	91	20
	4 m	14,2	7,8	0,75	0,04	2,2	0,02	17,3	3,6	28	29
10. 8. 1971	Zulauf	17,5	8,7	0,25	0,02	4,1	0,08	14,0	11,0	128	14
	See 0 m	20,3	8,1	0,40	0,04	3,1	0,01	27,0	9,6	118	15
	2 m	18,5	7,9	0,50	0,03	3,1	0,05	27,0	2,6	31	17
	4 m	17,0	7,8	1,00	0,04	1,3	0,05	27,0	0,5	6	19
24. 8. 1971	Zulauf	17,9	8,1	0,25	0,04	6,0	0,04	14,9	13,1	154	23
	See 0 m	20,5	8,4	0,25	0,04	2,8	0,02	26,0	11,7	144	24
	2 m	19,0	7,9	0,35	0,04	2,5	0,02	28,2	7,9	95	18
	4 m	16,9	7,6	2,25	n. n.	n. n.	0,08	33,8	2,9	33	30
26. 1. 1972	Zulauf	0,1	8,0	0,13	0,03	7,2	0,17	7,7	13,5	103	19
	See 0 m	0,5	7,7	0,13	0,03	5,4	0,09	10,4	8,1	63	18
	2 m	2,5	7,7	0,13	0,03	5,0	0,05	9,3	7,1	58	8
	4 m	3,0	7,7	0,13	0,03	4,7	0,09	10,5	6,4	53	15
3. 5. 1972	Zulauf	9,5	8,0	0,13	<0,01	5,8	0,09	13,7	11,3	111	27
	See 0 m	11,0	8,6	<0,01	0,02	3,6	0,02	27,4	19,6	200	37
	2 m	10,8	8,6	<0,01	0,02	4,0	0,02	25,4	19,6	198	40
	4 m	9,0	8,2	<0,01	0,01	4,3	0,03	22,8	14,4	140	31

*) O₂-Zehrung in 48 Stunden, % des Anfangswertes

See, Tiefe:

Der Sauerstoffgehalt nahm mit zunehmender Tiefe stets ab. In 4 m betragen die Werte durchschnittlich 57,2 % der Oberflächenwerte. Wie auch aus der Tabelle 1 hervorgeht, war die Sauerstoffabnahme zur Tiefe hin bei den einzelnen Entnahmen sehr unterschiedlich und scheint in erster Linie witterungsbedingt; so wurden im Jahre 1971 in 4 m Tiefe am 19. Juli 87 %, am 10. August 6 % und am 24. August 25 % des an der Oberfläche gemessenen Sauerstoffgehaltes gefunden. Nur an manchen Tagen trat eine ausgeprägte Schichtung auf, die aber wegen der geringen Tiefe und der exponierten Lage des Sees immer nur

von kurzer Dauer war. Schon nach kurzen Stagnationsperioden war im Sommer in 4 m Tiefe kaum mehr Sauerstoff vorhanden, was auf heftige sauerstoffzehrende Vorgänge hindeutet. Meistens war der See stark durchmischt und wies dann oft produktionsbedingte Sauerstoffübersättigung auf.

4. 1. 2. Die übrigen gelösten Anteile:

Wie Abb. 1 zeigt, wurden im See durchschnittlich höhere Werte des Kaliumpermanganatverbrauches gefunden als im Zulauf. Der Kaliumpermanganatverbrauch des Seewassers stieg vom Frühjahr gegen den Sommer hin stets an, erreichte Spitzenwerte bis zu 30 mg/l, um im Herbst wieder abzusinken. Da das Ansteigen der organischen Substanz schon im Frühjahr einsetzte, ist als Ursache hierfür die Planktonproduktion in stärkerem Maße als der Badebetrieb anzunehmen.

Die Werte des Phosphats und Nitrats lagen im Zulauf deutlich höher als im See. Die in 4 m Tiefe und in dem aus der tiefsten Stelle abgeleiteten Ablauf gefundenen Phosphatmengen waren im Mittel kaum höher als im Oberflächenwasser; eine Phosphatanreicherung im Tiefenbereich war nur fallweise an Tagen mit ausgeprägter Schichtung zu beobachten. Da die Temperatur des Zulaufes meistens niedriger als die der Seeoberfläche war, könnten höhere Phosphatwerte in der Tiefe unter Umständen durch eine Einschichtung des kühleren Bachwassers am Gewässergrund bewirkt sein.

Nitrat zeigt gegen die Tiefe hin eine leichte Abnahme. Da dieser Rückgang während der Schichtungs(Stagnations)perioden ausgeprägter war, ist eine Nitratreduktion in der Tiefe anzunehmen. Dementsprechend war der Ammoniumgehalt in der Tiefe höher als an der Oberfläche. Während an der Seeoberfläche fallweise Höchstwerte von max. 0,60 mg/l erreicht wurden, konnten in 4 m Werte bis zu 2,25 mg/l gemessen werden; bei hohen Ammoniumkonzentrationen war dann Nitrat manchmal nicht mehr nachweisbar. Im Zulauf war nahezu immer NH_4 in Mengen bis zu 0,50 mg/l feststellbar.

Nitrit war im Zulauf wie auch im ganzen See stets in nahezu gleich hohen Konzentrationen von ungefähr 0,04 mg/l vorhanden.

Die Schwebstoffe im Zulauf bestanden vorwiegend aus mineralischen Anteilen, im See scheinen sie größtenteils aus der Planktonproduktion zu stammen, worauf auch ihre Abnahme mit zunehmender Tiefe zurückzuführen ist. Sehr hohe Schwebstoffmengen traten im Zulauf nach starken Regenfällen auf, wobei aber die Schwebstoffe im See dann nur unbedeutend zunahmen.

4. 2. Biologisch-bakteriologische Untersuchung

Im Veitscherbach wurden immer wesentlich höhere Keimzahlen als im See gefunden. Bedingt durch die Lage des Sees bewirkten Regenfälle zwangsläufig starke Einschwemmungen von Feststoffen, die ein Ansteigen der Keimzahlen und auch eine Trübung und Verschmutzung des Seewassers hervorriefen.

Die Tabelle 2 zeigt eine Gegenüberstellung der im Veitscher Bach vor der Mündung in den See und der im See ermittelten Keimzahlen. Weiters sind hier auch die Wassertemperaturen, die Sichttiefe im See sowie Angaben über Witterungsverhältnisse und Badebetrieb angeführt.

Die Temperaturwerte, gemessen an der Seeoberfläche, überschritten in den Sommermonaten nur selten 20°C und sanken entsprechend der exponierten Lage des Sees bei Wetterumschwung stark ab.

Die Sichttiefe im See war großen Schwankungen unterworfen. Durch die zunehmende Planktonproduktion im Frühjahr und Sommer war eine Vermin-

