

Zur Frage der Darstellung der Verunreinigung von Flüssen und Seen mit Hilfe bakteriologischer Parameter

Von Dr. W. KOHL

Vortrag gehalten am 9. Mai 1973

Aus der Bundesanstalt für Wasserbiologie und
Abwasserforschung

Direktor W. Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn.

L. J. Ottendorfer

Zur Kennzeichnung einer Verunreinigung kann man verschiedene bakteriologische Parameter heranziehen. Am besten eignen sich aber:

- a) Die Koloniezahl saprophytischer Keime,
- b) die Koloniezahl der Kolibakterien und
- c) der Nachweis von Salmonellen.

Warum gerade diese Parameter bestimmt werden und welche Bedeutung ihnen zukommt soll kurz erläutert werden.

ad a) Die Koloniezahl saprophytischer Keime (tote organische Substanz abbauend), auch als Zahl der psychrophilen (kälteliebenden) heterotrophen saprophytischen Keime, früher als Gesamtkeimzahl bezeichnet, ist davon abhängig, welche Mengen organischer, leicht abbaubarer Substanzen in einem

Gewässer vorhanden sind. Angegeben wird jene Koloniezahl, welche innerhalb von 48 Stunden bei 22° C auf festen Nährböden anwächst. Diese Koloniezahl stellt einen empfindlichen Indikator dar und wird je Milliliter berechnet.

ad b) Die Kolibakterien werden allgemein als Indikatorkeime für eine fäkale Verunreinigung angesehen. Dies deshalb, weil sie ihren natürlichen Standort im Colon (Dickdarm) des Menschen und der warmblütigen Tiere haben. Sie wurden vom Kinderarzt Escherich zuerst beschrieben. Wenn diese Keime (*Escherichia coli*) außerhalb des Darmes anzutreffen sind, dann muß es zu einer fäkalen Verunreinigung gekommen sein. Als beweisend kann allerdings nur das Vorkommen von *E. coli* selbst gelten. Andere Koli-keime lassen eine fäkale Verunreinigung nur vermuten, da sie auch z. B. von Fischen stammen könnten. Die Zahl der Koli-keime — berechnet auf 100 Milliliter —, die bei 44° C in 24 Stunden auf festen Nährböden Kolonien bilden, wird als Kenngröße herangezogen. Es sind aber auch andere Nährböden und Bebrütungs-temperaturen üblich. Wenn man *E. coli* mit Sicherheit diagnostizieren will, muß der fragliche Keim noch weiter biochemisch getestet werden. Neben der Kolizahl wird oft auch der Kolititer angegeben. Unter Kolititer versteht man jene Wassermenge — in Milliliter — in der noch ein Koli-keim nachweisbar ist.

ad c) Der Nachweis von Salmonellen ist deshalb bedeutungsvoll, weil diese Keime als Krankheits-

erreger (Typhus, Paratyphus, Enteritis, etc.) bei Mensch und Tier vorkommen. In die Gewässer gelangen die Salmonellen meist mit häuslichen Abwässern, mit Abwässern aus landwirtschaftlichen und gewerblichen Betrieben und durch Wildtiere. Zwischen dem Verunreinigungsgrad eines Gewässers mit Siedlungsabwässern und der Nachweisbarkeit von Salmonellen besteht eine Korrelation.

In Gewässern mit unterschiedlichem Gehalt an organisch abbaubaren Stoffen („Schmutzstoffe“) entwickeln sich verschiedene Lebensgemeinschaften von Bakterien, Pilzen, Algen und Tieren. Diese kann man zur Einteilung der Gewässer in üblicherweise 4 Saprobienstufen (Verschmutzungsstufen, Gewässergüteklassen) heranziehen. Verschiedene Autoren (Mevius 1952/53, Bahr 1953, Liebmann 1959 und Höll 1968) haben den Versuch unternommen, zur Kennzeichnung der Saprobienstufen die Koloniezahl saprophytischer Keime heranzuziehen (Abb. 1). In der oligosaprogenen Stufe (I. Stufe, mit geringster Verschmutzung) sind nach Bahr, Liebmann und Höll weniger als 100 Keime zu finden. Sicher gibt es Gewässer, welche so geringe Keimzahlen aufweisen, aber die Klassifizierung ist doch ein wenig streng, wenn man bedenkt, daß 100 Keime je Milliliter als Trinkwassertoleranzgrenze allgemein üblich sind. Viele sehr reine Gewässer enthalten 200 — 500 Keime. Dies entspricht nicht nur der eigenen Erfahrung sondern ist auch von Kruse (1960) publiziert worden. Die Ansicht von Mevius dürfte im großen Durchschnitt

der Realität am ehesten entsprechen. Die Keimzahlen sind aber auch von der Gewässertemperatur abhängig. In der β -mesosaproben II. Stufe dürften auf Grund der Erfahrung der Bundesanstalt ebenfalls die von Mevius angeführten Werte am besten zutreffen. In verschiedenen Gewässern, welche auf Grund des Saprobiensystems in die II. Stufe eingeordnet wurden, waren Koloniezahlen zwischen 10.000 u. 40.000 festzustellen. Der α mesosaproben III. Stufe wird ziemlich einheitlich eine Keimzahl in der Größenordnung von 100.000 Keimen zugeordnet. Nur nach Bahr kann die Keimzahl bis zu Millionen betragen. Schließlich wird für die IV.

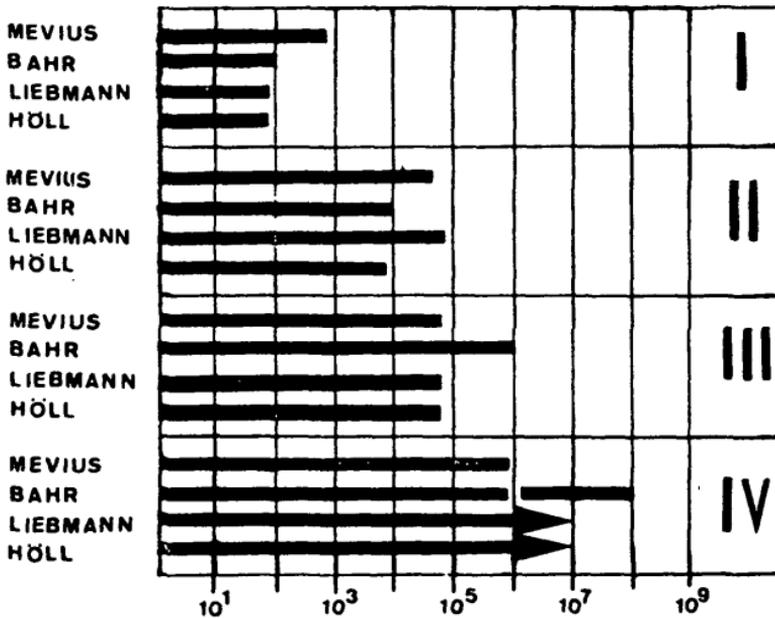


Abb. 1: Koloniezahl saprophytischer Keime in den Wassergüteklassen (nach Mevius 1952/53, Bahr 1953, Liebmann 1959, Höll 1960).