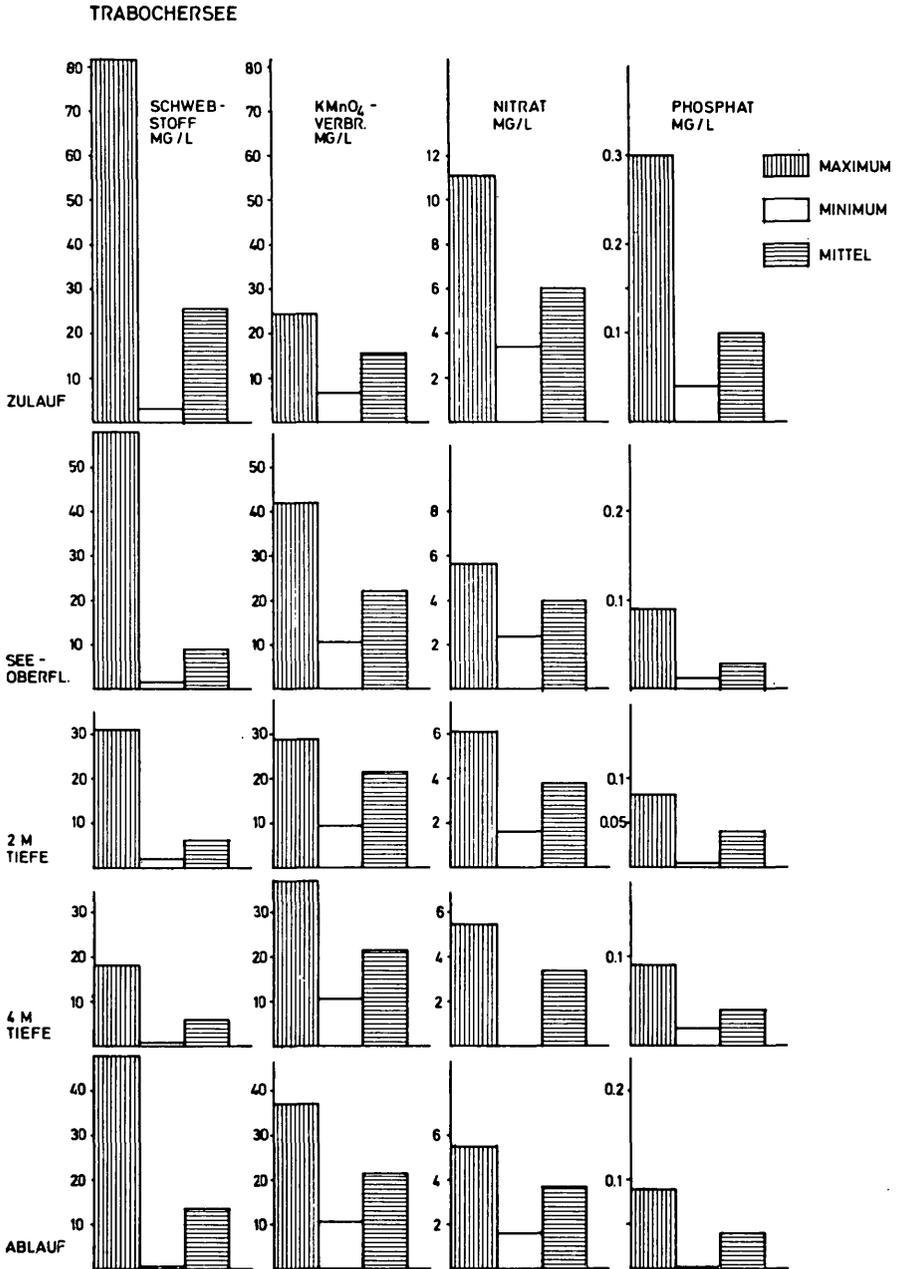


Abb. 1: Trabochersee-Schwankungsbreiten des Schwefstoffgehaltes, des KMnO₄-Verbrauchs sowie des Nitrat- und Phosphatgehaltes.

Tab. 2: Trabocher See

Datum	Bemerkungen	Entnahmestelle	Wassertemp. ° C	Sicht- tiefe m	Koloniezahlen		
					Psychrophile pro ml	Mesophile pro ml	Colifor- me in 100 ml
25. 6. 1970	See wird aufgefüllt kühles Wetter	Zulauf	15,8		42.000	5.300	5.100
		See 0 m	20,7	2,0	3.000	270	110
		2 m	20,0		12.000	540	uz.
		4 m	17,5		8.000	650	uz.
30. 6. 1970	Warmes Wetter, nach starkem Badebetrieb	Zulauf	14,3		140.000	110.000	1.900
		See 0 m	21,0	2,50	1.500	200	0
		2 m	20,6		1.900	250	0
		4 m	18,5		2.200	250	0
9. 7. 1970	Schönwetter, nach mäßigem Badebetrieb	Zulauf	20,5		14.000	6.000	160
		See 0 m	22,0	2,80	1.000	100	2
		2 m	18,0		1.300	130	4
		4 m	17,0		1.400	180	10
13. 7. 1970	warmes, schönes Wetter, nach starkem Badebetrieb	Zulauf	22,2		52.000	10.000	6.100
		See 0 m	22,5	2,30	1.200	140	4
		2 m	21,0		2.500	680	3
		4 m	17,3		2.500	110	6
23. 7. 1970	Schönwetter, nach Gewitter, Seewasser schmutzig-braun	Zulauf	17,7		83.000	12.000	3.000
		See 0 m	17,2	1,45	3.200	580	49
		2 m	15,7		6.300	1.900	15
		4 m	14,2		5.500	1.900	uz. *)
27. 7. 1970	kaltes Wetter, nach Schlechtwetter, See- wasser schmutzigbraun	Zulauf	12,7		14.000	4.000	6.200
		See 0 m	15,7	0,80	13.000	5.000	54
		2 m	14,7		8.800	3.000	27
		4 m	14,2		3.000	1.200	200
6. 8. 1970	Schönwetter, nach Gewitter, Wasser schmutzig-braun	Zulauf	18,0		35.000	13.000	12.000
		See 0 m	19,5	1,00	11.000	4.000	500
		2 m	18,8		7.100	2.500	700
		4 m	16,2		4.000	1.000	200
19. 8. 1970	Schönwetter, nach sehr starken Regenfällen	Zulauf	14,1		59.000	46.000	4.800
		See 0 m	17,7	0,60	16.000	4.600	2.000
		2 m	16,0		20.000	8.100	120
		4 m	15,0		20.000	4.700	1.200
27. 8. 1970	Schönwetter, nach Wetterberuhigung	Zulauf	15,4		13.000	6.200	3.000
		See 0 m	16,5	0,75	1.300	890	400
		2 m	14,7		1.900	1.000	220
		4 m	13,9		3.800	1.900	480
22. 9. 1970	Zeitweise sonnig starker Wind	Zulauf	12,8		19.000	4.900	4.000
		See 0 m	14,5	2,70	2.100	850	300
		2 m	14,2		1.800	340	300
		4 m	13,7		1.100	220	74
10. 11. 1970	Regen, starker Wind	Zulauf	5,6		8.500	2.300	6.800
		See 0 m	6,7	1,20	760	210	120
		2 m	6,6		870	230	100
		4 m	6,6		590	420	74

Datum	Bemerkungen	Entnahimestelle	Wasser-temp. ° C	Sicht-tiefe m	Koloniezahlen		
					Psychrophile pro ml	Mesophile pro ml	Coliforme in 100 ml
24. 5. 1971	Leicht bewölkt, windig	Zulauf	20,4		93.000	18.000	1.100
		See 0 m	19,8	1,10	6.000	2.800	—
		2 m	19,4		3.500	2.600	40
		4 m	13,7		7.000	2.700	—
21. 6. 1971	Schönwetter	Zulauf	18,1		38.000	17.000	7.200
		See 0 m	16,2	1,60	2.000	220	0
		2 m	15,8		2.700	640	40
		4 m	14,2		1.400	290	110
6. 7. 1971	Schönwetter, Badebetrieb	Zulauf	20,5		12.500	9.000	4.600
		See 0 m	19,8	1,60	940	160	0
		2 m	18,4		920	240	0
		4 m	15,0		1.100	220	6
10. 8. 1971	Schönwetter, Badebetrieb	Zulauf	17,5		3.200	2.000	3.600
		See 0 m	20,3	1,75	1.200	140	29
		2 m	18,5		1.300	300	100
		4 m	17,0		1.300	190	57
24. 8. 1971	Schönwetter, Badebetrieb	Zulauf	17,9		5.500	1.200	2.000
		See 0 m	21,5	0,90	1.100	70	10
		2 m	19,0		—	—	—
		4 m	16,9		800	100	30
21. 9. 1971	Schönwetter	Zulauf	8,5		16.000	5.000	840
		See 0 m	12,8	3,10	1.500	200	22
		2 m	12,5		1.100	120	20
		4 m	12,2		800	160	16
26. 1. 1972	Sonnig, See ganz zugefroren, schnee- bedeckt	Zulauf	0,1		83.000	240	330
		See 0 m	0,5		8.400	180	31
		2 m	2,5		4.200	160	10
		4 m	3,0		3.800	170	6
3. 5. 1972	Leichter Regen nach Schönwetter	Zulauf	9,5		21.000	3.000	11.000
		See 0 m	11,0	1,0	2.400	700	0
		2 m	10,8		2.000	560	0
		4 m	9,0		2.100	570	0
9. 8. 1972	Schönwetter	Zulauf	17,4		10.000	8.100	18.000
		See 0 m	19,2	2,70	1.300	460	140
		2 m	17,8		2.800	640	56
		4 m	14,8		1.200	690	120
4. 9. 1972	Schönwetter	Zulauf	14,3		13.000	4.200	7.400
		See 0 m	15,0	1,95	3.500	190	60
		2 m	14,2		2.400	340	60
		4 m	13,5		1.800	650	160

*) uz. = unzählbar.

derung der Sichttiefe zu erwarten; es zeigte sich aber, daß bei Regen und Wind die Sichttiefe durch Einschwemmung und Aufwirbelung stärker beeinflußt wird.

Ein Vergleich der in der Tabelle 2 angeführten Koloniezahlen zeigt die Keimbelastung des Veitscherbaches mit einem beträchtlichen Anteil an coliformen Keimen und die starke Zunahme im See nach den Schlechtwetterperioden des Sommers 1970. Der deutliche Anstieg der coliformen Keime im See während der Sommermonate ist bei der starken Verschmutzung des Veitscher Baches eher auf die Einschwemmungen von dorthier als auf den Badebetrieb zurückzuführen. Meist wurden an der Oberfläche des Sees geringere Keimzahlen als in der Tiefe gefunden. Dieses Verteilungsbild wurde aber durch Witterungseinflüsse gleichfalls verändert.

Das Litoral des Sees wies einen reichlichen Pflanzenbewuchs auf, bestehend aus Grünalgen (*Spirogyra* sp.), Blaualgen (*Oscillatoria* sp.) und Laichkräutern (*Potamogeton crispus*).

Schlammproben vom Seegrund enthielten vorwiegend verwesende Stengel- und Laubreste, häufig *Chironomus thummi* und *Tubifex*, daneben Egel. Der Schlamm war dunkel gefärbt, faulig und stellenweise mit *Oscillatoria*-Fäden bewachsen.

In den Sommermonaten kam es zu einer reichlichen Phytoplanktonproduktion, das Seewasser war zeitweise grünlich verfärbt.

Im Phytoplankton wurden gefunden:

Chlorophyta: die Gattungen *Pediastrum*, *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Characium* und *Staurastrum*.

Diatomeae: die Gattungen *Meridion*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Tabellaria*, *Cyclotella* und *Caloneis*.

Chrysophyceae: die Gattung *Dinobryon*.

Euglenophyta: die Gattung *Euglena*.

Die Bildung einer Wasserblüte wurde niemals beobachtet, nach längeren Schönwetterperioden erfolgte ein Aufschwimmen gasblasengefüllter Blaualgenpolster, sog. „Krötenhäute“.

Im Zooplankton kam neben Cyclopiden und Calanoiden häufig *Daphnia magna* vor, weiters von Rotatorien die Gattungen *Asplanchna*, *Polyarthra*, *Brachionus*, *Keratella* und *Schizocerca*.

5. Der Sulmsee

Der Sulmsee liegt am Fuße des Seggauerges im Sulmtal bei Leibnitz in etwa 250 m Seehöhe. Er besteht aus 2 Becken mit einer Fläche von 7 bzw. 10 ha, die eine mittlere Tiefe von 2—3 m aufweisen. Die Wasserversorgung erfolgt vorwiegend durch den Kogelgrabenbach; bei starker Verdunstung wird außerdem über eine Pumpanlage aus der unmittelbar benachbarten Sulm Wasser zugeführt. Deshalb wurde die Sulm mit in die Untersuchungen einbezogen. Beide Becken werden durch den Einsatz von Karpfen fischereilich genutzt. Im Spätherbst werden sie zur Abfischung vollständig entleert, die Becken gereinigt und kurzdauernd austrocknen gelassen.

Laufende Probenentnahmen erfolgten aus dem Kogelgrabenbach, aus der Sulm, im Becken I im ersten Jahr (1970) an 5, in den folgenden Jahren an 3 gleichen Entnahmestellen, im Becken II im Jahre 1970 an 3, in den folgenden Jahren nur an einer Stelle.

In der Tabelle 3 und in der graphischen Darstellung (Abb. 2) sind nur die Werte aus der Mitte des größeren Beckens angegeben.

Tab. 3: Ausgewählte Ergebnisse der chemischen Untersuchung des Sulmsees

Entnahmestelle	Temp. ° C	pH	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ - mg/l	NO ₃ - mg/l	PO ₄ - mg/l	KMnO ₄ -V. mg/l	O ₂ -G. mg/l	O ₂ -Sät. %	O ₂ -Zehr (% ^o)
21. 5. 1970										
Zulauf	12,1	7,3	n. n.	<0,01	9,5	0,01	8,4	11,8	117	13
See	19,3	8,4	n. n.	0,06	7,1	0,02	10,2	12,1	139	13
3. 8. 1970										
Zulauf	17,8	8,1	n. n.	0,03	9,0	0,04	10,9	9,3	103	26
Sulm	19,2	8,0	0,13	0,03	1,1	0,04	7,6	9,1	104	4
See	26,0	8,0	0,13	0,03	2,4	0,03	13,8	7,8	101	14
14. 12. 1970										
Zulauf	1,3	7,9	0,25	n. n.	8,8	0,03	12,4	14,1	107	10
Sulm	1,7	7,8	0,13	0,01	6,3	0,03	6,0	13,8	105	7
See	1,5	8,2	0,25	n. n.	4,5	0,04	16,3	15,1	116	23
24. 3. 1971										
Zulauf	7,8	7,8	<0,01	n. n.	7,8	0,01	8,4	12,8	114	4
Sulm	7,8	7,9	<0,01	n. n.	4,3	0,01	8,1	13,7	122	8
See	8,9	8,9	n. n.	n. n.	4,2	<0,01	11,8	14,2	131	27
17. 8. 1971										
Zulauf	16,5	7,7	0,25	<0,01	4,4	0,05	17,0	10,8	117	7
See	24,9	8,2	0,25	n. n.	0,4	0,02	25,3	9,0	114	33
21. 3. 1972										
Zulauf	7,8	7,6	n. n.	n. n.	11,5	0,04	8,7	11,2	97	17
Sulm	7,3	7,7	n. n.	<0,01	7,0	0,06	7,0	12,8	110	17
See	8,3	8,2	n. n.	0,02	7,9	0,02	11,1	14,2	125	13
13. 6. 1972										
Zulauf	14,9	7,3	0,20	n. n.	10,9	0,08	10,9	10,9	114	25
Sulm	16,6	7,5	0,20	0,01	5,2	0,04	8,7	10,4	111	18
See	23,5	8,1	0,20	0,05	4,2	0,04	15,3	9,0	111	38
25. 7. 1972										
Zulauf	16,8	7,6	0,13	<0,01	10,9	0,04	9,5	8,3	90	13
Sulm	18,2	7,7	0,25	0,02	3,1	0,05	—	9,4	106	15
See	25,2	8,4	0,13	0,09	3,9	0,04	18,8	12,9	167	35

5. 1. Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchung

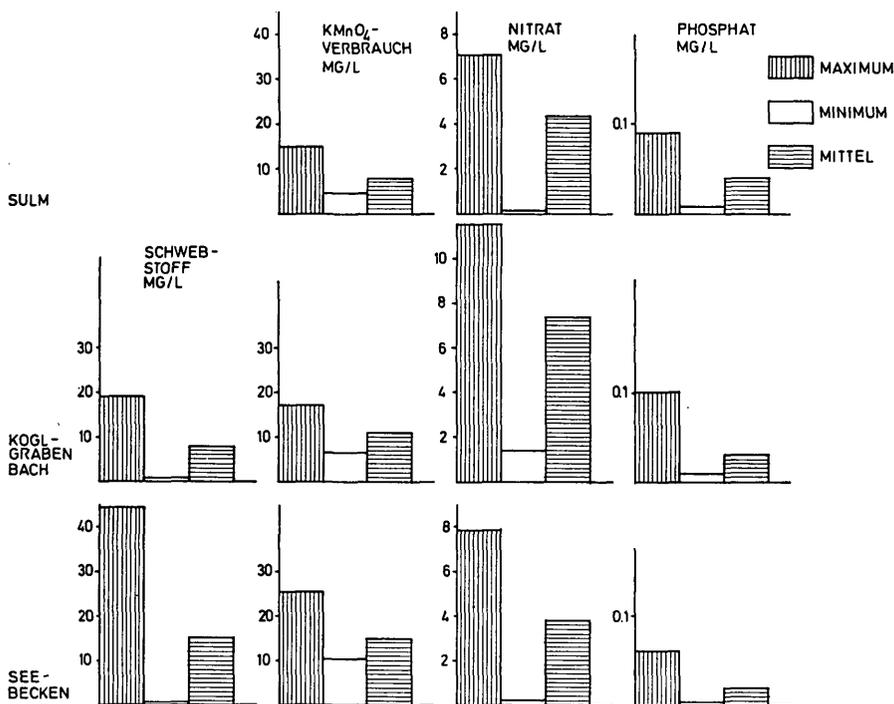
5. 1. 1. Sauerstoffgehalt und Sauerstoffzehrung

Sauerstoffdefizite wurden im See sowie im Zulauf und in der Sulm nur selten gemessen. Ein deutliches Defizit mit 76 % des theoretischen Sättigungswertes trat Mitte August 1970 auf, nachdem die Sulm infolge starker Regenfälle über die Ufer getreten war und beide Becken vollständig überflutet hatte. Sonst war das Seewasser meist mit Sauerstoff übersättigt.