Stufe eine Koloniezahl von 10^6 als kennzeichnend angeführt. Einige Keimzahlwerte — Koloniezahlwerte — der Donau sollen diese Angaben verdeutlichen. So findet man z. B. in Engelhartzell — also im obersten Teilstück der österreichischen Donau — Koloniezahlen zwischen 750—2.500, nur vereinzelt darüber, in Wolfsthal knapp oberhalb der tschechoslowakischen Staatsgrenze Werte um 100.000, allerdings stärker schwankend. In den Abwasserfahnen direkt unterhalb von Einleitungen betragen die Keimzahlen eine halbe Mio bis drei Viertel Mia mit Spitzenwerten von vielen Milliarden. Einige Kilometer unterhalb findet man Keimzahlen von 0,75 — 1,5 Millionen, selbstverständlich in Abhängigkeit von der Abwassermenge und der Verdünnung. Drei Kilometer unterhalb von Linz — das ist knapp oberhalb der Traunmündung — finden sich derartige Werte. Die unterschiedliche Abgrenzung der einzelnen Stufen an Hand der Keimzahlwerte läßt sich durch Einführung von Zwischen-

I	< 100
I-II	100- 1.000
II	1.000- 10.000
II-III	10.000- 50.000
III	50.000-100.000
III-IV	100.000-1 Million
IV	1 Million- 100 Millionen

Abb. 2: Wassergüteklassen und Saprophytenzahl in Fließgewässern, nach Wachs 1969.

Tabelle 1: Psychrophile

Entnahmestellen	1. Untersuchung 2. Untersuchung 3. Untersuchung 4. Untersuchung			
	am 19. 8. 1968	am 3. 9. 1968 am 2. 10. 1968 am 21. 10. 1968		
Nußdorf r. Ufer	9.800	3.200	6.300	3.250
Fischmarkt r. Ufer	57.000.000	264.000.000	105.500.000	302.500.000
DDSG-Direktion r. Ufer	38.000.000	160.000.000	20.000.000	20.000.000
obh. l. Hauptsammler l. Ufer	64.000.000	114.000.000	29.500.000	68.000.000
obh. r. Hauptsammler r. Ufer	11.600.000	19.300.000	27.200.000	4.600.000
obh. Hafnbrücke l. Ufer	74.000.000	546.000.000	236.000.000	8.060.000.000
obh. Hafnbrücke r. Ufer	322.500.000	1.208.000.000	648.000.000	4.030.000.000
Entnahmestellen	5. Untersuchung 6. Untersuchung 7. Untersuchung 8. Untersuchung			
	am 5. 11. 1968	am 18. 11. 1968	am 9. 12. 1968	am 13. 1. 1969
Nußdorf r. Ufer	4.400	3.800	11.800	570
Fischmarkt r. Ufer	10.180.000.000	51.500.000	2.035.000	960.000
DDSG-Direktion r. Ufer	436.000.000	11.280.000.000	ausgefallen	97.200.000
obh. l. Hauptsammler l. Ufer	144.000.000	338.000.000	760.000.000	205.000.000
obh. r. Hauptsammler r. Ufer	240.000.000	252.000.000	664.000.000	227.200.000
obh. Hafnbrücke l. Ufer	18.160.000.000	32.220.000.000	72.720.000.000	3.008.000.000
obh. Hafnbrücke r. Ufer	96.640.000.000	44.400.000.000	120.640.000.000	1.368.000.000

stufen (Wachs 1969) — ausgleichen, wie in Abbildung 2 zu sehen ist.

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse von 8 Untersuchungen im Wiener Donaukanal (Kohl u. Zibuschka 1968) zusammengestellt. Die Koloniezahlen der saprophytischen Keime sind in dieser Abbildung als Psychrophile angegeben.

Bei Betrachtung dieser Tabelle ist zu sehen, daß in Nußdorf gleich unterhalb der Schleuse die Keimzahlen mit einer Ausnahme unter 10.000 liegen, also der β -mesosaprophyten Stufe entsprechend. Aber schon an der 2. Entnahmestelle beim ehemaligen Fischmarkt liegen die Koloniezahlwerte in Millionenhöhe, einmal, bei der 5. Untersuchung, in der Größenordnung von Milliarden und bei der letzten Untersuchung knapp unter der Million. Die dritte Untersuchungsstelle liegt unterhalb der Wien-Mündung. Ist der Wienfluß reiner, tritt durch die Verdünnung eine Verbesserung ein, ist er auch verunreinigt, eine Verschlechterung. Im weiteren Verlauf kommt es darüber hinaus infolge der Durchmischung und beginnender Selbstreinigung zu einem Absinken der Keimzahl. Oberhalb der Hafenerbrücke sind die Sammelkanäle bereits zugeflossen, wie aus den extrem hohen Koloniezahlwerten zu erkennen ist. Diese Werte sind zum Teil noch höher als in einem durchschnittlichen Abwasser. In diesem Fall wirkt sich die Durchmischung mit dem Donaukanalwasser für die Bakterienentwicklung günstig aus. Die Stoffwechselprodukte der Bakterien, die hemmend auf ihre eigene Entwicklung wirken, werden

Tabelle 2: Beziehungen zwischen dem Kolititer und der Wassergüte in Fließgewässern

(aus RISCHE, KEIGER und STEMPEL; 1961)

Güteklasse	Kolititer
I	100
I—II	10
II—I	1
II	10^{-1}
II—III	10^{-2}
III—II	10^{-3}
III	10^{-4}
III—IV	10^{-5}
IV—III	10^{-6}
IV	10^{-7} und $> 10^{-7}$

immer wieder verdünnt und weggespült und die in den Abwässern enthaltenen nährstoffreichen Partikel werden aufgebrochen und immer wieder für andere Bakterien zugänglich.