Die durchschnittliche Sauerstoffzehrung nach 48 Stdn. im Kogelgrabenbach und in der Sulm betrug rund 12 % des Ausgangswertes, während sie im See beinahe doppelt so hohe Werte erreichte. 30 % der untersuchten Proben aus dem See wiesen eine Sauerstoffzehrung von über 25 % des Anfangswertes auf. Diese hohen Werte wurden stets in den Sommermonaten gemessen. Ein Höchstwert von 38 % des Ausgangswertes wurde am 13. 6. 1972 gefunden.

Wegen der geringen Tiefe der beiden Becken traten keine Schichtungen auf.

SULMSEE

Abb. 2: Sulfsee-Schwankungsbreiten des Schwebstoffgehaltes, des KMnO_4 -Verbrauchs sowie des Nitrat- und Phosphatgehaltes.

Tab. 4: Sulfsee

Datum	Bemerkungen	Entnahmestelle	Wassertemp. ° C	Sicht- tiefe m	Psychrophile pro ml	Koloniezahlen Mesophile pro ml	Coliforme in 100 ml
22. 6. 1970	Hitzeinbruch ca. 3.000 Badegäste	Zulauf	18,0			13.000	1.300
		Sulm	19,5			10.000	1.100
		See	24,5	0,60	330	180	uz. 3
2. 7. 1970	Himmel bedeckt warm	Zulauf	14,7			17.000	740
		Sulm	14,8			31.000	6.300
		See	22,6	0,70	1.000	320	120 900 7
6. 7. 1970	nach Regen, schönes windiges Wetter 600—700 Badegäste	Zulauf	17,6			27.000	1.900
		Sulm	14,7			19.000	18.000
		See	21,3	0,40	680	580	180 110 2
20. 7. 1970	Wetterbesserung nach Kälteeinbruch am 15. 7., 200 Badegäste	Zulauf	18,1			14.000	840
		Sulm	16,2			13.000	3.100
		See	20,5	0,60	840	660	200 800 3
29. 7. 1970	wolkenlos, heiß, windstill	Zulauf	16,2			15.000	2.600
		Sulm	19,0			12.000	7.300
		See	23,6	0,60	1.100	950	320 1.400 5

Datum	Bemerkungen	Entnahmestelle	Wassertemp. ° C	Sicht- tiefe m	Koloniezahlen		
					Psychrophile pro ml	Mesophile pro ml	Colifor- me in 100 ml
3. 8. 1970	Schönwetter, nach Besuch von 4000 Badeg.	Zulauf	17,8		14.000	1.500	1.300
		Sulm	19,2		13.000	5.300	2.200
		See	26,0	0,65	1.900	260	17
13. 8. 1970	vor 3 Tagen Hoch- wasser, See überflutet Wasser bräunlich-trüb	Zulauf	15,8		17.000	1.800	960
		Sulm	15,4		21.000	1.400	1.400
		See	20,0	0,15	ca. 14.000	ca. 3.000	ca. 1.000
18. 8. 1970	Wasser noch stark verschmutzt, kein Badebetrieb	Zulauf	12,0		74.000	18.000	460
		Sulm	11,5		uz.	12.000	7.600
		See	21,0	0,15	80.000	23.000	600
26. 8.	kein Badebetrieb	Zulauf	14,0		13.000	1.600	60
		Sulm	14,8		12.000	3.400	1.600
		See	20,0	0,30	4.800	4.400	520
23. 9. 1970	Schönwetter kein Badebetrieb	Zulauf	12,2		9.000	900	—
		Sulm	14,4		12.000	11.000	4.000
		See	17,8	0,45	350	260	1
14. 12. 1970	Teich frisch aufgefüllt	Zulauf	1,3		5.400	130	0
		Sulm	1,7		5.800	1.900	840
		See	1,5	1,90	200	86	0
24. 3. 1971		Zulauf	7,8		840	380	3
		Sulm	7,8		3.400	1.700	250
		See	8,9	0,75	180	50	0
29. 6. 1971	Schönwetter Badebetrieb	Zulauf	15,1		12.000	4.000	360
		Sulm	19,7		6.600	3.600	260
		See	22,1	0,70	500	430	2
13. 7. 1971	Schönwetter Badebetrieb	Zulauf	17,8		22.000	—	260
		Sulm	23,8		8.600	—	860
		See	26,0	0,60	370	220	2
4. 8. 1971	Schönwetter Badebetrieb	Zulauf	18,2		13.000	3.700	1.900
		Sulm	21,7		9.700	5.100	2.400
		See	24,3	0,35	440	330	38
17. 8. 1971	Gewitter am Vortag	Zulauf	16,5		12.000	3.100	600
		Sulm	—		51.000	38.000	16.000
		See	24,6	0,40	850	700	45
8. 9. 1971		Zulauf	11,6		24.000	8.900	230
		Sulm	13,1		14.000	13.000	2.700
		See	18,3	0,20	1.500	1.200	18
21. 3. 1972	Sonnig windstill	Zulauf	7,8		1.600	60	0
		Sulm	7,3		2.000	—	380
		See	8,3	1,40	58	46	0
13. 6. 1972	sonnig etwas windig	Zulauf	14,9		2.400	600	3.400
		Sulm	16,6		17.000	8.000	4.200
		See	23,5	0,50	250	160	2

5. 1. 2. Weitere gelöste Anteile

Der KMnO_4 -Verbrauch des Seebeckens zeigte keine großen Schwankungen und war — wie aus Tabelle 3 und Abb. 2 hervorgeht — etwas größer als im Kogelgrabenbach.

Während die Phosphatmengen bei den einzelnen Entnahmen keine großen Unterschiede aufwiesen und im Zulauf kaum höher als im See waren, wurden im See in den Sommermonaten stets geringere Nitratkonzentrationen als in der kalten Jahreszeit gefunden.

Ammonium und Nitrit waren bei mehreren Untersuchungen auch in Spuren nicht nachweisbar; höhere Werte als 0,25 mg/l Ammonium und 0,09 mg/l Nitrit wurden weder in den Seebecken noch im Zulauf oder in der Sulm gefunden; der Gehalt der beiden Ionen stieg im See vom Sommer bis zum Herbst hin leicht an.

Die Schwebstoffe in den Seebecken zeigten immer ein Maximum im Sommer. Die Schwebstoffführung der Sulm war sehr ungleichmäßig; nach Regenperioden wurden bis zu 150 mg/l gemessen, während durch Witterungseinflüsse der Schwebstoffgehalt im Zulauf kaum beeinflusst war.

5. 2. Bakteriologische Untersuchung

Die Tabelle 4 zeigt, daß im Kogelgrabenbach wie auch in der Sulm weit mehr Keime als im Seewasser vorhanden waren. Die für den See ermittelten Koloniezahlen zeigen eine deutliche Zunahme der Keime im Sommer. Da, wie bereits erwähnt, die Kompensierung des verdunsteten Wassers der Badebecken während der Sommermonate z. T. aus der abwasserbelasteten Sulm erfolgte, kann das Ansteigen der Keime im Seewasser zu dieser Zeit nicht durch den Badebetrieb allein bewirkt sein.

Nach der bereits erwähnten Überschwemmung im August 1970 waren die beiden Becken stark verunreinigt und die Keimzahlen enorm angestiegen. Erst nach 1½ Monaten sanken sie wieder auf Werte ab, wie sie zu Beginn des Sommers aufgetreten waren.

Die Sichttiefe im See wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Infolge des lehmigen Bodens und der geringen Tiefe der Badebecken wird durch die Fische (in der Hauptsache Karpfen) wie auch durch die Badegäste eine Trübung des Wassers bewirkt. Auch die Produktion von Phyto- und Zooplankton verringert die Sichttiefe. Wie die ausgewählten Daten in Tabelle 4 zeigen, wies die Sichttiefe nach dem Wiederaufstau im Dezember einen Maximalwert von 1,90 m auf, sank im Sommer auf etwa 60—70 cm ab und betrug nach den Überschwemmungen nur mehr 15 cm.

Phyto- und Zooplankton waren durch den alljährlichen Wasserwechsel und die Einbringungen aus dem Zulaufbach und der Sulm arten- und individuenreich. Der Anteil der vorkommenden Gattungen wechselte stark.

Die Ausbildung von Wasserblüten wurde während des Untersuchungszeitraumes nicht festgestellt.

Im Phytoplankton wurden regelmäßig gefunden:

Chlorococcales, die Gattungen: *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Staurastrum*, *Closterium*.

Diatomeae, die Gattungen: *Synedra*, *Navicula*, *Melosira*, *Asterionella*, *Nitzschia*, *Surirella* und *Cymbella*.

Euglenophyta: *Euglena viridis*.

Peridineae: die Gattungen *Peridinium* und *Ceratium*.

Die häufigsten Formen des Zooplanktons waren:

Copepoda: die Gattungen *Cyclops* und *Diaptomus*.

Cladocera: die Gattungen *Bosmina* und *Daphnia*.

Rotatoria: die Gattungen *Asplanchna*, *Brachionus*, *Schizocerca*, *Trichocerca*, *Pedalion*, *Keratella*, *Polyarthra* und *Filinia*.

Im Schlamm waren Larven von *Corethra* vorhanden.

6. Der Röksee

Der Röksee liegt in der südlichen Steiermark in einem Landschaftsschutzgebiet im Raum von Mureck in etwa 250 m Höhe. Inmitten des Auwaldes neben der Mur entstand aus einer ausgebeuteten Schottergrube nach Aushub unter den Grundwasserspiegel ein Becken im Ausmaß von ca. 7 ha und einer durchschnittlichen Tiefe von 2 m. Durch weitere Schotterentnahme wurde ein zweites Becken geschaffen, welches gegenwärtig noch vergrößert wird. Die beiden Becken mit einer Gesamtfläche von ca. 15 ha sind durch eine Halbinsel und einen zeitweise überfluteten Damm voneinander getrennt. Um eine ausreichende Wassertiefe im ersten, für den Badebetrieb vorgesehenen Becken zu erhalten, erwies sich die Belassung des Dammes als nötig. Da die Auenwälder im Unterlauf der Mur Brutstätten einer reichen Vogelfauna beherbergen, war das später angelegte Becken für die Ansiedlung von Wasservögeln vorgesehen.

Beide Becken werden ausschließlich durch austretendes Grundwasser versorgt. Wie aus dem Lageplan (Abb. 3) ersichtlich, liegt der Röksee sehr nahe an der stark abwasserbelasteten Mur.

Nordwestlich des Sees fließt ein ebenfalls stark verschmutzter Bach, der früher als Mühlgang diente und auch zeitweise Murwasser führt. Zwischen Mühlgang und See wurde ein Campingplatz errichtet. Da sich der Brunnen dieses Campingplatzes im Einzugsbereich des Grundwassers befindet, wurde er ab 1971 in die Untersuchungen mit einbezogen.

Orientierende Untersuchungen am Röksee begannen, wie bereits eingangs erwähnt, bereits im Jahre 1966 und wurden ab 1970 in verstärktem Maße weitergeführt.

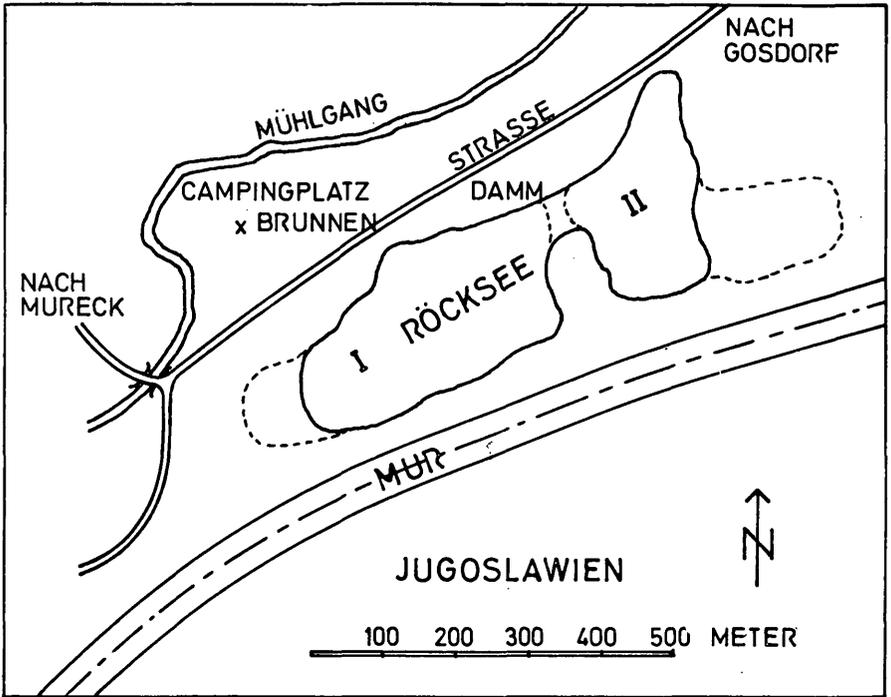
6. 1. Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchung

Eine Auswahl aus den Untersuchungsergebnissen zeigt die Tabelle 5.

Der Sauerstoffgehalt des Seewassers lag bei den meisten Untersuchungen deutlich über der theoretischen Sättigung (Höchstwert 188 % am 3. 8. 1970). Sauerstoffwerte knapp unterhalb der Sättigung wurden nur fallweise in der kühlen Jahreszeit gemessen (97 % am 19. 9. 1972).

Die Sauerstoffzehrung betrug im Mittel 16,6 %, das Maximum war 27 % am 28. 7. 1971. Zehrungen über 25 % des Anfangswertes wiesen nur 13 % aller untersuchten Proben auf. Wegen der geringen Tiefe stellten sich nie Schichtungen ein. Das Wasser des Brunnens auf dem Campingplatz wies immer ein Sauerstoffdefizit auf, welches im Durchschnitt bei 70 % der Sättigung lag. Die Sauerstoffzehrung zeigte nur in einem Ausnahmefall im Juli 1972 einen sehr hohen Wert von 65 % des Anfangswertes, als infolge Hochwassers Oberflächenwasser eingedrungen war, sonst lag sie immer unter 20 %.

Der Kaliumpermanganatverbrauch des Seewassers war, wie Tabelle 5 und Abbildung 4 zeigen, größer als der des Brunnenwassers. Ein nennenswerter Anstieg in den Sommermonaten oder nach starken Regenfällen wurde nicht festgestellt. Da der See im Süden durch einen schmalen bewaldeten Damm von der Mur abgegrenzt ist und die nördlich bzw. nordwestlich des Sees anfallenden Niederschläge durch den Bach abgeleitet werden, traten Verschmutzungen und Ein-



RÖCKSEE

Abb. 3: Röksee, Lageplan.

schwemmungen nach Regenfällen nicht auf. Daher zeigte auch die Schwebstoffführung im See trotz wechselnder Sichttiefe keine großen Unterschiede.

NH_4 und NO_2 waren im See nur in geringen Konzentrationen von höchstens 0,05 mg/l bzw. 0,13 mg/l in der warmen Jahreszeit vorhanden; bei der Mehrzahl der Untersuchungen waren die beiden Ionen jedoch überhaupt nicht nachweisbar. Während im Brunnen Nitrit und Ammonium nie gefunden wurden, waren die hier ermittelten Nitratwerte immer deutlich höher als im See. In den Sommermonaten trat im See eine leichte Abnahme des Nitrates ein (Tab. 5).

Die Phosphatgehalte im See und im Brunnen waren weitgehend ähnlich.

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß die Zusammensetzung des Wassers im Badebecken in chemischer Hinsicht keine großen jahreszeitlichen Schwankungen aufweist.

Eine Beeinträchtigung der Wassergüte des Sees durch die Mur oder des Grundwassers durch den Bach ist aus den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen nicht festzustellen, worauf bereits GÜBITZ & SCHWARZ (1972) hingewiesen hatten.