Die Tabelle 2 zeigt, welche Vorschläge für die Einstufung in Gewässergüteklassen auf Grund des Colititers bestehen (Wachs 1969a).

Wie groß die Anzahl der Koli-keime in Wasserproben aus Oberflächengewässern sein kann, das soll auch wieder an einigen Ergebnissen von Donauuntersuchungen aufgezeigt werden. In Höhe von Engelhartzell konnten zwischen 170 und 1.350 Koli-keime je 100 ml Wasser gefunden werden. In Wolfsthal zwischen 2.050 und 13.000 je 100 ml. Unterhalb von Städten ließen sich aus den Abwasserfahnen 180.000 bis zu 1.500.000 Koli berechnet je 100 ml nachweisen. Extremwerte liegen noch um

eine Zehnerpotenz höher. Für die Stufe I wird in der Tabelle 2 der Kolititer 100 — also in 100 ml nur ein Koli-keim — verlangt. Im Trinkwasser soll in 100 ml kein Koli nachweisbar sein. Daran ist zu erkennen, daß diese Forderung einer strengen Beurteilung entspricht. Zur genauen Klassifikation sind nach dieser Beurteilung zwischen 2 Saprobienstufen 2 Zwischenstufen vorgesehen. In der IV. Stufe beträgt der Kolititer 10^7 , also ein Zehnmillionstel. In einem Milliliter wären demnach 10 Millionen Koli-keime. Solche Kolizahlen sind Extremwerte, die wohl nur in Abwasserfahnen zu finden sind. In Siedlungsabwässern, welche einer Kläranlage zufließen, werden meist nur etwa 200.000 bis 400.000 Kolibakterien nachgewiesen. Der Kolititer wird auch zur Kennzeichnung von Badegewässern herangezogen wie Tabelle 3 zeigt.

Ohne über einzelne Werte zu diskutieren soll nur auf den Titer 0,1 für fließende und 10 für stehende Gewässer hingewiesen werden. Der Koli-Titer 0,1 ist auch in den niederösterreichischen Richtlinien zur Beurteilung der Badegewässer verankert. In der Abbildung 3 sind die Ergebnisse einer Querprofiluntersuchung des Neusiedlersees (Kohl 1969) wiedergegeben.

An Hand der gefundenen Kolizahl bzw. des Koliliters läßt sich die Beeinträchtigung des Gewässers auch gut erkennen. Die Untersuchung wurde an einem windstillen Tag durchgeführt. Derartige Querprofiluntersuchungen erbringen bei höherem Wellengang am Neusiedlersee ganz andere Ergebnisse.

Tabelle 3: Richtlinien über Coli-Titer-Grenzwerte für Badegewässer

Publikation	Wasser	Titer	Qualifikation
Richtlinien für die Hygiene öffentlicher Badeanstalten. Nieders. Ministerialblatt 1953 zitiert nach L. Popp Alimenta 4/1965	Flußwasser Stehendes Gewässer	0,1 10	Ungünstigster zulässiger Grenzwert Ungünstigster zulässiger Grenzwert
Gesundheitsbehörde in den USA zitiert nach L. Popp Städtehygiene Jg. 13, 1962, Heft 9	Natürliche Badegewässer	0,1 0,1—0,01	Schlecht Sehr schlecht
Beratender Ausschuß des Gewässerschutzes in Finnland 1962, Erkki Irjala	Oberflächenwasser für Badebetrieb	0,1	Grund das Baden zu verbieten, wenn auch Verhältnisse in der Umgebung dafür sprechen
Informationsblatt Nr. 6 der Föderation Europäischer Gewässerschutz, Jänner 1962 Th. Müller	Natürliche Freibäder Flüsse, Seen und Teiche	1,0—0,1 0,01 0,001	Zulässig. Grenz- o. Warntiter, verlangt kategorisch hygienische Beurteilung Bedenklich bzw. unzulässig
Handbuch für Bäderbau und Badewesen 1960 Kapitel: „Hygiene des Badewesens“, H. Kruse	Badewasser	0,1 0,01	Darf nie unterschritten werden. Kann bei genauer Prüfung der Verhältnisse in 20 % der Fälle unbeanstandet bleiben.
Allgemeine und Kommunale Hygiene 1964 W. Horn	Flußbäder Stehendes Gewässer	0,1 1,0	Coli darf nicht nachweisbar sein Coli soll nicht enthalten sein