6. 2. Ergebnisse der biologischen und bakteriologischen Untersuchung

Aus den Werten der Tabelle 6 ist während der Sommermonate ein deutliches Ansteigen der Keimzahlen zu erkennen, auch coliforme Keime konnten nachgewiesen werden.

Tab. 5: Ausgewählte Ergebnisse der chemischen Untersuchungen des Röksees

Datum	Entnahmestelle	Temp. ° C	pH	NH ₄ * mg/l	NO ₂ - mg/l	NO ₃ - mg/l	PO ₄ --- mg/l	KMnO ₄ -V. mg/l	O ₂ -G. mg/l	O ₂ -Sät. %	O ₂ -Zeh. %
30. 7.	Brunnen	11,8	7,2	n. n.	n. n.	9,6	0,03	3,1	6,3	62	9
1970	See	24,4	8,0	n. n.	0,03	6,0	0,02	6,3	13,8	173	13
13. 8.	Brunnen	11,7	7,3	n. n.	n. n.	14,2	0,05	2,8	6,5	63	—
1970	See	22,7	8,0	0,13	0,03	8,6	0,02	12,1	13,2	157	16
23. 9.											
1970	See	18,2	7,8	<0,01	n. n.	7,9	0,01	12,0	12,2	132	11
14. 12.	Brunnen	10,7	7,1	n. n.	n. n.	14,7	0,03	3,9	5,9	57	6
1970	See	2,4	7,9	n. n.	n. n.	10,8	0,03	7,1	15,0	117	18
30. 3.	Brunnen	9,6	7,2	n. n.	n. n.	12,1	0,02	3,3	7,0	65	17
1971	See	9,0	8,0	0,13	n. n.	9,9	0,02	8,5	15,0	138	26
13. 7.	Brunnen	11,5	7,6	n. n.	n. n.	11,4	0,03	2,0	7,5	73	12
1971	See	25,5	8,0	n. n.	0,03	6,8	0,07	8,8	10,2	130	25
8. 9.	Brunnen	12,5	7,2	n. n.	n. n.	7,5	0,03	3,0	7,4	72	18
1971	See	18,5	8,1	0,13	<0,01	7,2	0,02	9,7	12,0	130	17
27. 10.	Brunnen	12,1	7,2	n. n.	n. n.	10,0	0,04	2,0	7,8	76	14
1971	See	10,5	7,9	n. n.	0,02	6,9	0,03	5,9	12,8	118	8
8. 2.	Brunnen	9,3	7,2	n. n.	n. n.	11,5	0,05	3,1	7,7	72	7
1972	See	2,7	7,4	n. n.	n. n.	10,0	0,03	6,3	12,4	97	10
15. 6.	Brunnen	10,2	7,5	n. n.	n. n.	11,3	0,03	4,0	8,2	78	18
1972	See	22,7	8,0	n. n.	0,03	9,5	0,03	4,7	14,3	174	12
18. 7.	Brunnen	13,9	7,3	n. n.	n. n.	12,2	0,02	7,6	7,8	80	65
1972	See	22,3	7,6	<0,01	0,03	7,4	0,02	9,9	10,6	129	22
10. 8.	Brunnen	12,4	7,1	n. n.	n. n.	14,4	0,03	1,6	7,9	79	9
1972	See	24,9	8,0	<0,01	0,03	6,3	0,01	4,6	12,2	156	20
19. 9.	Brunnen	12,8	7,5	n. n.	n. n.	15,7	0,03	7,9	5,7	57	7
1972	See	13,8	7,9	n. n.	0,02	9,4	0,02	6,5	9,5	97	26

Ein im Juli 1972 nach langen Regenfällen aufgetretenes Hochwasser verursachte einen starken Anstieg des Seewasserspiegels, aber nur eine verhältnismäßig geringe Zunahme der Keimzahlen im See, die bald wieder auf die ursprünglichen Werte zurückgingen. Auch die bakteriologische Untersuchung zeigt somit, daß die Witterungsverhältnisse keinen starken und nachhaltigen Einfluß auf die Wasserqualität dieses Badesees ausüben.

Über den niedrigen Rand des Brunnens auf dem Campingplatz konnte das Hochwasser in den Schacht eindringen und bewirkte, wie bereits erwähnt, eine starke Verschmutzung, die auch ein beträchtliches Ansteigen der Keimzahlen und das Auftreten coliformer Keime zur Folge hatte; der Brunnen mußte daraufhin ausgepumpt und gereinigt werden.

Die Sichttiefe war im allgemeinen im Frühjahr und Sommer geringer als im Herbst und Winter; stärkerer Zustrom von Grundwasser scheint ihre Schwankungen im Sommer zu beeinflussen.

Das aus Schotter bestehende Litoral wies stellenweise einen Aufwuchs von fädigen Grünalgen der Gattungen Ulothrix, Spirogyra und Mougeotia auf.

In dem tiefen Bereich des Badebeckens hatte sich eine Schlammsschicht ge-

RÖCKSEE

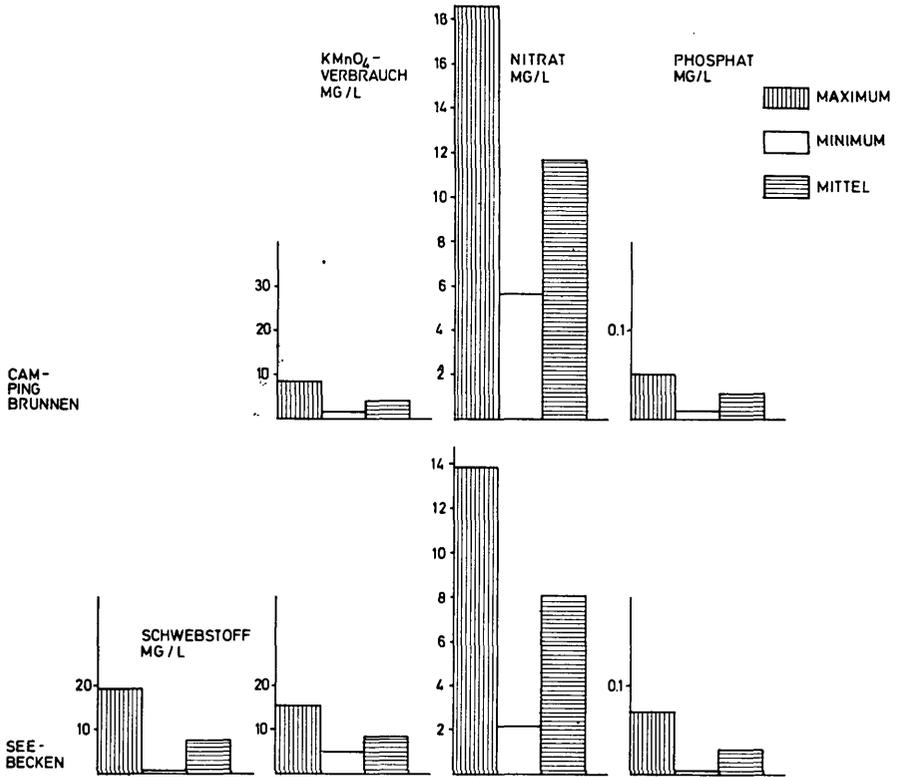


Abb. 4: Röksee-Schwankungsbreiten des Schwebstoffgehaltes, des KMnO₄-Verbrauchs sowie des Nitrat- und Phosphatgehaltes.

Tab. 6: Röksee

Datum	Bemerkungen	Entnahmestelle	Wassertemp. °C	Sichttiefe m	Kolonialzahlen pro ml		
					Psychroph.	Mesoph.	Colif.
2. 7. 1970	Bedeckt, warm, zeitweise sonnig, Badebetrieb	See	22,5	1,00	140	78	2
6. 7. 1970	wolzig, etwas windig nach Regenwetter	See	19,8	0,80	260	76	2
20. 7. 1970	Schönwetter nach Kälteeinbruch, windig	See	20,2	1,20	440	340	3
30. 7. 1970	Schönwetter, windstill, Badebetrieb	See	24,4	1,10	370	120	14
3. 8. 1970	Schönwetter nach Badebetrieb, ca. 2.500 Gäste	See	27,0	0,75	190	100	16
13. 8. 1970	Schönwetter, Badebetrieb	See	22,7	0,70	460	170	42
18. 8. 1970	Schönwetter, Badebetrieb	See	23,0	0,55	420	200	27

Datum	Bemerkungen	Entnahme- stelle	Wassertemp. ° C	Sicht- tiefe m	Kolonialzahlen		
					Psychroph. pro ml	Mesoph. pro ml	Colif. in 100 ml
26. 8. 1970	Schönwetter, Badebetrieb	See	20,4	0,55	540	130	23
23. 9. 1970	Schönwetter	See	18,2	0,60	560	100	23
11. 11. 1970	Schönwetter	See	8,7	1,00	110	24	0
14. 12. 1970		See	2,4	1,60	130	36	0
30. 3. 1971	bewölkt, windstill	Brunnen See	9,6 9,0	0,80	46 100	28 26	0 0
26. 5. 1971	Schönwetter, windig, Badebetrieb	Brunnen See	10,0 22,0	0,65	46 71	19 51	0 4
13. 7. 1971	Schönwetter, Badebetrieb	Brunnen See	11,5 25,5	1,05	51 720	12 600	0 11
17. 8. 1971	Schönwetter, Badebetrieb	Brunnen See	11,5 26,6	0,75	24 1.000	17 900	0 4
8. 9. 1971	Schönwetter,	Brunnen See	12,5 18,5	0,65	17 770	8 400	0 6
27. 10. 1971	Schönwetter	Brunnen See	12,1 10,5	0,90	44 80	14 43	0 0
14. 12. 1971	See zugefroren	Brunnen See	11,2 3,8		— 122	10 26	0 0
8. 2. 1972	See zugefroren schneebedeckt	Brunnen See	9,3 2,7		14 36	13 21	0 0
22. 3. 1972	bedeckt etwas windig	Brunnen See	8,0 9,7	0,80	12 69	6 32	0 1
15. 6. 1972	Schönwetter, starker Wind	Brunnen See	10,2 22,7	1,50	7 110	4 68	0 0
18. 7. 1972	nach starkem Regen, hoher Wasserstand Brunnen überschwemmt	Brunnen See	13,9 22,3	1,45	1.200 1.400	ca.1.000 700	70 65
10. 8. 1972	Schönwetter, hoher Wasserstand, Badebetrieb	Brunnen See	12,4 24,9	1,80	470 100	32 130	0 0
19. 9. 1972	Regen	Brunnen See	12,8 13,8	1,05	7 150	5 110	0 4
21. 11. 1972	neblig	Brunnen See	11,8 5,6	1,10	7 120	4 48	0 1

bildet, die von Tubificiden und Dipterenlarven (*Corethra*, *Chironomus thummi* und anderen Chironomiden) besiedelt war.

Im Phytoplankton waren vorhanden:

Cyanophyceae: die Gattung *Microcystis*

Chlorococcales: die Gattungen *Pediastrum*, *Oocystis*, *Ankistrodesmus* und *Scenedesmus*

Conjugatae: die Gattungen *Staurastrum*, *Cylindrocystis* und *Cosmarium*

Diatomeae: die Gattungen *Synedra*, *Melosira*, *Asterionella*, *Tabellaria*, *Diatoma*, *Cymbella*, *Nitzschia*, *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Surirella* und *Gyrosigma*

Peridinea: die Gattungen *Peridinium* und *Ceratium*

Chrysomonadinae: die Gattung *Dinobryon*

Im Zooplankton waren zu finden:

Copepoda: die Gattungen *Cyclops* und *Diaptomus*

Cladocera: die Gattungen *Asplanchna*, *Keratella*, *Polyarthra*, *Filinia*, *Schizocerca*, *Brachionus* und *Trichocerca*.

7. Diskussion der Ergebnisse

7. 1. Nährstoffzufuhr und Eutrophierung

Die beiden Badeseen Trabocher- und Sulmsee erhalten durch ihre belasteten Zubringer ständig gelöste Nährstoffe und Feststoffe zugeführt. Ein wesentlicher Teil des Untersuchungsprogrammes war die Prüfung der Wirkung dieses Eintrages gelöster und fester Anteile auf die Wasserorganismen und damit auf die Produktion dieser Gewässer. Die besonders in niederschlagsreichen Perioden in beträchtlicher Menge eingebrachten Feststoffe lagern sich am Gewässergrund ab und bewirken dort zunächst eine vermehrte Sedimentbildung. Aus den organischen Anteilen der abgelagerten Feststoffe werden durch mikrobiellen Abbau Nährstoffe freigesetzt, die mit den im Zulaufwasser enthaltenen gelösten Nährstoffanteilen eine deutliche Eutrophierung bewirken, als deren Folge während der Sommermonate durch die reichliche Phytoplanktonentwicklung starke Sauerstoffübersättigungen in den Oberflächenbereichen der untersuchten Gewässer eintreten. Die Intensität der mikrobiellen Stoffumsetzungen ist im Trabochersee durch die bei kurzdauernden Stagnationen auftretenden Sauerstoffabnahmen in den tiefen Bereichen erkennbar.

Die reichliche Phyto- und Zooplanktonproduktion vor allem in den Sommermonaten wird durch die wegen der geringen Tiefe fast ständig erfolgende Zirkulation der Nährstoffe im Gewässer gefördert. Auch der nur durch Grundwasserzuflüsse gespeiste Röksee zeigt Eutrophierungserscheinungen, obgleich in ihm die Minimumnährstoffe, vor allem das Phosphat, in wesentlich geringerer Menge vorhanden sind als in den beiden anderen Gewässern.

Nach den sehr eingehenden Untersuchungen von HEHENWARTER über Baggerseen im Raume von Linz, scheint die bereits Eutrophierung auslösende Phosphatmenge bei 20 bis 25 Gamma/l zu liegen.

Die im Phytoplankton gefundenen Organismen sind größtenteils solche, die von LIEBMANN als charakteristische Leitvorkommen für eutrophierte Gewässer angegeben werden. In allen drei untersuchten Badeseen wurde die Gattung *Scenedesmus* gefunden, die unter anderem als Indikator der Eutrophierung angesehen wird. Die eine stärkere Eutrophierung kennzeichnenden Blaualgen wurden besonders im Trabochersee gefunden, wo es gelegentlich auch zum Auf-

schwimmen gasblasengefüllter Blaualgenwatten kommt. Jedenfalls sind in allen drei untersuchten „Badeseen“ Anzeichen für eine Eutrophierung dieser aus limnologischer Sicht sehr jungen Gewässer deutlich vorhanden.

7. 2. Die mikrobielle Belastung

Mit den Zuflüssen gelangen auch große Mengen von Mikroorganismen mit einem reichlichen Anteil von Darmkeimen in den Trabocher- und den Sulmsee.

Die Gesamtkeimzahlen (Koloniezahl nach dem Koch'schen Plattenverfahren) betragen im Zulauf des Trabochersees im Maximum bis zu 140.000 Keime pro ml. In der Sulm sowie im Zubringer des Sulmsees lagen sie ebenfalls während des Sommers fast immer über 10.000. Manchmal erreichte die Keimzahl in der Sulm Werte bis über 50.000.

Die Zahl der coliformen Keime als Indikator fäkaler Verunreinigungen war im Veitscherbach ständig sehr hoch, sie lag stets zwischen 2000 bis 6000 in 100 ml und stieg nach starken Regenfällen sogar über 10.000 in 100 ml. Auch in den beiden Zubringern des Sulmsees war die Zahl der coliformen Keime beträchtlich, in der Sulm um etwa 1000 in 100 ml, gelegentlich auch weniger. Einmal wurde aber nach einem Gewitterregen in der Sulm eine Anzahl von 16.000 Coliformen in 100 ml festgestellt. Die für die Badegewässer zulässigen Grenzwerte des Colititers sind nach HAVEMEISTER bzw. CARLSON 0,1 ml, d. i. in 1 ml Wasser sollen nicht mehr als 10 Colikeime nachweisbar sein.

Dieser Titer wurde im Zulauf zum Trabochersee und auch bei der Sulm meist erreicht oder überschritten. Im Trabochersee und Sulmsee selbst waren während des ganzen Jahres wesentlich geringere Keim- und Colizahlen vorhanden als in den Zubringern. Eine einzige Ausnahme trat bei einer Überschwemmung ein, als der Sulmsee durch das Hochwasser der Sulm überstaut und durchspült wurde und es dabei zu hohen Keimzahlenanstiegen kam, die nur langsam wieder zurück gingen.