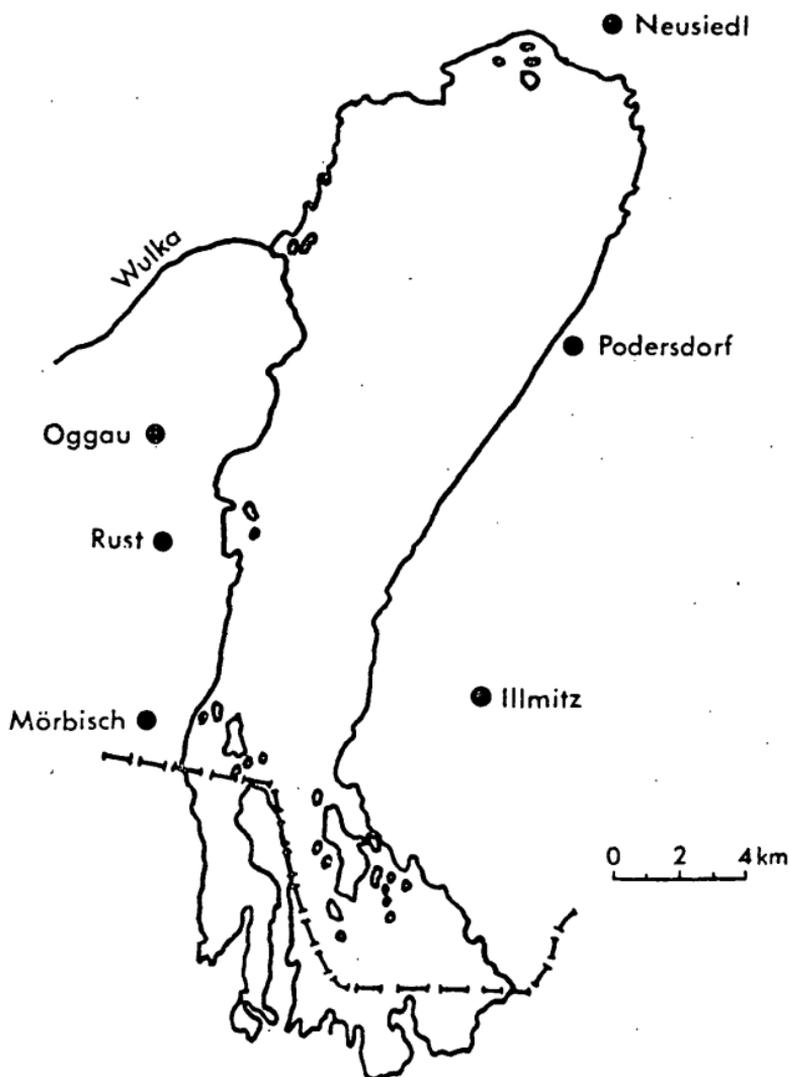


Abb. 3: Querprofil Illmitz-Mörbisch, Neusiedlersee, Mai-Juni 1964.

	vor Illmitz		Seemitte	vor Mörbisch	
	50 m	200 m		200 m	50 m
Coliforme in 100 ml	1880	1020	60	1520	3050
Coli in 100 ml	30	∅	∅	∅	10

Die größeren Koloniezahlen von Kolikeymen sind dann mit der Windrichtung verschoben. Allgemein muß betont werden, daß diese Ergebnisse für den damals erhobenen Zustand kennzeichnend waren und heute vielfach nicht mehr zutreffen.

In der Tabelle 4 sind einige Untersuchungsergebnisse vom Abwasser der Alexanderhofsiedlung beim Millstättersee (Kohl 1971) angeführt.

Die Alexanderhofsiedlung ist zwar ganzjährig bewohnt, im Sommer leben jedoch wesentlich mehr Menschen in dieser Siedlung. Das Abwasser wurde zur Zeit der Untersuchung in eine mechanische Kläranlage geleitet; das so „gereinigte“ Abwasser floß dann in den Millstättersee ab. Aus dem letzten Schacht neben der Uferstraße wurden zu verschiedenen Zeiten Proben entnommen. Die Keimzahlen in der Größenordnung von Millionen kennzeichnen den Abwassercharakter; die Mesophilen (mittlere Temperaturen bevorzugende Keime) schließen auch die Darmbakterien ein. Die angeführten Säurebildner entsprechen den Kolikeymen, die nicht gesondert angegeben je 100 ml berechnet sind. In der folgenden Tabelle 5 sind die Untersuchungsergebnisse (Kohl 1971) eines anderen Abwasserkanals angeführt, der ebenfalls in den Millstättersee mündet.

Die Koloniezahl saprophytischer Keime liegt in der Größenordnung von Millionen. Deutlich ist zu erkennen, daß im August zur Zeit des stärksten Fremdenverkehrs die höchsten Werte festzustellen waren.

Tabelle 4: Abwasserkanal Alexanderhofsiedlung, knapp oberhalb Mündung

Psychrophile	665.000	132.000.000	440.000.000	51.000.000	36,150.000
Mesophile	500.000	260.000	2,100.000	520.000	205.000
Säurebildner	15.000	210.000	2,100.000	300.000	170.000
Streptokokken	38.000	460.000	400.000		19.000
	30. 3. 1965	6. 7. 1965	18. 8. 1965	10. 3. 1966	14. 4. 1971

Tabelle 5: Abwasserkanal bei Überfuhrgasse, knapp oberhalb Mündung

Psychrophile	1,780.000	1,560.000	60,000.000	18,000.000	21,125.000
Mesophile	55.000	1,800.000	5,500.000	660.000	1,020.000
Säurebildner	50.000	1,150.000	5,000.000	420.000	970.000
Streptokokken	14.000	100.000	180.000		27.000
	31. 3. 1965	8. 7. 1965	18. 8. 1965	10. 3. 1966	14. 4. 1971

Tabelle 6: Techendorfer Bach, knapp oberhalb Mündung

Psychrophile	1,953.000	7,500.000	22,700.000	140.000	2,005.800
Mesophile	2.720	10.000	85.000	4.800	11.800
Säurebildner	2.640	9.400	31.000	4.800	11.650
Streptokokken	370	11.500	4.300	400	820
	1. 4. 1965	6. 7. 1965	18. 8. 1965	9. 3. 1966	14. 4. 1971

Tabelle 7: Profil Laka — Weißensee

Zahl der Psychrophilen in 1 ml

Untersuchung am Tiefe	17. 3. 1964		25. 4. 1964		23. 6. 1964		11. 8. 1964		20. 10. 1964	
	0,5 m	504	20	146	173	1500				
5,0 m	65	7	111	88	1650					
10,0 m	14	23	69	182	1200					
20,0 m	39	15	304	348	1064					
30,0 m	22	3	156	207	1080					
50,0 m	16	4	34	470	1000					
97,0 m	7	5	11	196	1500					

Die Untersuchungsergebnisse eines Baches (Kohl 1971) sind in Tabelle 6 angeführt.

Dieser Bach fließt zum Teil verrohrt durch einen Ort, in dem er Abwässer aufnimmt. Er mündete damals zwischen einem Kinderbad und einem Campingplatz direkt in den See. Zur Zeit unserer Untersuchung wies der Bach Millionen saprophytischer Keime auf. Deutlich erkennbar auch wieder die größten Keimzahl- und Fäkalkeimwerte in der Fremdenverkehrssaison. In jenen Orten, welche von Bächen durchflossen werden, hat man immer schon versucht, die anfallenden Abwässer durch direkte Einleitungen zu beseitigen.

Außer den Siedlungsabwässern mit häuslichen und gewerblichen Anteilen können auch feste Abfallstoffe — der Müll, der oft an den Ufern und in den Gewässern abgelagert wird — die Ursache einer Gewässerverunreinigung sein. Die Vorstellung, daß man Abfallstoffe aller Art einfach in den nächsten Bach oder Fluß wirft, um sie loszuwerden ist weit verbreitet. Untersuchungen haben gezeigt, daß das Sickerwasser, welches aus den Mülldeponien abläuft, Abwassercharakter hat. Aber solche Müllablagerungen an einem Gewässer werden nicht nur im kleinen Umfang aus Gedankenlosigkeit oder Unverschämtheit vorgenommen. Auch wilde Deponien oder besser Schüttungen werden mitunter an einem Gewässer angelegt, offensichtlich in der Hoffnung, daß das nächste Hochwasser den Müll mitnehmen wird. In Spitz an der Donau bestand noch vor kurzem eine derartige Deponie. Dieser

Platz ist etwa seit 1971 für Ablagerungen gesperrt und von der Straße gar nicht mehr zu sehen. Sträucher und Unkraut wuchern an dieser Stelle üppig. Aus einer 1968 in Deutschland veröffentlichten Studie — VDG Nr. 16 — über „Gewässerschäden durch Ablagerungen von Abfallstoffen“ geht hervor, daß Inhaltsstoffe des Mülls und seiner Verrottungsprodukte 10 Jahre hindurch ausgelaugt werden. Aus Berichten von Erhard (1964) ist zu entnehmen, daß man — besonders in vergangenen Jahrhunderten — der zweckmäßigen Beseitigung der Abfallstoffe immer schon zu wenig Beachtung geschenkt hat. Die Abfälle wurden ganz einfach auf die Straße geworfen, ohne sich Gedanken über die Beseitigung zu machen. Erst als die dadurch entstandenen Mißstände nicht mehr tragbar waren, hat man überlegt, wie der Schmutz weggeschafft werden könnte. Einmal dachte man daran das Problem so zu lösen, daß jeder vor seiner eigenen Tür kehren sollte, einmal hat man Stadtknechte und Totengräber dafür eingesetzt, dann wieder Tagelöhner die „zur Karre“ verurteilt wurden. Auch aufgegriffene Straßenmädchen hat man zur Straßenreinigung herangezogen, mit dem Hinweis, daß diese die Straße mehr benutzten als andere Bürger. Die Erkenntnis, daß man für die Beseitigung von Abfallstoffen einen echten Beitrag leisten muß, daß dies auch ein berechenbarer Posten ist, setzt sich auch heute noch schwer durch.

Die große Aussagekraft bakteriologischer Untersuchungsergebnisse läßt sich besonders gut an Hand

von Seeuntersuchungen aufzeigen. Am Beispiel des Weißensees soll zunächst auf einige Umweltfaktoren hingewiesen werden, die für den Gewässerzustand von Bedeutung sind. Die Lage des Sees, die Anordnung der Siedlungen am Ufer und die verschiedenen tieferen Becken beeinflussen das Tempo der Eutrophierung (Nährstoffanreicherung durch die Abwässer). Es handelt sich meist nur um bewaldete, steile Ufer. Die Siedlungen Praditz, Oberndorf, Gatschach, Techendorf und Neusach liegen am 5 m tiefen Becken und an der etwa 15 m tiefen Überganszone zum tiefen Becken. Die Ufer des 97 m tiefen Beckens sind praktisch unbesiedelt. Betrachtet man die in Tabelle 7 (siehe auf Seite 53) wiedergegebene Zusammenstellung der psychrophilen Keime (Kohl 1969) aus dem Tiefenprofil zu verschiedenen Jahreszeiten, so fällt auf, daß die Keimzahlen im Winter unterhalb der Trinkwassertoleranzgrenze liegen. Ein Wert fällt aus der Reihe. Es ist die Keimzahl in 0,5 m Tiefe. Dieser relativ höhere Wert ist darauf zurückzuführen, daß die Hilfskräfte, welche mit Hacken die Löcher ins Eis schlugen dieselben Geräte und Gummistiefel verwendeten, welche sie sonst beim Wegebau und ähnlichen Arbeiten benutzten. Auch im Frühjahr und Sommer war die Zahl der psychrophilen Keime gering. Erst nach dem Laubfall und starken Herbstregen die das Gelände abgeschwemmt haben, stiegen die Keimzahlen über 1000 an. Koli-keime konnten aber, wie Tabelle 8 (Kohl 1969) zeigt, bei keiner Untersuchung festgestellt werden.

Tabelle 8: Profil Laka — Weißensee

Zahl der Coli in 100 ml

Untersuchung am Tiefe	17. 3. 1964	25. 4. 1964	23. 6. 1964	11. 8. 1964	20. 10. 1964
0,5 m	0	0	0	0	0
5,0 m	0	0	0	0	0
10,0 m	0	0	0	0	0
20,0 m	0	0	0	0	0
30,0 m	0	0	0	0	0
50,0 m	0	0	0	0	0
97,0 m	0	0	0	0	0

In der Tabelle 9 sind die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung des seichten Gatschacher Seebeckens (Kohl 1969) angeführt.

Tabelle 9: Profil Gatschach - Weißensee

Zahl der Psychrophilen in 1 ml

Untersuchung am Tiefe	19. 3. 1964	25. 4. 1964	13. 8. 1964	22. 10. 1964
0,5 m	120	42	11.400	13.400
4,5 m	2205	56	3.600	9.640

Zahl der Coli in 100 ml

0,5 m	0	0	0	4
4,5 m	0	0	0	3

Die Zahlen der Psychrophilen und Koli keime lassen die Nähe der Siedlung erkennen. Die Abwässer aus vielen Häusern am Weißensee wurden in Gräben durch vielfach sumpfige Wiesen zum See geleitet. In diesen Sumpfwiesengräben ist die Fließgeschwindigkeit insbesondere in Seenähe sehr ge-

ring und es kommt auf der 80 bis 100 m langen Strecke zur Sedimentation vieler kleiner und kleinster Partikel. Die gelösten Abwasserinhaltsstoffe, welche Pflanzennährstoffe darstellen, bewirken ein üppiges Pflanzen-, insbesondere Schilfwachstum in und um diese Sumpfwiesengräben. So kommt es, daß infolge der Selbstreinigung bei der Mündung der Gräben in den See bei Trockenwetter durch die Wasseruntersuchung nur eine geringe Verschmutzung festzustellen ist. Würde man die Sedimente der Gräben oder die Wasserpflanzen untersuchen, so könnte man die Verschmutzungsindikatoren und Fäkalkeime nachweisen. Bei Gewitter- und Starkregen, insbesondere in der herbstlichen Niederschlagsperiode, werden viele Schmutzstoffe und Fäkalkeime in den See geschwemmt. Manchmal waren diese Gräben teilweise verrohrt und deutlicher als Abwasserkanäle zu erkennen.