Ganz anders sind die Verhältnisse in dem nur durch Grundwasserzuläufe versorgten Röksee. Hier liegt die Zahl der Coliformen meist unter 20 in 100 ml, nur selten wurden Werte über 60 gefunden.

Die Gesamtkeimzahl lag im allgemeinen zwischen 100 und 700 Kolonien/ml und überschreitet nur gelegentlich den Wert von 1000/ml. Zum Vergleich sollen Zahlen aus natürlichen Badeseen angeführt werden. Im Bereich örtlicher Abwassereinflüsse fand KOHL hohe Zahlen von Coliformen z. B. in Uferbereichen des Millstättersees im August 1965 zwischen 25.000 und 40.000 in 100 ml, im Wörthersee beim Strandbad Reifnitz am 4. 9. 1964 60.000 pro 100 ml. In der Nähe eines Hotels wurden im Wörthersee sogar über 500.000 coliforme Keime in 100 ml ermittelt.

Die Gesamtkeimzahlen in den genannten Seen, besonders in der Ufernähe, liegen oft über 100.000 und können gelegentlich an Stellen, wo Abwassereinleitungen vorhanden sind, die Millionengrenze erreichen bzw. überschreiten.

Die von RHEINHEIMER angegebene Gesamtkeimzahlzunahme während der Sommermonate in natürlichen stehenden Gewässern ist auch in den untersuchten Badegewässern zu finden, wobei der Badebetrieb fördernd einwirkte.

7. 3. Auswirkung des Badebetriebes

Während im Trabocher- und Sulmsee die Zubringer an der Eutrophierung und der Keimeinbringung wesentlichen Anteil haben, werden Gesamtkeimzahl und Anzahl der coliformen Keime im Röksee hauptsächlich durch den Badebetrieb beeinflusst. Zur Beurteilung der Belastung durch den Badebetrieb führt

KOHL Untersuchungsergebnisse von REPLOH bzw. CARLSON an, wonach je Badegast mit einer Keimeinbringung von rund 100 Keimen je ml zu rechnen ist, wenn für jeden Badenden ein Kubikmeter Wasser gerechnet wird. Durch die Benützung von Liegewiesen und Spielplätzen kann sich dieser Keimeintrag wesentlich erhöhen, außerdem werden durch die Badenden verschiedene organische Substanzen von der Körperoberfläche in das Gewässer abgegeben. Die im Röksee ermittelten Nährstoff- und Keimzahlzunahmen während der Sommermonate sind vorwiegend durch den Badebetrieb bedingt, wie auch das völlige Verschwinden der Coliformen während der Wintermonate zeigt. In den beiden anderen untersuchten Badegewässern sind diese Zusammenhänge nicht so deutlich erkennbar.

7. 4. Möglichkeiten der Fischereilichen Nutzung

In allen drei untersuchten Badegewässern wird außerdem noch Fischzucht betrieben. Der Sulmsee wird alljährlich zum Ausfischen der eingesetzten Karpfen abgelassen.

Durch die Nahrungssuche dieser Fische erfolgt ein Aufwühlen der Bodensedimente, wodurch eine zusätzliche Wassertrübung eintritt und eine Aufnahme der löslichen Nährstoffanteile durch das Wasser gefördert wird.

Wegen dieses die Eutrophierung fördernden Verhaltens wird die Fischhaltung notwendigerweise auf ein tragbares Ausmaß eingeschränkt bleiben und extensiv sein müssen, wenn auch durch die Nahrungsaufnahme der Fische eine Verringerung der Biomasse erfolgt. Einen intensiven Fischerei- und Badebetrieb nebeneinander durchzuführen erscheint unmöglich.

7. 5. Maßnahmen zur Sicherung einer einwandfreien Wasserqualität

Wie aus unseren Ergebnissen hervorgeht und auch HEHENWARTER ausführt, erfolgt bei kleineren künstlichen Badeseen die Eutrophierung viel rascher als in den natürlichen Seen.

Nach allen Erfahrungen an solchen Gewässern scheint es daher nötig, die zunehmende Eutrophierung durch Abfuhr der überschüssigen Nährstoffanteile zu verhindern oder zumindest zu verlangsamen.

Dort, wo eine völlige Entleerung des Beckens möglich ist, kann durch Abführung des Schlammes eine weitere Nährstoffanreicherung des Wassers aus dem Sediment und damit die Gefahr einer Massenproduktion des Planktons verhindert werden. Bei Baggerseen, wie dem Röksee, müßte die Entfernung des Schlammes mit anderen Mitteln versucht werden, da ein Absaugen nährstoffreicher Gewässeranteile, wie es PECHLANER am Piburgersee durchführte, hier wegen der geringen Wassertiefe und der häufigen Durchmischung unmöglich ist. Jedenfalls wird es notwendig sein, Bewirtschaftungsverfahren für die „Badeseen“ zu entwickeln, welche eine dauernde Benützung dieser Gewässer für Badezwecke, denen sie in erster Linie im Interesse des Fremdenverkehrs dienen sollen, auch in weiterer Zukunft in uneingeschränktem Maße möglich machen.

Von besonderer Bedeutung wird dabei die Reinhaltung der diese Gewässer speisenden Zuflüsse sein.

8. Zusammenfassung

Drei künstliche flache „Badeseen“, von denen zwei durch oberflächliche Zuläufe gespeist werden, einer aber ausschließlich Grundwasserzuläufe erhält, wurden mehrere Jahre hindurch eingehend biologisch und chemisch untersucht.

Erfasst wurden dabei: Sauerstoffgehalt, Sauerstoffzehrung, Ammonium, Nitrit, Nitrat und Phosphat, KMnO_4 -Verbrauch, Schwebstoffgehalt und Sichttiefe. Die bakteriologische Untersuchung erstreckte sich auf die Bestimmung psychrophiler und mesophiler Keime bei 20° und 37° sowie der Coliformen. Außerdem wurden die wichtigsten im Zoo- und Phytoplankton vorkommenden Gattungen festgestellt.

Die Zubringer wiesen meist eine wesentlich höhere bakterielle Belastung als die Badegewässer auf, sie beeinflussen diese aber auch durch die Einbringung gelöster und fester Anteile ungünstig. Die besten Verhältnisse in chemischer und biologischer Hinsicht zeigte daher der nur durch Grundwasserzufuhr gespeiste „Röcksee“.

In allen untersuchten Gewässern waren deutliche Anzeichen einer Eutrophierung, erkennbar durch das gehäufte Auftreten spezieller Leitformen, festzustellen.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich Hinweise zur Sicherung erträglicher Verhältnisse bei Verwendung der Gewässer für den Badebetrieb und eine beschränkte fischereiliche Nutzung ableiten.

9. Literatur

- BURKARD R. 1955. Zur Ermittlung der relativen Sauerstoffsättigung von Wasser. — Jb. „Vom Wasser“ 22:272-274.
- CARLSON S. 1972. Erkenntnisse und Fortschritte in der Schwimmbadewasserhygiene. — Zbl. Bakt., I. Ref. 229.
- Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. — Verl. Chemie, Weinheim/Bergstr. 1960—1971.
- GÜBITZ H. & SCHWARZ W. 1972. Jahreszeitliche chemisch-biologische Untersuchungen eines künstlichen Badesees. — Zbl. Bakt., I. Ref. 229.
- HAVEMEISTER G. 1971. Hygienische Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit in Freibadegewässern und öffentlichen künstlichen Schwimmbädern. — Gesundheitswesen u. Desinfektion, 2.
- HEHENWARTER E. 1966. Baggerseen, künstliche Kleingewässer und ihre limnologischen Probleme. — Inf.-Bl. 14. Förder. Europ. Gewässerschutz (FEG), Zürich.
- KOHL W. 1969. Die bakterielle Belastung der Badeseen. — Wasser und Abwasser. — Verl. Winkler & Co, Wien.
- Merck. Die Untersuchung von Wasser, 4. Aufl. — E. Merck AG, Darmstadt.
- PECHLANER R. 1971. Die Restaurierung des Piburgersees (Tirol). — Carinthia II, Sonderheft 31:97-115.
- RHEINHEIMER G. 1971. Mikrobiologie der Gewässer. — G. Fischer, Jena.

Anschrift der Verfasser: Dr. Margit ERNET, Dr. Helmut GÜBITZ und Prof. Dr. Karl STUNDL, Institut für Mikrobiologie, Wasser- und Abfalltechnologie, Technikerstraße 4, A-8010 Graz.