In Tabelle 10 sind Untersuchungsergebnisse aus einem offenen und einem teilweise verrohrten Sumpfwiesengraben angeführt, die recht deutlich den Abwassercharakter erkennen lassen.

Tabelle 10:

		Sumpfwiesengraben offen	Sumpfwiesengraben verrohrt
Psychrophile	1 ml	2,250.000	1,400.000
Mesophile	100 ml	1,400.000	1,200.000
Kolikeime	100 ml	800.000	250.000
Streptokokken	100 ml	40	960

Die Keimzahlen liegen in Millionengröße und Koli-keime sind zu Hunderttausenden nachweisbar.

Der Weißensee wird vorwiegend von Quellen gespeist, die zum Teil im See (Brünn) zum Teil wenige bis ein paar hundert Meter vom Ufer (Nies) entfernt liegen. Nur ein nennenswerter Bach, welcher in seinem kurzen Lauf durch eine kleine Siedlung führt, bringt Wasser zum See. Daher kann der Weißensee auch nicht durch Abwässer oder Müll – eingebracht durch Bäche aus dem Hinterland – beeinflußt werden.

Einem See, dem Niederschläge aus einem großen Einzugsgebiet mit vielen Bächen zufließen, werden meist mit diesen Bächen auch viele Nährstoffe und enorme Keimzahlen zugeleitet. Dies ist dann auch an den Keimzahlwerten des Tiefenprofils – wie in Tabelle 11 (Kohl 1969) am Beispiel des Millstätter-sees dargestellt – zu erkennen.

Tabelle 11:
 Profil Dellach - Millstättersee
 Zahl der Psychrophilen in 1 ml

Untersuchung am Tiefe	1. 4. 1965	7. 7. 1965	19. 8. 1965	19. 10. 1965	8. 3. 1966
0,5 m	850	178	80.000	8000	19.000
5,0 m	350	107	100.000	7900	320
20,0 m	150	505	50.000	5900	330
50,0 m	160	450	45.000	8400	900
100,0 m	150	114	85.000	7800	200
139,0 m	268	198	9.400	8200	420

Die höchsten Werte waren im August — der Hauptfremdenverkehrszeit — festzustellen. Trotz der höheren Keimzahlwerte ließen sich im angeführten Tiefenprofil nur vereinzelt Koli-keime nachweisen wie in Tabelle 12 (Kohl 1969) zu sehen ist.

Tabelle 12: Profil Dellach - Millstättersee
Zahl der Coli in 100 ml

Untersuchung am Tiefe	1. 4. 1965	7. 7. 1965	19. 8. 1965	19. 10. 1965	8. 3. 1966
0,5 m	0	0	0	0	0
5,0 m	0	0	0	0	0
20,0 m	0	0	2	1	0
50,0 m	0	0	0	0	0
100,0 m	2	0	0	1	0
139,0 m	0	0	2	0	0

Die Seemitte ist auch in anderen Seen meist frei von Fäkalkeimen. Dies ist auch der Grund, daß Angaben über Reinheit oder Verschmutzung eines Sees nur dann aussagekräftig sind, wenn auch die Entnahmestelle angegeben ist. Das Wasser der in einen See einmündenden Bäche trägt zur Erneuerung des Seewassers bei. Von der Menge des zufließenden Wassers hängen die Dauer der Erneuerung des Seewassers und die Abflußmenge ab. Zu- und Abfluß bewirken die Ausbildung einer Strömungsrichtung. Die Strömung kann auch eine Ursache für unterschiedliche Wasserqualität innerhalb eines Sees sein. Die Nutzung eines Seeufergrundstückes, an dem eine schmutzwasserführende Strö-

mung vorbeiführt ist eingeschränkt, da das Wasser als Badewasser unappetitlich und eine Verwendung als Nutzwasser kaum möglich ist. Nicht nur Abwasser kann mit den Bächen aus deren Einzugsgebiet in den See fließen, auch Müll gelangt auf diese Weise in den See. Die Anteile des Mülls, welche im Wasser schwimmen bilden Abwasserfahnen die hundert bis tausend Quadratmeter groß sind. Je nachdem, ob die Abwasserfahnen auch Fäkalien enthalten oder nicht kann man mit Hilfe der bakteriologischen Untersuchung entweder viele Fäkalkeime oder nur eine große Zahl saprophytischer Keime nachweisen. Die Untersuchungsergebnisse von zwei verschiedenen Abwasserfahnen in Gegenüberstellung mit einer unbeeinflussten Zone zeigen dies deutlich in Tabelle 13 (Kohl 1969).

**Tabelle 13: Gegenüberstellung
Abwasserfahnen — unbeeinflusstes Seewasser**

Entnahmetag	Abwasserfahne Pesenthein 19. 8. 1965		Abwasserfahne Tschall 18. 8. 1965		Unbeeinflusste Bucht 18. 8. 1965	
	Psychrophile	1 ml	10,000.000		4,000.000	
Mesophile	100 ml	24.000		0		0
Coliforme	100 ml	11.000		0		0
Streptokokken	100 ml	1.000		0		1

Die starken saisonabhängigen Belastungen lassen sich aber nicht nur anhand von Bachuntersuchungen feststellen, auch durch eine Seeuferuntersuchung neben Einzelobjekten ist die Abhängigkeit von der Fremdenverkehrssaison zu erkennen. In Tabelle 14

(Kohl 1970) sind die Ergebnisse, welche bei der Untersuchung des Seewassers neben einem Hotel — das im Winter gesperrt ist — erhalten wurden, angeführt. Der Anstieg aller Werte im Juli und August ist deutlich zu sehen.

Tabelle 14: Hotel Schloßvilla.

Entnahmetag	Keimzahl 1 ml	Mesophile 100 ml	Colizahl 100 ml	Streptokokken 100 ml
30. 3. 1965	92	4	∅	∅
6. 7. 1965	2,200.000	200	180	3.200
18. 8. 1965	5,300.000	30.000	30.000	20.000

War bei den bisher angeführten Beispielen die Wasserverschmutzung an Hand der Koloniezahl saprophytischer Keime und von Kolikeymen dargestellt worden, so soll im folgenden die Verunreinigung mit Hilfe des Salmonellennachweises gekennzeichnet werden. Von den verschiedenen im Wasser und Abwasser nachweisbaren Krankheitserregern sind die Salmonellen derzeit am häufigsten zu finden. Die Anzahl der verschiedenen nachzuweisenden Salmonella-Arten ist in den letzten Jahren und Jahrzehnten stark angestiegen wie die in Abbildung 4 wiedergegebene Kurve (Kelterborn 1967) deutlich zeigt. Die über 1000 Arten sind in serologischen Gruppen zusammengefaßt. Als Krankheitserreger kommen vorwiegend die den Gruppen A bis E zugeordneten Spezies in Frage. Jene von der Bundesanstalt für Wasserbiologie in verschiedenen Gewässern und Abwässern festgestellten Salmonel-

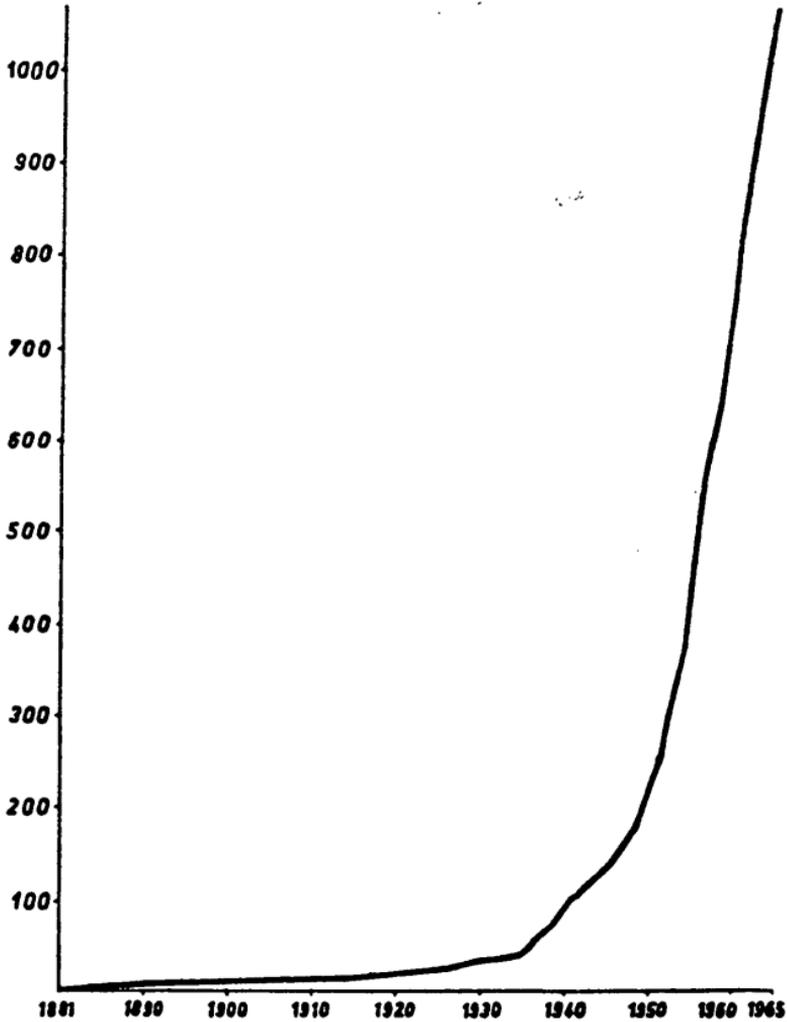


Abb. 4: Anstieg der Zahl der Salmonella-Species 1881-1965

la-Arten gehören auch mit wenigen Ausnahmen den Gruppen B und E an. Seit dem Jahre 1966 werden in der Bundesanstalt Untersuchungen über das Vorkommen von Salmonellen in suspekten Wasser- und Abwasserproben durchgeführt. Von

tausenden isolierten Salmonella-Stämmen wurden ca. 4500 zur Bestimmung nach Graz in die österreichische Salmonella-Zentrale zur Differenzierung gesendet.*

Die in der Zentrale bestimmten Stämme gehörten ca. 80 verschiedenen Sero- und Lysotypen an. Jene Serotypen, die am häufigsten von Menschen isoliert werden, finden sich meist auch am häufigsten in Wasser- bzw. Abwasserproben. Aus der Donau gelangten in den Jahren 1966–1969 152 Wasserproben zur Untersuchung auf Salmonellen. Von diesen waren 80 — das sind ca. 52 % — salmonellenhaltig. Die Kontamination mit Salmonellen erwies sich aber nicht als gleichmäßig wie in Abbildung 5 (Kohl 1972) gut zu erkennen ist.

Dem Leiter der Salmonella-Zentrale, Herrn Dr. Roschka und seinen Mitarbeitern möchte ich auch an dieser Stelle für die viele Mühe bestens danken.

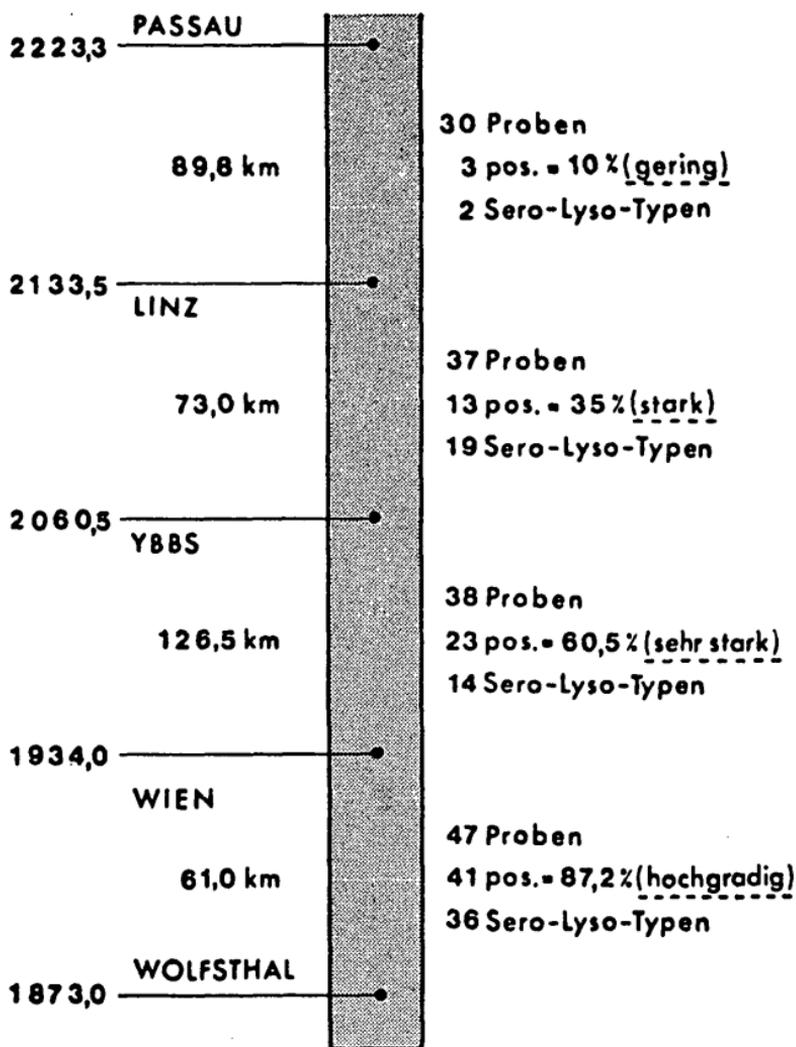


Abb. 5: Salmonellenbelastung der Donau von Passau bis Wolfsthal 1966-1969.

Dieser Darstellung ist das Beurteilungsprinzip über den Grad der Salmonellenbelastung – gering, mäßig, stark, sehr stark und hochgradig – zugrunde gelegt, welches Popp 1957 veröffentlicht hat. Deutlich ist die zunehmende Belastung der Donau im Verlauf des österreichischen Staatsgebietes zu sehen. Diese zunehmende Verunreinigung ist nicht nur auf die Abwässer der Städte Linz und Wien zurückzuführen, sondern auch auf etliche stark verschmutzte Nebenflüsse, die auf österreichischem Gebiet in die Donau münden. Wie stark mitunter auch kleinere Gewässer salmonellenhaltig sein können, geht aus der Tabelle 15 (Kohl 1972) hervor.

Tabelle 15:

	Burgenland	Steiermark	Tirol
Probenzahl	47	25	84
salmonellapositiv	12		48
positiv in % ¹	26	60	57
	Neusiedler		
	See	Mur	Inn
Probenzahl	17	20	31
salmonellapositiv	0	12	24
positiv in % ¹	0	60	78
	sonstige untersuchte Gewässer		
Probenzahl	30	5	53
salmonellapositiv	12	3	24
positiv in % ¹	40	60	45

Oberflächenwasserproben aus den Bundesländern Burgenland, Steiermark, Tirol

Diese Tabelle läßt auch erkennen, daß die Flüsse Inn und Mur zum Untersuchungszeitpunkt einen beachtlichen Grad der Salmonellenbelastung aufgewiesen haben.

An Hand der drei bakteriologischen Parameter — Koloniezahl der saprophytischen Keime, Koloniezahl der Kolibakterien und Nachweis von Salmonellen — lassen sich Verunreinigungen von Flüssen und Seen — besonders mit häuslichen Abwässern — gut erkennen. Die Empfindlichkeit der angeführten Parameter ist — wie an Beispielen gezeigt wurde — groß.

Literatur

- (1) BÄHR, H. (1953): Zur Biologie der Abwasserreinigung. — Desinfektion und Gesundheitswesen, 45. Sonderheft, 40—46. Zit. n. WACHS, B. (1969) Münch. Beitrag zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, 15, 12-22.
- (2) ERHARD, H. (1964): 1. Lieferung aus Müll und Abfallbeseitigung, KUMPF, MAAS, STRAUB, Kennzahl 0110, Erich-Schmidt-Verlag, Berlin.
- (3) ERLASS, (1970): Erlaß der Sanitätsabteilung des Amtes der N.Ö. Landesregierung vom 13. 7. 1970 Zl. VII/4-646 9-1970.
- (4) HÖLL, K. (1968): Wasser (Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung), 364-366, 4. Aufl. Verlag Walter de Gruyter und Co. Berlin.
- (5) KELTERBORN, E. (1967): Salmonella Spezies. Dr. W. Junk. N.V. Den Haag.
- (6) KOHL, W. und ZIBUSCHKA, F. (1968): Die bakterielle Belastung des Donaukanals — Wasser und Abwasser, Wien, Bd. 1968, 9-23.
- (7) KOHL, W. (1969): Die bakterielle Belastung der Badeseen. — Wasser und Abwasser, Wien, Bd. 1969, 117-135.

- (8) KOHL, W. (1969): Bakterielle Gewässerverunreinigung mit besonderer Berücksichtigung der Salmonellen. — Wien. tierärztl. Mschr. 57. Jg. H. 1, 28-33.
- (9) KOHL, W. (1971): Hygiene der Seeufer. — Wasser und Abwasser, Wien, Bd. 1971, 37-50.
- (10) KOHL, W. (1972): Salmonellen in österr. Gewässern. — Österr. Ärztezeitung 27. Jg. H. 12, 741-746.
- (11) KRUSE, H. (1960): Hygiene des Badewesens im Handbuch für Bäderbau und Badewesen. — Georg D. W. Callwey München.
- (12) LIEBMANN, H. (1959): Methodik und Auswertung der biologischen Wassergütekartierung. — Münch. Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, 6, 1959, 134-156.
- (13) MEVIUS, W. (1952/53): Der Stand der hydrobakteriologischen Forschung im Hinblick auf die Möglichkeit ihrer Anwendung zur Reinerhaltung der Fließgewässer. — Mitteilungen der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg.
- (14) POPP, L. (1957): Der Salmonella — Kataster eines Flußgebietes. — Ges. Ing. 78. Jg. H. 21/22, 333-335.
- (15) VDG Nr. 16 (1968): Gewässerschäden durch Ablagerungen von Abfallstoffen. — Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz EV-VDG. 16, 2. Auflage.
- (16) WACHS, B. (1969): Zur Bewertung der Wassergüte von Fließgewässern nach dem bakteriologischen Befund. — Münch. Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 15.

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: 1973

Band/Volume: [113](#)

Autor(en)/Author(s): Kohl Werner

Artikel/Article: [Zur Frage der Darstellung der Verunreinigung von Flüssen und Seen mit Hilfe bakteriologischer Parameter. 40-68](#)